

Taller metodológico para el manejo integrado del agua en el cultivo de la palma de aceite

Manejo del cultivo

Manejo integrado del recurso hídrico



Manejo integrado del recurso hídrico

Pedro Nel Franco Bautista

Cenipalma



*Taller metodológico para el manejo integrado
del agua en el cultivo de la palma de aceite*

Manejo integrado del recurso hídrico

Pedro Nel Franco Bautista

Bogotá, D.C., Colombia, octubre de 2012

Manejo integrado del recurso hídrico

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), cofinanciada por Fedepalma - Fondo de Fomento Palmero.

Impresa con recursos del Convenio N° 00095/12 - SENA-SAC. Contrato N° 007G de 2012 SAC - Fedepalma

Autor

Pedro Nel Franco Bautista

Coordinadora editorial

Yolanda Moreno Muñoz

Diagramación

Fredy Johan Espitia Ballesteros

Impresión

Javegraf

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4°.

Teléfono: 2086300 Fax: 2444711

E-mail: carango@cenipalma.org

www.cenipalma.org

Bogotá, D.C. - Colombia

Octubre de 2012



Contenido



Unidad Temática I. Conozca el suelo	5
Introducción	7
Interpretación de planos de siembra	7
Características del suelo	9
Criterios para la preparación o labranza de los suelos	12
Métodos de labranza.....	14
Equipos e implementos utilizados para alistar terrenos para la siembra	19
Cultivos de cobertura	21
La erosión y la preparación de suelos para la siembra.....	25
Unidad Temática II. Cuánta agua requiere la palma de aceite	27
Introducción	29
El ciclo del agua	29
Relación suelo-agua	30
Relación planta-agua	32
Requerimientos de agua para un cultivo de palma	32
Riego y drenaje en cultivos de palma de aceite.....	33
Introducción	33
Sistemas de riego	33
Unidad Temática III. Alternativas para suplir de agua un cultivo de palma de aceite	39
Drenajes	41
Mantenimiento de canales de riego y drenaje.....	43
Introducción	43
Mantenimiento rutinario.....	43
Mantenimiento correctivo	45

Mejoramiento del sistema.....	45
Equipos y herramientas para el mantenimiento de canales de riego y de drenaje.....	46
Unidad Temática IV. Alternativas de riego para la palma de aceite.....	49
Introducción	51
Criterios agronómicos para la aplicación de riego	51
Aplicación de riego al cultivo.....	52
Programación del riego.....	52
Riego por gravedad.....	53
Riego presurizado	55
Técnicas de conservación de la humedad del suelo para cultivos de palma de aceite	57
Introducción	57
Protección de la superficie del suelo.....	57
Reducción de la escorrentía superficial y mejoramiento de la infiltración del agua.....	59
Manejo de información administrativa y normatividad ambiental y de salud ocupacional	62
Introducción	62
Representación gráfica de las labores de campo.....	63
Normas de preservación del ambiente en el mantenimiento de canales, aplicación de riego y control de humedad del suelo.....	65
Implementos de protección personal requeridos para las labores culturales	65
Glosario	66



Unidad Temática I. Conozca el suelo

Introducción	7
Interpretación de planos de siembra	7
Características del suelo	9
Criterios para la preparación o labranza de los suelos	12
Métodos de labranza.....	14
Equipos e implementos utilizados para alistar terrenos para la siembra	19
Cultivos de cobertura	21
La erosión y la preparación de suelos para la siembra	25

Introducción

Se detallan los aspectos de la interpretación de planos de siembra, las características del suelo, los criterios para la preparación o labranza de los suelos, los métodos de labranza, los equipos e implementos utilizados para alistar terrenos para la siembra, los cultivos de cobertura y la erosión en relación con la preparación de suelos para la siembra.

Interpretación de planos de siembra

Un cultivo de palma se proyecta para durar más de 25 años. Por tanto, requiere cuidadosos cálculos de ingeniería y diseños plasmados en planos que sirven de guía para su establecimiento en un terreno determinado. El diseño general del cultivo se soporta con estudios detallados de planimetría, altimetría, diseño de drenajes y diseño de áreas de siembra.

Planimetría general del terreno

La planimetría es el primer tipo de plano que se elabora antes de establecer un nuevo cultivo e ilustra gráficamente la información más sencilla de un terreno o finca: sus linderos, fuentes de agua, zonas de reserva, redes eléctricas, carreteras, potreros y construcciones, entre otros. Además, la planimetría permite cuantificar con exactitud la distribución de las áreas del terreno según su uso. La Figura 1 muestra la planimetría básica de un terreno, con sus respectivas convenciones.

La planimetría se puede realizar con la ayuda de equipos especializados, como el teodolito, o de equipos de posicionamiento global, como la GPS (llamada así por las siglas de su nombre en inglés). En el siguiente capítulo se ampliarán detalles sobre tales equipos y su uso, para el trazado de áreas de siembra. A continuación, se describen los elementos para la interpretación de la planimetría.

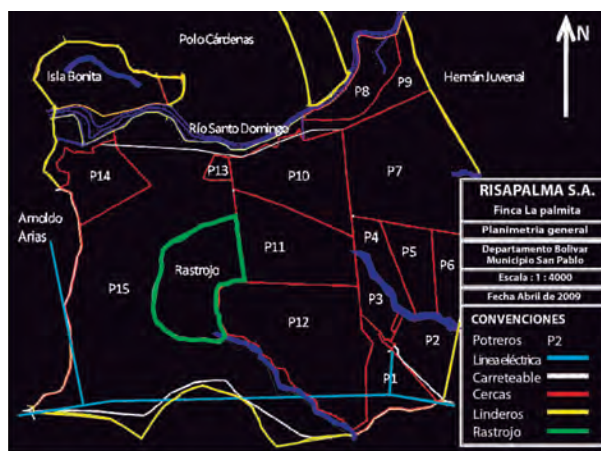


Figura 1. Planimetría de una finca destinada a la siembra de palma.

Puntos cardinales

Los puntos cardinales son las cuatro direcciones que sirven para representar la orientación en un plano o sobre la superficie de la Tierra. Son: Norte, Sur, Oriente y Occidente. El Norte es el punto de referencia de mayor importancia en el plano y se ilustra con una flecha dirigida hacia la parte superior del mismo, tal como se observa en la parte superior derecha de la Figura 1.

El Norte del plano debe coincidir con el Norte magnético en el campo, al momento de trazar los lotes, vías u otro tipo de componente del diseño del cultivo.

Perímetro y área

El perímetro y el área son las magnitudes más importantes en la planimetría de un terreno determinado. El perímetro permite medir la longitud de la vecindad con otros terrenos, mientras que el área corresponde a la medición de la superficie dentro de dicho perímetro.

La longitud de perímetro compartida con vecinos se conoce con el nombre de lindero. Éste es de utilidad para cuantificar los compromisos de mantenimiento

de cercas, que ha de realizarse en forma periódica y conjunta con cada vecino de la finca.

El plano general también determina el área total del terreno y delimita superficies según sus características o usos: bosques, rastrojos, zonas bajas o húmedales, construcciones, cultivos, potreros, etc. Un plano general permite cuantificar la superficie del terreno que podría ser cultivada en palma y las áreas que deben protegerse, como los bosques y húmedales, o las franjas de protección de ríos y quebradas.

Convenciones

Las convenciones de un plano generalmente son universales y consisten en signos gráficos que permiten identificar y localizar puntos de interés para el diseño de áreas de siembra, como ríos, quebradas, bosques, húmedales, cultivos, potreros, cercas, puentes, vías, caminos, construcciones y redes de interés público (redes eléctricas, oleoductos, acueducto). Las convenciones aparecen en la parte inferior de los planos.

Escala

La escala es la relación matemática entre las dimensiones de un plano y las dimensiones reales sobre el terreno. La forma del terreno y lo que haya dentro del mismo son las mismas que se han plasmado en el plano en un tamaño inferior, pero proporcional. Por ejemplo, para una siembra puede utilizarse un plano con una escala 1: 8.000. Esto significa que por cada centímetro de longitud en el plano, tal longitud sobre el terreno será de 8.000 cm, es decir, 8 m lineales.

Altimetría general del terreno

Después de conocer el perímetro del terreno y el área de su superficie, es necesario determinar y localizar las variaciones de nivel del suelo, lo cual se consigue con la altimetría. Un plano altimétrico puede sobreponerse al de planimetría; o sea, que en un mismo plano se ilustran las elevaciones y los bajos de la finca, igual que su perímetro.

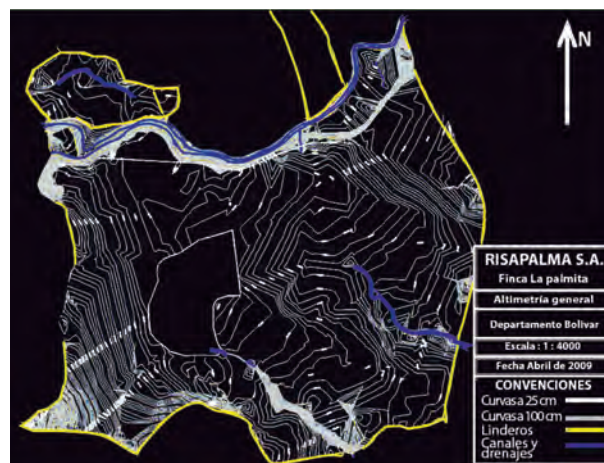


Figura 2. Curvas de nivel en un terreno destinado para cultivo de palma.

Además de los elementos señalados en la planimetría, un plano altimétrico incorpora un elemento adicional, las curvas de nivel, con las cuales se delimitan las variaciones de nivel del suelo. Una curva de nivel es una línea que une a todos los puntos que tienen la misma altura en un terreno. Mediante las curvas de nivel es posible localizar las partes altas y bajas del terreno. La utilidad de este tipo de plano es determinante para el diseño de los sistemas de riego y de drenaje en un cultivo. La Figura 2 muestra un área con sus curvas de nivel.

Diseño de áreas de siembra

La altimetría es básica para el siguiente paso previo al establecimiento de un nuevo cultivo: el diseño de plantación (también conocido como diseño de áreas de siembra). Los profesionales responsables del mismo generalmente son ingenieros agrícolas, quienes –en trabajo conjunto con agrónomos especializados en el establecimiento de plantaciones– diseñan la red de canales de riego o drenaje, las vías, el tamaño y la forma de los lotes.

El producto final del diseño de plantaciones es un plano en el que están plasmados, entre otros, los siguientes elementos: perímetro general de la finca o

terreno, área general de la finca y lotes de siembra (ver Figura 3). En algunas oportunidades, el plano también demarca los canales de drenaje, las vías y los sitios de siembra de las palmas.

Nomenclatura de lotes

Un plano de diseño de siembra ilustra y delimita cada uno de los lotes destinados a la siembra. La identificación de esos lotes se conoce como nomenclatura, la cual está compuesta por: integra la siguiente información: año de siembra, tipo de material genético, área del lote en hectáreas, número de palmas sembradas y fecha de siembra. En la sección de trazado de áreas de siembra se ampliará este tema.

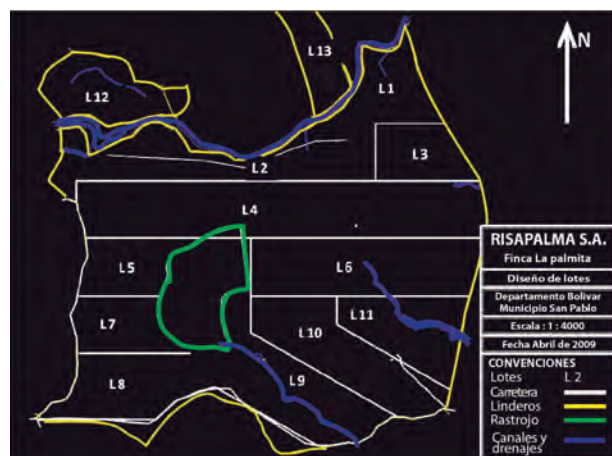


Figura 3. Plano general de un diseño de lotes de siembra de una plantación.

Características del suelo

El suelo se forma por descomposición de las rocas o meteorización, un proceso que ocurre a través de años. Las rocas se dividen en trozos muy pequeños y se mezclan con residuos animales y vegetales, agua y el aire; de esta manera, se va formando lo que conocemos como suelo. El suelo está compuesto por partículas orgánicas, inorgánicas, agua y aire; las partículas orgánicas provienen de animales o vegetales descompuestos y de microorganismos, y las partículas inorgánicas

son las que provienen de las rocas en el proceso de meteorización.

El agua es muy importante, ya que en ella se disuelven las sustancias que toman las plantas para alimentarse. De otra parte, el aire es necesario para la vida de animales y plantas muy pequeños que habitan en el suelo; estos pequeños seres vivos, conocidos como microorganismos, son los encargados de descomponer la materia orgánica y algunos minerales —que utilizan como alimento— y de la producción de sustancias útiles para la nutrición de los cultivos.

Características morfológicas del suelo

Textura. La fase sólida y mineral del suelo está compuesta por arenas, limos y arcillas. Esta clasificación se debe al tamaño de las partículas: las de las arenas son las más grandes; las de los limos son las de tamaño intermedio; y las de las arcillas son las más pequeñas. La textura está determinada por la proporción de cada una de esas partículas en una porción de suelo. Por lo general, las texturas se pueden agrupar en cuatro clases (FAO: 1997):

- Arenosa, cuando predominan las arenas
- Limosa, cuando predominan los limos
- Arcillosa, cuando predominan las arcillas
- Franca, cuando no predominan partículas arenosas, ni liemosas ni arcillosas.

Cada textura da propiedades particulares al suelo. Por ejemplo, los suelos arenosos son sueltos o livianos, el agua circula en ellos y se infiltra fácilmente; por eso, tienen muy buen drenaje, es decir, no se encharcan; son fáciles de trabajar, pero usualmente son pobres en nutrientes para las plantas y difíciles de manejar. Así, cuando se construyen drenajes, si no se tiene un talud adecuado, se deforman, y terminan obstaculizando la circulación del agua, tal como muestra la Figura 4.



Figura 4. Canal de drenaje deformado por falta de talud en un sector arenoso del terreno de siembra.

Los suelos arcillosos son compactos, pesados y se encharcan con facilidad. Es decir, tienen un mal drenaje y son difíciles de trabajar, pero por lo general son ricos en nutrientes en comparación con los arenosos. Los suelos arcillosos son conocidos por los agricultores como tierras gredosas.

Los mejores suelos son los francos, porque presentan las cualidades intermedias entre los suelos arenosos y los arcillosos.

Estructura. Las partículas del suelo se agrupan en terrones de diferentes formas y tamaños que determinan su estructura y le dan muchas ventajas para los cultivos. Así, las raíces crecen y penetran más fácilmente cuando existe una buena estructura.

La estructura también tiene gran importancia en la permeabilidad del suelo, en la facilidad para trabajarlo y en la resistencia a la erosión. La estructura se puede mejorar o dañar con las labores del cultivo.

La estructura del suelo puede ser *laminar*, cuando los terrones son láminas sobrepuestas; *prismática*, cuando forman prismas; *columnar*, cuando forman columnas alargadas; *blocosa*, cuando forman bloques; *granular*, cuando forman gránulos de diverso tamaño; y *amorfa*, cuando no tienen una forma definida, como sucede con la arena.

Color. Aún cuando ésta es una característica poco importante, en muchos casos sirve para indicar otras propiedades de los suelos. Por ejemplo, en términos generales, el color negro indica un alto contenido de materia orgánica; el color rojo está relacionado con la abundancia de compuestos de hierro e indica que se trata de suelos con buen drenaje, es decir, que no se encharcan; el color gris o azulado indica que los suelos tienen deficiente drenaje, o sea, que se encharcan con facilidad.

En la Figura 5 se aprecia una muestra del perfil de suelo extraído con barreno y colocado sobre la superficie. Es posible observar que el suelo tiene varias tonalidades de color, a pesar de corresponder a un mismo sitio. Esta variación se debe a que en la parte superior del suelo hay presencia de materia orgánica y por eso la tierra es más oscura (a la izquierda de la figura); en cambio, el color de la tierra que se ve en la parte derecha de la figura es más claro, porque tiene mayor contenido mineral.



Figura 5. Variación de color del suelo (foto de Jorge González).

Características físicas del suelo

Profundidad. La profundidad del suelo es variable: puede tener desde unos pocos centímetros hasta varios metros. La profundidad puede constituir un factor que favorece o limita el desarrollo de las raíces en los cultivos, pues cuanto más profundo sea un suelo, más posibilidad tienen las raíces para explorar en busca de agua y nutrientes; y cuanto más superficial sea, menor su posibilidad de acceso a humedad y a nutrientes y mayor la posibilidad de que ese suelo se erosione.

Al observar el perfil de un suelo, se aprecian diferentes capas u horizontes. No todas son iguales: algunas son de mayor espesor que otras, tal como muestran las figuras 6 y 7; unas son de color oscuro y otras de color más claro; unas tienen partículas más pequeñas, mientras que en otras hay piedras grandes. Los horizontes se clasifican como A, B y C.

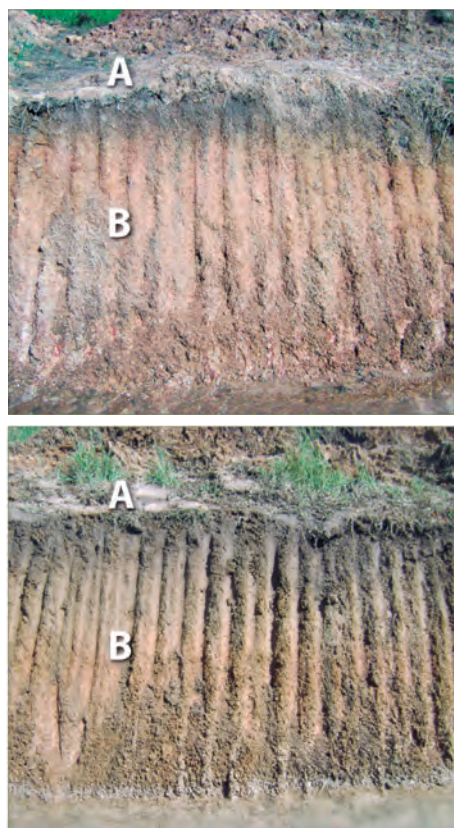


Figura 6 y 7. Dos perfiles de suelo en una misma finca.

- **Horizonte A.** Es la capa superior. Por lo general, es de color oscuro debido a que contiene más materia orgánica, y su profundidad varía mucho de un sitio a otro. Se dice que el suelo es más fértil cuanto más profundo sea el Horizonte A. Éste tiene más número de raíces vivas y muertas, insectos y otros animales que los horizontes B y C.
- **Horizonte B.** De arriba hacia abajo, el Horizonte B es la segunda capa del perfil del suelo. Es de color más claro que el Horizonte A, debido a que tiene menor cantidad de materia orgánica. Su profundidad también es muy variable. El Horizonte B también se conoce con el nombre de subsuelo.
- **Horizonte C.** Es la capa que se encuentra en la parte más baja del perfil del suelo. Generalmente descansa sobre la roca que da origen al suelo.

Permeabilidad. Esta característica es importante y se refiere a la facilidad con que el agua y el aire circulan o se mueven a través del suelo. Lógicamente, ello depende de la cantidad y tamaño de poros existentes en el suelo. La permeabilidad de un suelo puede ser muy lenta, lenta, moderada, rápida y muy rápida, según la velocidad con que se mueva el agua en él. La velocidad del movimiento será mayor en la medida en que los suelos sean más livianos.

Drenaje. Se llama drenaje a la facultad que tienen los suelos para liberarse del exceso del agua lluvia. El drenaje puede ser interno o externo. El interno se refiere a la mayor o menor velocidad con que el agua pasa a través del perfil del suelo, lo cual depende de su permeabilidad. Por ejemplo, los suelos arcillosos son poco permeables y tienen mal drenaje interno; en otras palabras, se encharcan con facilidad.

El drenaje externo depende de la topografía y se refiere al movimiento del agua sobre la superficie del terreno. En consecuencia, en terrenos planos el drenaje externo es deficiente y en terrenos inclinados es bueno. La Figura 8 muestra un terreno plano encharcado por falta de una red adecuada de drenajes. El agua que corre sobre el suelo, cuando llueve, se llama agua de escorrentía y produce erosión.



Figura 8. Terreno plano inundado por falta de drenajes.

Características químicas del suelo

Acidez. Todas las personas tienen una idea sobre la acidez; por ejemplo, el jugo de limón es ácido. También tienen una idea de la alcalinidad; por ejemplo, la cal diluida es alcalina y raja las manos cuando se utiliza para blanquear paredes.

Cuando una sustancia no es ácida ni es alcalina se dice que es neutra.

La calificación de un suelo según su acidez se expresa como pH, y se le asigna un valor numérico que va de 0 a 14: 0 califica lo extremadamente ácido y 14 lo extremadamente alcalino, mientras que el valor 7 representa la condición de neutro. La palma de aceite normalmente crece en suelos con pH entre 5 y 7,5. Sin embargo, se observan cultivos cuyas condiciones están fuera de estos rangos y por ello suelen tener una baja productividad.

La acidez del suelo se corrige con la aplicación de enmiendas, que son materiales capaces de neutralizar dicha acidez. Esto se logra elevando los niveles de calcio y/o magnesio y disminuyendo el aluminio tóxico del suelo, y en la mayoría de los casos, elevando el pH. La aplicación de las enmiendas al suelo se llama encalado y sus beneficios (FAO: 1997) sobre los suelos ácidos son los siguientes:

- Disminuye la toxicidad de aluminio y manganeso

- Incrementa la disponibilidad de fósforo para el cultivo
- Aumenta los contenidos de calcio y magnesio para el cultivo
- Mejora la asimilación de otros nutrientes
- Fomenta la actividad de microorganismos del suelo.

Fertilidad de los suelos. Se entiende como fertilidad de un suelo la cantidad y la calidad de los elementos que sirven como fuente nutricional para las plantas. La cantidad de tales nutrientes debe ser equilibrada, ya que el exceso o falta de alguno dificulta la asimilación de los otros nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas.

La fertilidad está determinada inicialmente por la composición de las rocas que originaron el suelo. Por ello, hay suelos muy distintos en cuanto a su contenido de nutrientes. En general, los suelos ácidos son más pobres en nutrientes que los neutros y los alcalinos.

Características biológicas del suelo

El componente orgánico del suelo está formado por organismos y microorganismos vivos, muertos y en proceso de descomposición. Estos enriquecen la proporción de la materia orgánica del suelo frente a sus otros componentes (minerales, agua y gas) y son de gran importancia para la vida de las plantas que se desarrollan sobre ese suelo.

Criterios para la preparación o labranza de los suelos

Los criterios técnicos para la preparación o labranza de los suelos se determinan con base en los resultados de los estudios tendientes a lograr su caracterización. De esta manera, se evita cometer errores e incurrir en costos innecesarios, lo cual ocurre cuando se copia el sistema de preparación ejecutado en otro terreno, que quizás presenta diferencias grandes respecto del que se desea preparar. Los criterios básicos para la preparación de suelos se explican a continuación.

Textura

Según la textura, un suelo puede o no soportar cierto tipo de implementos. Por ejemplo, en un suelo liviano no deben utilizarse implementos como el arado o el subsolador. Los suelos livianos se mantienen con cobertura vegetal, para evitar su erosión, y en ellos se realiza la mínima labranza posible.

Control de malezas

Cuando se va a sembrar en un terreno con rastrojo —o procedente de cultivos semestrales o de ganadería—, es necesario despejarlo completamente, para facilitar su preparación, trazado, y siembra (de la palma y del cultivo de coberturas leguminosas).

Si el terreno proviene de un rastrojo grueso o mediano (que se conoce como tierra descansada), es probable que se deban derribar los arbustos con equipos, como buldózer o tractores con rolo. Si es con buldózer, los residuos deben acomodarse en hileras equidistantes y orientadas en dirección Norte-Sur, u otra orientación que no interfiera con el trazado de las líneas de palma ni con el tránsito de equipos y operarios de la cosecha.



Figura 9. Terreno con pasto reducido por pastoreo intensivo antes de la preparación.

Cuando el terreno proviene de cultivos semestrales o de ganadería, es más sencillo, ya que la reducción de la altura de las malezas puede realizarse con corta-

malezas o con un pastoreo intensivo del ganado, tal como se aprecia en la Figura 9. Cuando el terreno tiene este manejo, se facilita la penetración de otro tipo de implementos agrícolas necesarios para la preparación del suelo.

En algunas oportunidades, se hace necesaria la utilización de control químico de malezas, cuya prescripción la determina un técnico con experiencia.

Control de plagas

La plaga principal que ataca la palma recién establecida es el *Strategus aloeus*, un coleóptero o cucarrón que excava en el suelo y perfora alrededor del bulbo de la palma joven; ocasionalmente afecta el meristemo y provoca la muerte de la palma (ver Figura 10).



Figura 10. Orificio de entrada del *Strategus* en el bulbo de una palma joven.

Como medida de control preventivo se vigilan permanentemente aquellos sectores en donde existen trozos de árboles en proceso de descomposición, ya que en ellos vive y se alimenta dicho insecto y desde allí comienza el ataque a las palmas. Si el cultivo viene de una renovación de palma, hay más riesgo de que sufra ataques tempranos de este cucarrón.

Humedad de campo

La humedad del suelo es determinante para la preparación de un terreno. Los terrenos usualmente se preparan en el inicio de la época lluviosa, cuando

han absorbido algo de humedad, ya que al terminar la época de verano son bastante duros e impiden la penetración de cualquier implemento de labranza. El éxito de una buena preparación del suelo se da cuando hay condiciones intermedias de humedad. Los extremos, ya sean el exceso de lluvia o la ausencia de la misma, no permiten preparar los suelos con eficiencia.

Compactación

Cuando un terreno proviene de ganadería o de cultivos semestrales, sobre todo, si estas actividades han persistido por muchos años, es normal que exista algún grado de compactación en el perfil del suelo. En el primer caso, la compactación es causada por el pisoteo continuo del ganado, y en el segundo, por la continua preparación mecánica del suelo a la misma profundidad y con el mismo tipo de implementos agrícolas (arado, rastra o rastrillo).

La compactación restringe el normal desarrollo de las raíces de la palma. Se puede corregir mecánicamente mediante la utilización de implementos agrícolas que remuevan el suelo, los cuales serán descritos más adelante.

Conservación del suelo

El suelo es bastante frágil y lo es más en la medida que pierda la capa vegetal y esté expuesto a la lluvia y al viento por un lapso prolongado. La situación se torna más crítica cuando la pendiente del terreno es superior a 10%, y es menos crítica cuando el suelo es relativamente plano.

La pérdida de suelo en su estado natural se llama erosión. Ésta puede ser causada por arrastre del viento, la lluvia, la deforestación o por actividades desarrolladas por el hombre durante la preparación mecánica del suelo, tal como muestra la Figura 11.

Durante la preparación del suelo, es inevitable que se produzca pérdida por erosión. Una forma de protegerlo de pérdidas excesivas consiste en establecer sobre él coberturas vegetales de rápido crecimiento, como son las plantas leguminosas.



Figura 11. Pérdida de suelo por erosión eólica durante la preparación de tierras.

Métodos de labranza

Para establecer un cultivo de palma, es necesario brindar al suelo unas condiciones mínimas, mediante la labranza.

Según la FAO (1997), la labranza puede consistir en una o más operaciones diferentes, entre las que se destacan las de voltear, mezclar, roturar, desmenuzar o compactar el suelo.

El volteado del suelo se realiza para incorporar abonos verdes, por ejemplo, residuos de cosechas de otros cultivos. Para ello, se utilizan arados, los cuales rompen el suelo y lo invierten, dejando debajo los residuos a incorporar, y sobre la superficie, la parte inferior del suelo original.

La mezcla es una operación de utilidad para incorporar enmiendas destinadas a corregir la acidez o para incorporar algunos nutrientes deficientes en el suelo. Las enmiendas o fertilizantes se aplican sobre la superficie y luego se incorporan al suelo con la rastra. La profundidad indicada para realizar este proceso es entre los 10 y 35 cm.

El roturado del suelo consiste en la remoción de capas superficiales o profundas y endurecidas mediante el agrietamiento o fractura. Este tipo de labranza es útil en la preparación de terrenos que vienen de cultivos semestrales o de ganadería. Los implementos para

el roturado son el cincel rígido, el cincel vibratorio y el subsolador; el primero, para romper capas compactadas a menos de 30 cm de profundidad, mientras que el segundo se utiliza para romper capas endurecidas a más de 30 ó 40 cm.

El desmenuzado del suelo consiste en reducir los terrones del suelo a partículas finas. No es una práctica usual en el cultivo de la palma de aceite. Sólo se utiliza para preparar el suelo antes de la siembra de las leguminosas, y puede realizarse en una parte o en la totalidad de las interlíneas, según las recomendaciones que haga el asistente técnico.

La descompactación es una operación necesaria durante la siembra en sitio definitivo, para garantizar el contacto de las raíces de las plántulas con el suelo y para mantener la palma en posición vertical. Esta operación se realiza con el pie o con el cabo de las herramientas de siembra. En el sudeste asiático, la compactación es una práctica utilizada en suelos de turba, que son suelos muy blandos por el exceso de contenido de materia orgánica en proceso de descomposición. Esto se hace para evitar que la palma, al llegar a su edad madura, se incline, y dificulte con ello las operaciones de cosecha y de mantenimiento en la plantación.

Labranza cero y labranza mínima

La labranza cero supone la no utilización de maquinaria, lo cual es casi imposible por cuanto se emplean equipos para la siembra, el control de malezas o la aplicación de fertilizantes. No obstante, la labranza cero se refiere a la siembra directa de semillas o plántulas en un sitio con un mínimo de preparación previa, tal como se aprecia en la Figura 12.



Figura 12. Palma sembrada en un suelo sin labranza.

Labranza primaria

Roturado. Es una operación de labranza útil para romper las capas endurecidas de suelo y para incrementar la fracción gaseosa del mismo. Se realiza con implementos agrícolas como el cincel y el subsolador. Para facilitar la operación de estos implementos, se reduce la altura de la vegetación y una vez reducida, el procedimiento de roturado es el siguiente:

1. Cuando se tiene sobre el suelo una capa densa de malezas o residuos vegetales de baja altura, se realiza un pase de rastra para facilitar la penetración de los implementos de roturado. De lo contrario, los residuos vegetales dificultan la penetración del implemento. Cuando un tractor trabaja bajo estas condiciones, se requiere mayor potencia del aparato y el operario se ve obligado a levantar frecuentemente el implemento para eliminar los residuos que impiden su penetración.
2. Si los residuos vegetales o la vegetación superficial no son tan densos, es posible utilizar cualquiera de los implementos de roturado en forma directa. Si la capa endurecida se encuentra a menos de 40 cm, se usa el cincel, y si está a más de 40 cm, se usa el subsolador.
3. La supervisión de esta labor es clave. Consiste en la verificación de la profundidad de roturado. Para ello, el supervisor de campo debe introducir una regla en las ranuras que deja el implemento y comprobar que efectivamente ejecuta la labor a la profundidad acordada.

Para seleccionar el implemento, es importante conocer la profundidad a la cual está la capa compactada o endurecida. Esto se conoce gracias a los resultados y recomendaciones del estudio de caracterización de suelos, o por recomendación directa del asistente técnico. También es importante verificar en los manuales de operación de los implementos agrícolas que la potencia del tractor sea la adecuada para ejecutar el roturado. Es normal que estas dos operaciones se realicen con tractores de 100 o más caballos de fuerza, tal como se aprecia en la Figura 13.



Figura 13. Cincelado de un terreno.

Labranza secundaria

La labranza secundaria es complementaria a la primaria y sirve para alistar el suelo para la siembra. Las operaciones más frecuentes de este tipo de labranza son el ahoyado, la construcción de bancales, la construcción de terrazas y la nivelación.

Ahoyado. Puede ser mecánico o manual y sirve para alistar el sitio donde será sembrada cada palma. Los implementos para realizar estas operaciones son el ahoyador manual, la pala o palín, y el ahoyador mecánico.

Construcción de bancales. Los bancales se construyen en tierras bajas susceptibles a inundación. Consisten en camellones longitudinales, sobre los cuales se realiza la siembra de las palmas para aislarlas del exceso de agua superficial. Los equipos necesarios para su construcción son: (1) El arado de discos, cuando se construyen bancales sencillos para una sola línea de palma. (2) El arado o la moto-niveladora, cuando se construyen bancales dobles para dos líneas de palma. El procedimiento para construir bancales es el siguiente:

- Alistar el arado, verificando que tenga tres discos de 32 pulgadas de diámetro y que sus condiciones de funcionamiento sean óptimas.
- Verificar que el arado responda a los mandos del sistema hidráulico del tractor.

- Verificar que el trazado para la construcción de los bancales sea el adecuado. Para ello, se utiliza el trazado y estaquillado de la siembra de palma como línea guía del bancel.
- Ingresar el tractor con el arado acoplado por el extremo sur o norte del lote, y desplazarlo en dirección Sur-Norte y luego Norte-Sur, a menos que el asistente técnico indique otra dirección para la construcción del bancel.
- Al ingresar al lote desde el extremo sur, se baja el implemento a una profundidad suficiente para cortar y levantar el suelo y, de esa manera, trabaja hasta llegar al extremo norte del lote, a través de la línea guía del bancel y amontonando tierra hacia el costado derecho de dicha línea (ver figuras 14 y 15).
- El tractor gira en el extremo norte del lote y se regresa amontonando la tierra cortada hacia la izquierda de la línea guía.
- Al terminar el segundo pase, queda conformado un bancel (ver Figura 16).

Se recomienda construir los bancales con humedad intermedia del suelo y a velocidades entre cuatro y ocho kilómetros por hora. En suelo muy seco resulta difícil la penetración del arado, mientras que en suelo muy húmedo es casi imposible formar los bancales.



Figura 14. Alistamiento del arado para comenzar la construcción del bancel.

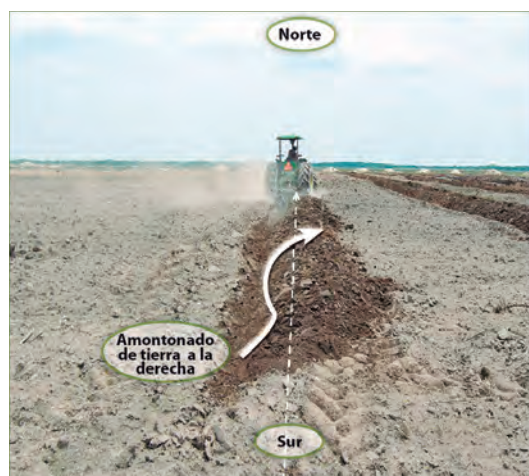


Figura 15. Primer pase de arado para la construcción de un bancale.



Figura 17. Terraza individual construida en contrapendiente sobre un terreno inclinado.



Figura 16. Bancale construido con dos pases de arado.

Construcción de terrazas. Las terrazas se construyen en terrenos pendientes para sembrar en ellas las palmas, mejorar las condiciones de humedad y minimizar las pérdidas de fertilizantes aplicados. Las hay de tipo *continuo* e *individual*.

Las terrazas continuas se construyen con buldócer y se diseñan técnicamente de acuerdo con las curvas de nivel del terreno. Las terrazas se construyen en sentido perpendicular a la pendiente del terreno. Por tanto, son paralelas entre sí, aunque no necesariamente equidistantes.

Las terrazas individuales son más sencillas de construir. El procedimiento es el siguiente:

- Delimitar el área cultivada con pendientes superiores a 10%.
- Trazar –alrededor de cada palma localizada en esa área– una circunferencia del diámetro elegido para la construcción de la terraza, por ejemplo, 5 m. Para el trazado se toma una cuerda de 2,5 m y se dibuja la circunferencia tomando como eje el bulbo de la palma.
- Recortar el suelo desde el borde superior de la pendiente, hasta conseguir una superficie plana y en contrapendiente; el suelo extraído se deposita en la parte inferior de la pendiente.

Al terminar, se tiene una terraza individual en contrapendiente, habilitada para retener agua y minimizar la pérdida de fertilizantes por la escorrentía natural del relieve (ver Figura 17).

Nivelación. La nivelación se realiza en terrenos planos, para facilitar el movimiento del agua, cuando se utiliza riego por gravedad o inundación. Sin embargo, ocasionalmente, se presentan terrenos con un micro relieve abrupto, el cual puede obstaculizar las labores agronómicas del cultivo. Un ejemplo de esta condi-

ción son los *zurales* característicos de las zonas palmeras de los departamentos de Meta, Casanare, Norte de Santander, Cundinamarca y otros departamentos de la Orinoquía colombiana.

Los zurales de Norte de Santander son hendiduras del suelo de forma irregular y de diferente profundidad, aisladas unas de otras y dispersas sobre terrenos planos, o con pendientes menores de 20%. Los zurales de los otros departamentos son hendiduras continuas y comunicadas entre sí, con presencia de montículos a manera de islotes. Estas formas caprichosas del relieve se corrigen con la labranza, pero aun así persisten las hendiduras, aunque de menor tamaño, que justifican la nivelación.

La nivelación se puede realizar con equipos como la motoniveladora, con rolo o niveladoras agrícolas. Una práctica sencilla para nivelar terrenos de zural ya preparados con rastra es la siguiente:

- Cortar un tronco de madera de 4 m de largo y un diámetro aproximado de 50 a 60 cm y acanalar transversalmente los extremos, para colocar alrededor de cada canal una cadena o un anillo metálico.
- Las canales pueden situarse a unos 50 cm del extremo de cada borde del tronco y su ancho es de 5 a 7 centímetros de profundidad.
- En cada canal se acopla un anillo metálico resistente, que permita girar libremente el tronco en su interior; al anillo se acopla un sistema de agarre para enganchar una sección de cadena fuerte. (Las cadenas no son de la misma dimensión: una de ellas debe ser aproximadamente un tercio más larga que la otra, siendo la más larga de unos 5 m).
- Enganchar las cadenas al punto de tiro del tractor, de manera que al tensionarlas, el tronco queda en forma diagonal al eje de las ruedas del tractor, que es la posición que le permite nivelar.
- Realizar pases de un extremo al otro del lote con el tractor, cuyo paso remueve la tierra suelta de la superficie y la deposita en los sitios donde hay hendiduras, dejando un suelo más uniforme para realizar otras labores agrícolas. La Figura 18 muestra una

niveladora mecánica y la 19 un rolo convencional de madera.

Labranza tradicional

Así se define al conjunto de operaciones que se realizan para la siembra de un cultivo repitiendo una costumbre o tradición, pero sin tener presente las características físicas del suelo. A diferencia de este tipo de labranza, la labranza de tipo técnico ejecuta las operaciones de preparación según las características físicas del suelo.

Cuando predominan los rastrojos, según sea su tamaño, se tumban con hacha, con buldócer o con rolo, para luego realizar el ahoyado manual y sembrar la palma. Cuando el terreno proviene de cultivos semestrales o de pastos, se corta la maleza o pasto, se realizan uno o dos pases de rastra, luego se realiza el ahoyado y finalmente se siembra la palma.



Figura 18. Niveladora agrícola.



Figura 19. Rolo de madera para nivelación.

La labranza primaria y secundaria ofrecen una serie de operaciones, que al ser debidamente ejecutadas –según las características físicas del suelo de cada terreno– permiten el óptimo desarrollo del cultivo. La buena preparación se justifica, ya que se realiza sólo una vez durante su ciclo productivo, el cual puede durar de 30 a 35 años.

Equipos e implementos utilizados para alistar terrenos para la siembra

El tractor o motocultor

Es un equipo agrícola autopropulsado que se utiliza para enganchar implementos agrícolas para la preparación o adecuación de terrenos, para el transporte en campo o carreteras y para accionar otro tipo de equipos agrícolas mecánicos, como las sembradoras, las motobombas, etc.

La primera diferenciación entre los tractores corresponde a su sistema de desplazamiento: unos lo hacen sobre orugas y otros –la gran mayoría– sobre llantas neumáticas.

Entre estos últimos, se tienen los tractores de ejes rígidos, de ruedas traseras grandes y delanteras pequeñas. También pueden ser de tracción en las ruedas traseras únicamente (4 x 2) o de tracción en las cuatro ruedas (4 x 4). Por lo general, su potencia es inferior a los 100 HP (por las siglas en inglés de *horse power*, que significa caballos de fuerza). Existen tractores articulados para facilitar su maniobrabilidad y usualmente son de alta potencia.

Un tractor tiene una serie de controles, –manuales, pedales e indicadores–, de gran ayuda para su operación técnica.

Manuales: (1) Volante de dirección. (2) Acelerador. (3) Palancas de cambios de velocidad. (4) Interruptores eléctricos. (5) Control de combustible. (6) Palanca de parqueo.

Pedales: (1) Embrague. (2) Frenos. (3) Bloqueador de diferencial. (4) Acelerador.

Indicadores: (1) Tacómetro. (2) Cuenta-horas. (3) Indicador de restricción de aire. (4) Indicador de combustible. (5) Indicador de lubricación. (6) Indicador de temperatura. (7) Amperímetro.

El arado de disco

Es un implemento agrícola formado por una barra fija robusta, a la cual se unen dos o más cuerpos, cada uno de los cuales dispone de un soporte al que se fija el disco sobre rodamientos que le permiten girar. El disco va unido al soporte con tornillos que facilitan su remoción, para sustituirlos por ruptura o desgaste excesivo. Sobre cada disco, se sitúa un limpiador o rascador, que se encarga de desprender la tierra adherida al disco durante la labor (ver Figura 20).

El arado se acopla al enganche de tres puntos en la parte posterior del tractor. Para su operación, se tiene en cuenta que el trabajo del implemento consiste en penetrar el suelo y avanzar cortando. La penetración se puede modificar ajustando el ángulo de inclinación del disco respecto del suelo y el ángulo que forma con la dirección de avance, conocida también como dirección de ataque. Los discos vienen afilados en el borde, para mejorar el corte del suelo, y tienen una concavidad para facilitar la penetración a través del perfil.



Figura 20. Arado de discos para construcción de bancales.

En palma, se utilizan arados de disco de tres cuerpos, o discos cuyas dimensiones son de 32 a 36 pulgadas de diámetro. Sirven para la construcción de bancales.

El arado de cincel

Es un implemento agrícola utilizado en los cultivos de palma para ejecutar una operación de labranza primaria, específicamente, para romper capas endurecidas a profundidades inferiores a los 50 cm. Hay cinceles rígidos y vibratorios. Estos últimos son los más prácticos. La Figura 21 muestra un arado de cincel vibratorio de cinco cinceles o ganchos.

El arado de cincel conformado por un marco al cual van acoplados 3, 5, 7, 9 u 11 cinceles con forma de gancho y de apariencia flexible. El cincel es una platina curva con punta de acero forjado en los dos extremos, para facilitar su cambio de posición cuando el desgaste así lo justifique. Los cinceles están acoplados por grapas al marco y tienen un mecanismo de seguridad de dos resortes para superar obstáculos como piedras o troncos.

Es un equipo diseñado para la preparación moderna y ecológica de tierras agrícolas sin invertir las capas del suelo, por lo cual evita la erosión. Adicionalmente, ofrece las siguientes ventajas:



Figura 21. Arado de cincel vibratorio de cinco ganchos.

- Mayor penetración de las raíces en el perfil del suelo, y por ende, un mejor desarrollo de las palmas.

- Menor consumo de potencia a igualdad de ancho de labor que cuando la labranza se realiza con otro implemento, como una rastra.
- Mayor capacidad de penetración en terrenos con bajo contenido de humedad.
- Facilidad de instalación y regulación de su operación en el campo.

El subsolador

Es un tipo de arado de cincel rígido, con una barra robusta sobre la cual se acopla un número variable de cinceles con capacidad para roturar el suelo a una profundidad mayor de 50 cm. Usualmente, se trata de implementos con dos o tres brazos roturadores. Cada uno es largo y angosto con una punta en forma de cuña, diseñada para trabajar debajo de la superficie endurecida del subsuelo, levantando y rompiendo el suelo hacia el frente y hacia los lados. Algunos implementos tienen un topo o torpedo acoplado en la parte posterior de cada cincel, mediante una sección de cadena, con el propósito de dejar una especie de túnel para facilitar el drenaje del terreno.



Figura 22. Subsólador de tres cuerpos acoplado a un buldócer.

Los subsoladores más utilizados tienen brazos roturadores de forma semiparabólica, con punta delantera, que favorece una mayor fractura del suelo hacia arriba. Con este implemento es posible reducir hasta

20% de los requerimientos de potencia en la máquina, lo que permite el uso de tractores con llantas de 130 a 160 caballos de fuerza.

El implemento se engancha al centro de la línea de tiro del tractor o buldózer, para garantizar un trabajo uniforme y evitar consumos de potencia elevados, tal como se aprecia en la Figura 22. Los mejores resultados se obtienen cuando el subsolado se realiza durante la época seca.

Sembradora para leguminosas

Es un equipo agrícola utilizado para colocar las semillas de cultivos, como las leguminosas, debajo de la superficie del suelo, a profundidad suficiente para lograr su germinación adecuada y uniforme. Las sembradoras pueden ser mecánicas o manuales y neumáticas. A continuación, se describen los mecanismos y accesorios más importantes de una sembradora mecánica.

Chasis y mecanismos de enganche. Estructura sobre la que se acoplan los elementos y mecanismos que componen la sembradora: las llantas para transporte, los equipos y accesorios de siembra y fertilización, entre otros.

Tolvas. Contenedores para almacenar las semillas y el fertilizante, que luego serán distribuidos en el área de siembra.

Abresurcos. El mecanismo para la apertura del surco en el que se depositan las semillas, que permite mantener el surco a una profundidad uniforme.

Tubos de descarga. Tienen la función de conducir la semilla de los dosificadores hacia los abresurcos.

Ruedas de mando. Tienen la función de accionar los dosificadores.

Dosificador. Es el mecanismo más importante de las sembradoras. Sirve para la dosificación correcta de la semilla o para la dosificación simultánea de semillas y fertilizante.

Tapadores de semilla. Tapar la semilla una vez se deposita en el surco. Este mecanismo de tapado puede ser por cuchillas, discos o ruedas prensadoras.

Apisonador superficial. Es un accesorio que sirve para compactar la tierra sobre la semilla y asegurar el contacto con el suelo y la humedad.

Las sembradoras manuales para siembra al voleo tienen una tolva de cinco o más kilos de capacidad y son activadas manualmente por un mango giratorio que acciona un plato para arrojar las semillas en forma radial, gracias a la fuerza centrífuga (ver Figura 23).

Otro tipo de sembradora es la conocida como “matraca”, que tiene forma de tijera, con dos pequeños contenedores laterales: uno para fertilizante y el otro para semillas. Con ella es posible controlar la profundidad de siembra y colocar el fertilizante cerca de la semilla, para garantizar el desarrollo inicial de las leguminosas.



Figura 23. Sembradora manual de leguminosas.

Cultivos de cobertura

El uso de coberturas vegetales leguminosas es una práctica ampliamente utilizada en países tropicales para proteger el suelo de la radiación directa del sol y de la erosión hídrica y eólica. Ella también suministra humedad al suelo y posibilita su buena aireación. Estas condiciones, a su vez, ayudan a las bacterias y microorganismos presentes en el suelo a descomponer la hojarasca y otros desechos vegetales, para convertirlos en humus o materia orgánica, que son las fuentes naturales de la fertilidad del suelo (Chee: 1981).

Tipos de coberturas utilizadas

Las coberturas más utilizadas en Colombia son el Kudzú o *Pueraria phaseoloides* y el *Desmodium* spp. El Kudzú ha estado presente en las cuatro zonas palmeras del país desde hace más de 30 años, mientras que el *Desmodium* se conoce más desde los años 90. Actualmente, se lo encuentra en las zonas Central, Oriental y Norte, y está prácticamente ausente en la Occidental. Según Yan Kuan Chee (1981), las especies más recomendadas como leguminosas de cobertura son las siguientes:

- *Calopogonium coeruleum*
- *Calopogonium mucunoides*
- *Centrosema pubescens*
- *Desmodium Ovalifolium*
- *Pueraria phaseoloides*
- *Mucuna cochinchinensis*

Funciones de las coberturas

Fertilidad del suelo. Según Chee Yan Kuan (1981), la demanda de fertilizantes nitrogenados por un cultivo de palma, puede ser reducida gracias a la fijación biológica del nitrógeno, FBN, ya que las coberturas de leguminosas con nódulos activos (como los que se muestran en la Figura 24) tienen la capacidad de fijar entre 200 y 600 kg de nitrógeno (N) gaseoso por hectárea y por año, lo que representa de 400 a 1.200 kg de urea; y esto a su vez significa una economía equivalente al costo de igual cantidad de fertilizante.

La FBN ocurre gracias a que dos organismos se asocian para su mutuo beneficio: la planta leguminosa y una bacteria del tipo *Rhizobium*, que es específica para cada especie de planta leguminosa. Cuando la asociación es perfecta entre la bacteria y las raíces de la planta leguminosa, se forman unas protuberancias anormales o nódulos, en el sistema radical, los cuales se convierten en la evidencia de la FBN, siempre y cuando su color sea rosado, lila o rojizo; cuando presentan un color muy pálido y casi transparente, significa que no están activos para la FBN.

Control de la erosión. Después de la preparación, el suelo permanece expuesto a la radiación directa del sol, el viento y la lluvia. La cobertura de leguminosas protege el suelo de la fuerza de las gotas de lluvia y disminuye la separación de las partículas de los agregados de suelo. Este es el primer paso en el proceso de erosión hídrica. También reduce la velocidad del viento, factor que provoca la erosión eólica.

Humedad del suelo e infiltración de lluvias. La cobertura mantiene la temperatura y humedad del suelo, permitiendo la actividad de microorganismos y el libre desarrollo del sistema radicular del cultivo. También favorece la infiltración vertical del agua, que se ve impedida cuando el suelo ha permanecido desnudo y expuesto a la lluvia y al sol.



Figura 24. Nódulos fijadores de nitrógeno en raíces de *Desmodium* (foto de Cenipalma).

Tratamiento de semillas antes de la siembra

Para lograr los beneficios que trae consigo el establecimiento de coberturas vegetales leguminosas, se debe garantizar una germinación rápida y uniforme de las semillas y la activación de la FBN. La germinación rápida y uniforme se logra con la escarificación, mientras que para garantizar la eficiente FBN, es necesario inocular la semilla con el *Rhizobium* específico (Renault: 1997).

Escarificación. Las semillas de las leguminosas normalmente poseen una envoltura o película protectora llamada tegumento. Ésta varía en su grado de impermeabilidad y dureza, lo cual retarda la germinación. En el caso de las semillas de Kudzú y *Desmodium*, existe un gran número de procedimientos diseñados para eliminar dicha película y así acelerar el proceso de germinación.

- *Método térmico para cantidades superiores a 50 kg de semillas:* (1) Llenar canecas de 55 gal con agua, hasta completar tres cuartos ($\frac{3}{4}$) de su capacidad total. (2) Colocarlas en lugares artificialmente calientes, por ejemplo, cerca de una caldera, de tal forma que se registre una temperatura ambiente de 40 a 50° C. (3) Cuando el agua está a esa temperatura, introducir de 50 a 70 kg de semilla en cada caneca, dejarlas allí por seis horas, al cabo de las cuales se derrama el agua y se seca la semilla a la sombra.
- *Método químico:* (1) Depositar la semilla en un recipiente de vidrio o loza vitrificada. (2) Aplicar ácido sulfúrico concentrado a razón de 1 cm³ por cada 25 g de semilla. (3) Revolver rápida y uniformemente con una paleta de vidrio durante 20 minutos, si es *Desmodium ovalifolium*, y 30 minutos, si es *Pueraria phaseoloides* o *javanica*. (4) Transcurrido este tiempo, lavar la semilla con agua corriente durante tres horas aproximadamente, y luego secar a la sombra.

Inoculación. La inoculación consiste en poner en contacto las semillas de la leguminosa con su *Rhizobium* específico, ya sea en el suelo o sobre sus estructuras vegetativas, por ejemplo, los estolones. En la Figura 25 aparece semilla de *Desmodium* recién inoculada y protegida contra los efectos de la radiación solar. Antes de proceder a inocular las semillas, es importante tener en cuenta algunas precauciones:

1. Si las semillas vienen escarificadas y tratadas con fungicidas, lavarlas y secarlas antes de la inoculación.
2. Inocular el mismo día en que se va a sembrar. Si las semillas duran más de 24 horas inoculadas antes de la siembra, se repite la inoculación.

3. No exponer al sol el inoculante ni las semillas inoculadas.
4. Mantener el inoculante en nevera (4° C) antes de utilizarlo.
5. No utilizar el inoculante después de la fecha de vencimiento que indique la etiqueta.



Figura 25. Semilla de *Desmodium*, recién inoculada y protegida con roca fosfórica.

Manejo agronómico

Es recomendable sembrar las semillas de las coberturas inmediatamente después de la siembra de las palmas. Esta práctica tiene dos ventajas: realizar una sola preparación de suelos y aprovechar los beneficios agronómicos de las coberturas desde una edad temprana del cultivo.

Control de malezas. Las leguminosas pueden ser de rápido o lento crecimiento. Las de rápido crecimiento compiten más fácil y eficazmente con las malezas. Durante los primeros meses, cuando existe una mezcla de leguminosas con gramíneas, es posible utilizar herbicidas selectivos para el control de gramíneas, los cuales no hacen daño a las leguminosas.

Cuando las leguminosas se han establecido, es posible realizar controles selectivos con guadaña o machete, cortando a ras del suelo los parches de malezas. De esta forma, se logra una cobertura total del terreno o

lote. Si la leguminosa cubre el área del plato, se controla con el plateo a las palmas.

Cuando el crecimiento es excesivo y obstaculiza las labores agronómicas, las leguminosas se apisonan con un rolo liso, metálico o de madera. La Figura 26 muestra un control químico realizado por parches, mediante el cual se ha quemado eficientemente la graminéa sin afectar la leguminosa.



Figura 26. Efecto del control químico selectivo de graminéas.

Fertilización. Las coberturas de leguminosas son un cultivo y como tal se las debe tratar. Por tanto, requieren un programa especial de fertilización. Bevan y Gray (1969) recomiendan aplicar roca fosfórica: cerca de 80 kg/ha, aproximadamente tres meses después de la siembra. Se considera que el mejor sistema de aplicación es el manual o de voleo.

Métodos de siembra de leguminosas

Material para propagación de coberturas. La principal fuente de material para la propagación de las coberturas de leguminosas son las semillas sexuales y los estolones. Las semillas provienen de los mismos cultivos de cobertura establecidos en las plantaciones. Cuando se siembra Kudzú o *Desmodium*, se usa de 2 a 3 kg/ha.

Algunas leguminosas, como el *Desmodium* sp, se pueden propagar por medio de estolones. Estos se

arrancan de plantas ya establecidas y se entierran hasta cubrir por lo menos un nudo de cada rama. Así se facilita la emisión de raíces.

Siembra manual. Consiste en lanzar al voleo la semilla sobre la superficie del suelo. Este sistema no garantiza la distribución uniforme de la semilla, ni tampoco la densidad de siembra. Los sistemas de siembra manual son los siguientes:

1. Aplicación directa de la semilla, arrojándola con la mano hacia los costados del operario (ver Figura 27).



Figura 27. Siembra de leguminosas al voleo.

2. Siembra con sembradora tipo matraca, enterrando la semilla.
3. Siembra con sembradora tipo centrífuga, activada manualmente al rotar el plato giratorio. (Con estos sistemas, la semilla queda sobre la superficie del terreno y debe cubrirse para garantizar su germinación).
4. Siembra a chuzo, que consiste en abrir huecos de 2 a 3 cm de profundidad, cada 2 ó 4 m, introducir en ellos de 10 a 20 semillas, y luego cubrirlos. Este procedimiento se puede realizar en todo el terreno, o en franjas o parches dentro del cultivo de palma.
5. Siembra en bolsas pequeñas de vivero, para trasplantarlas en forma regular sobre las áreas de palma ya establecidas.

Siembra mecánica. La siembra mecánica de las leguminosas es más eficiente, ya que garantiza una distribución uniforme y bastante precisa en cuanto a la cantidad de semilla por hectárea de terreno. Puede realizarse la siembra al chorrillo, con sembradoras forrajeras empleadas tradicionalmente para sembrar avena, cebada, soya o sorgo.

La erosión y la preparación de suelos para la siembra

Existen dos tipos de erosión que provocan el arrastre del suelo: la hídrica, causada por las corrientes de agua, y la eólica, causada por el viento.



Figura 28. Siembra en terreno pendiente.

En algunos casos, la erosión es conveniente; por ejemplo, la que ha ocurrido durante miles de años desde zonas altas hacia los valles, para formar valles fértiles sobre los cuales se desarrolla gran parte de la actividad agrícola en la actualidad, tal como ocurre en los valles de los ríos Magdalena, Cauca, Ariari y Sinú, entre otros.

La erosión es catastrófica cuando ocurren inundaciones en áreas agrícolas que destruyen carreteras, taponan canales de drenajes y arrastran los cultivos (FAO, 1997).



Figura 29. Canal sin diseño hidráulico.

Causas de la erosión

Deforestación. Consiste en la eliminación de la vegetación existente sobre el suelo, ya sea por causa de incendios, tala excesiva, construcción de vías, canales u otro tipo de obras civiles, realizadas sin los debidos cuidados.

Condiciones ambientales extremas. La sequía causa la muerte de las plantas y al desaparecer éstas de la superficie del suelo, la acción del viento y las lluvias ocasionan pérdidas de la capa superficial.

Prácticas agronómicas inadecuadas. La siembra en terrenos muy pendientes, la excavación de canales de drenaje o riego sin cumplir con los mínimos requisitos de diseño hidráulico, y el pisoteo excesivo del ganado, son causantes de pérdidas del suelo, tal como muestran las figuras 28 y 29.

Efectos adversos de la erosión

- Pérdida de la fertilidad del suelo al ser arrastrada su capa superficial.
- Pérdida o disminución de fuentes de agua por la desaparición de la vegetación.
- Aumento del riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierras por la falta de raíces que ayudan a estabilizar el suelo.

- Sedimentación y colmatación de ríos, que disminuyen la capacidad de sus cuencas y que contaminan mares y lagunas.
- Daños en la infraestructura vial o económica, debido a las avalanchas, inundaciones y deslizamientos.

Prácticas de conservación de suelos

Las prácticas para la conservación de los suelos forman parte de las estrategias para reducir la erosión. En los cultivos de palma de aceite, se pueden aplicar algunas prácticas conducentes a la conservación del suelo, como las que se mencionan a continuación.

Deforestación y reforestación. Como principio básico, no se debe tumbar bosque para siembra de palma

alrededor o en los costados de las fuentes de agua (ríos, quebradas, nacederos, lagunas, lagos y humedales). Junto o alrededor de ellas se deben mantener rondas o franjas de protección de por lo menos 30 m de anchura.

Coberturas. Establecer plantas leguminosas como protección mientras la palma cubre el suelo en su totalidad.

Obras de adecuación. Evitar la construcción de canales de drenaje o riego sin diseño hidráulico previo.

Siembra en terrenos pendientes. Se sugiere no sembrar áreas con pendientes superiores a 10%. Si esto ocurre, se deben construir terrazas continuas o individuales.



Unidad Temática II. Cuánta agua requiere la palma de aceite

Introducción	29
El ciclo del agua	29
Relación suelo-agua	30
Relación planta-agua	32
Requerimientos de agua para un cultivo de palma	32
Riego y drenaje en cultivos de palma de aceite.....	33
Introducción	33
Sistemas de riego	33

Introducción

Detalla las relaciones que existen entre el suelo, el agua y la planta, e ilustra sobre el ciclo del agua, los procesos de absorción, evaporación y transpiración, y los requerimientos de agua del cultivo.

El ciclo del agua

Para analizar los requerimientos de agua y la forma de su aplicación al cultivo, es importante conocer la dinámica del agua en la naturaleza.

El ciclo del agua comienza a partir del calor que produce el sol, que calienta el agua superficial de quebradas, cañadas, ríos, lagos, lagunas y océanos y genera evaporación de agua hacia la atmósfera. Por otra parte, las plantas absorben agua del suelo para su crecimiento, y transpiran la que no necesitan, que también llega a la atmósfera como vapor de agua.

Todo el vapor de agua que se acumula en la atmósfera —procedente del agua evaporada que resulta de la transpiración de las plantas y de otros seres vivos—, al disminuir gradualmente su temperatura, se convierte en gotas de agua; unas, muy pequeñas, dan origen a las nubes; y otras, más grandes, forman las gotas de lluvia. El agua lluvia cae directamente sobre el suelo, sobre la vegetación o sobre masas de agua.

La lluvia que cae sobre el suelo puede penetrar a través de su perfil, fenómeno que se conoce como infiltración; pero también puede correr sobre la superficie, acumularse allí, y volver a evaporarse hacia la atmósfera. El agua que cae sobre la vegetación también puede posarse sobre las hojas y luego evaporarse nuevamente.

El agua lluvia que se infiltra a través del perfil del suelo entra a formar parte de su reserva de humedad natural, y desde allí puede ser absorbida por las raíces

de las plantas. Posteriormente, el agua que no necesitan las plantas es transpirada como vapor de agua y regresa a la atmósfera; otra parte puede integrarse a las aguas subterráneas, que llegan gradualmente hacia otras fuentes de agua superficial, como los ríos, quebradas, lagos y lagunas, o al mar. La Figura 30 muestra un diagrama bastante simplificado del ciclo del agua descrito.

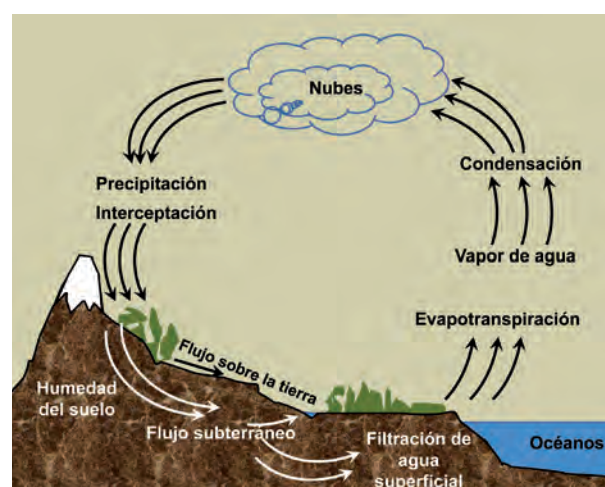


Figura 30. Diagrama simplificado del ciclo hidrológico del agua.

Este ciclo, repetitivo y permanente en la naturaleza, permite que haya lluvias, de las cuales se abastece gran parte de la demanda de agua de los cultivos. Pero el agua lluvia no es suficiente para todos los cultivos, ya que hay zonas con mayor o menor pluviosidad y cultivos con mayor o menor requerimiento de agua. Sólo una fracción del agua lluvia queda disponible para la producción de los cultivos, pues —según las características físicas del suelo— éste tiene una capacidad limitada de almacenamiento.

Cuando la cantidad de agua lluvia es suficiente para mantener la humedad del suelo y satisfacer los requerimientos del cultivo, no se necesita el riego; pero

cuando la lluvia no aporta lo suficiente para el cultivo, es necesario aplicarlo. Cuando las lluvias son excesivas o cuando la capacidad de infiltración del suelo es muy baja, se presenta una acumulación de agua sobre la superficie del suelo, que limita la capacidad de éste para sostener un cultivo.

De igual manera, cuando el agua subterránea alcanza niveles muy próximos a la superficie, limita la capacidad de penetración de las raíces en el perfil del suelo. Estas dos condiciones afectan el desarrollo normal de los cultivos, por lo que se hace necesario eliminar o regular los excesos de agua superficial o subsuperficial.

Tanto para aportar el agua que falta al cultivo como para reducir los excesos existen prácticas agronómicas adecuadas que se soportan en la ingeniería: en el primer caso, el agua se aporta mediante sistemas de riego diseñados según las características físicas del suelo, las condiciones ambientales y los requerimientos del cultivo. Para reducir el impacto de los excesos de agua, se diseñan sistemas de drenaje superficial o subsuperficial, que igualmente tienen en cuenta las características físicas e hidráulicas del suelo, las condiciones ambientales y los requerimientos del cultivo, como se verá en los siguientes capítulos.

Relación suelo-agua

El suelo está compuesto por tres elementos: el suelo como tal, el agua y el aire. La parte sólida es el suelo mismo, que puede corresponder a 50% del total, mientras que el 50% restante corresponde al aire y al agua. Esta proporción de agua, aire y suelo es importante para valorar la capacidad que tiene un suelo para almacenar el agua que necesitan las plantas.

Las características físicas del suelo más relacionadas con la capacidad de almacenamiento o retención de agua son la textura, la estructura y la porosidad.

- La *textura del suelo* es la proporción de las partículas minerales que lo componen, es decir, arenas, limos y arcillas. Por tratarse de una relación entre el contenido de cada una de esas partículas, la textura de un suelo no cambia drásticamente en el tiempo,

aunque sí puede variar por efectos de la erosión. Un suelo arcilloso tiene mayor capacidad de almacenar agua que uno arenoso.

- La *estructura del suelo* es una característica que define la forma como las partículas constitutivas del suelo (arena, limo, arcilla) se unen para formar unidades de mayor tamaño llamadas agregados o terrones. La estructura de un suelo sí puede cambiar como respuesta a las labores agronómicas de un cultivo, en particular, de la mecanización de las tierras.
- La *porosidad* corresponde a la parte del suelo no ocupada por arenas, limos, arcillas o materia orgánica, y está condicionada por la estructura y la textura del suelo. Cuando la porosidad es alta, hay mayor posibilidad de almacenamiento de agua. Un suelo es más poroso en cuanto existe un mayor número de espacios entre las partículas que lo componen, o sea, en cuanto menor es el tamaño de las mismas. Por lo general, un suelo arcilloso es más poroso, y por ende, tiene una mejor capacidad de retención de agua. Un suelo arenoso tiene menor número de espacios entre partículas, pero éstas son de mayor tamaño, y por ello, menor es su capacidad de almacenar agua.

La *retención de humedad* en el suelo es la capacidad natural que éste tiene de mantener una reserva útil para asegurar su equilibrio natural y otra que suministrar agua para el desarrollo de las plantas que crecen sobre él. El suelo nunca está completamente seco, pero no siempre tiene la cantidad de agua necesaria para suministrar la que requieren los cultivos.

Para comprender mejor este concepto, es necesario tener en cuenta que en el suelo pueden existir cuatro tipos de agua: higroscópica, capilar, gravitacional y aprovechable.

Agua higroscópica

Las arenas, arcillas y limos atraen agua, con un efecto similar al de un imán; y la atraen con tanta fuerza y en tal cantidad, que las plantas no logran absorberla toda; por eso no les sirve para su crecimiento y desarrollo.

Agua capilar

Es atraída con una fuerza menor que la higroscópica y se encuentra rodeando las partículas minerales o llenando los espacios o poros entre ellas. Las plantas sí tienen la capacidad de absorber esta agua, pero no totalmente, ya que sólo pueden tomar la que se encuentra en poros de 0,2 a 5,6 micras de diámetro.

Agua gravitacional

Es el agua presente en los espacios o poros mayores de 5,6 micras, y es la más visible por el hombre, debido a que se observa después de cada lluvia. Puede ser aprovechada por las plantas mientras permanece en los poros del suelo, ya que –por efecto de la fuerza de gravedad– se desplaza hacia abajo, a través del perfil del suelo. Tal desplazamiento se llama *percolación*.

Agua aprovechable

Según los conceptos anteriores, el suelo es un reservorio de agua para las plantas, y esta capacidad de reserva depende de las características físicas y las propiedades que tiene para fijar o retener agua. Por ejemplo, después de una lluvia intensa, el suelo tiene todos sus espacios o poros llenos de agua (ilustración de la izquierda, Figura 31). Si existe buen drenaje natural, el agua que ocupa los poros más grandes es desalojada por la fuerza gravitacional, proceso que puede tomar de 24 a 48 horas según las características físicas de cada suelo; justo en ese momento, se dice que el suelo se encuentra a *capacidad de campo*, es decir, que el agua está disponible para ser absorbida por las plantas (ilustración central, Figura 31).

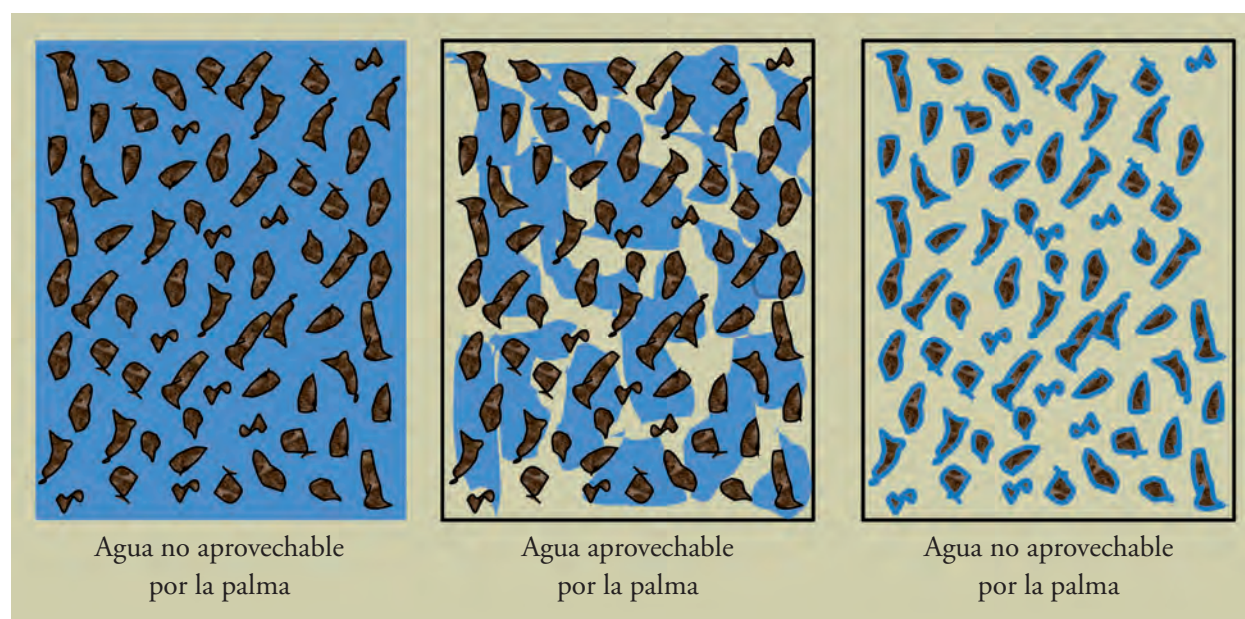


Figura 31. Diagrama de la disponibilidad de agua para la palma en el suelo.

Cuando el agua está disponible, las plantas la absorben, pero si no es restituida por la lluvia o por la aplicación de riego, se agota gradualmente la capacidad de campo y sólo queda el agua fijada por el suelo, que no puede ser utilizada por las plantas (ilustración de la derecha, Figura 31). A partir de este momento, comienza

lo que se conoce como *punto de marchitez permanente*, cuyo efecto en el campo da lugar a los síntomas típicos de marchitamiento en las palmas, tal como muestra la Figura 32, en la que una palma –además de acumular cierta cantidad de flechas– comienza a perder su color verde y a ablandarse sus tejidos foliares.

En términos cuantitativos, lo anterior significa que cuando llueve en forma suficiente, el suelo llena todos sus poros, o sea, que hay *saturación*. En este momento, la fuerza de atracción del suelo sobre el agua es de 0 y la unidad de fuerza de atracción se llama kilo pascales (kPa); cuando el suelo está a capacidad de campo, dicha fuerza es de 10 a 30 kPa; y cuando llega al punto de marchitez permanente, la fuerza es de 1.500 kPa.

Las plantas sólo pueden absorber el agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, y cada especie de planta o cultivo tiene un rango específico para absorber el agua.

Relación planta-agua

La relación entre el agua y la planta no es ajena a la que existe entre el suelo y el agua. Cuando la palma participa en esta relación, ocurre una serie de procesos de carácter biológico mediante los cuales el agua va del suelo a la planta y de la planta a la atmósfera. Ellos son la absorción, la transpiración y la evapotranspiración.

Absorción

La palma absorbe el agua por las hojas y por las raíces, pero es más importante y mayor la cantidad que absorben las raíces. La facilidad o dificultad de absorción está dada por la cantidad de agua aprovechable en el suelo.

En la medida en que el contenido de agua en el suelo se aproxima al punto de marchitez permanente, la palma hace lenta o nula la absorción y reacciona marchitándose de manera gradual.

Transpiración

Es el agua que, después de llegar a la planta, pasa a la atmósfera en forma de vapor de agua. Del total de agua que absorbe una planta, sólo de 1 a 2% es utilizada para la formación de sus estructuras vegetativas y reproductivas; el agua restante pasa a la atmósfera, o sea que es transpirada por la planta.

El fenómeno de la transpiración está determinado por factores propios de la planta, del clima e incluso del

suelo. La transpiración es la fuerza que genera el movimiento del agua desde las raíces hacia las hojas, y de éstas hacia la atmósfera. El agua que la planta absorbe trae consigo una serie de nutrientes del suelo, y al pasar por toda ella, va dejándole los nutrientes que requiere.

Evapotranspiración

Es la cantidad de agua absorbida por la planta y transpirada por ella, más la que se evapora desde el suelo en el que se encuentra el cultivo. Esta cantidad varía para el mismo cultivo según las condiciones ambientales, el tipo de suelo e incluso el tipo de material genético cultivado en él. Por esta razón, no se considera un elemento decisivo para determinar la necesidad de agua para el cultivo.

Requerimientos de agua para un cultivo de palma

Para estimar las cantidades de agua que demanda un cultivo de palma de aceite, es necesario realizar una contabilidad detallada de las entradas y las salidas de agua, y conocer las necesidades del cultivo. Las entradas son el agua lluvia y la aportada por riego. Las salidas son el agua absorbida, la transpirada, la que se evapora del suelo y la que se va a las corrientes subterráneas.

Los cálculos requieren de procedimientos que normalmente son manejados por profesionales experimentados en el tema. Sin embargo, es aceptado que la palma de aceite demanda entre 5 y 8 milímetros por día.

La palma de aceite debe recibir riego cuando las condiciones naturales de la lluvia no aportan lo suficiente para que disponga diariamente de sus requerimientos de agua. Normalmente, esto ocurre en zonas de baja precipitación durante todo el año, como la Zona Norte de Colombia, y en zonas con veranos prolongados y lluvia mal distribuida en el año, como sucede en parte de las zonas Oriental y Central. La Figura 32 muestra un cultivo de palma afectado por un verano prolongado.



Figura 32. Palma con falta de riego.

Por el contrario, cuando la cantidad de agua lluvia o la almacenada por el suelo es excesiva, debe eliminarse la sobrante, para permitir a la palma absorber la que necesita.

En este caso, la acción indicada consiste en eliminar los excesos sobre el suelo, mediante el drenaje superficial, y los excesos dentro del perfil del suelo, mediante el drenaje subsuperficial. La Figura 33 muestra un cultivo de palma inundado por los excesos de lluvia y acumulación superficial del agua.



Figura 33. Cultivo inundado por exceso de lluvia.

Riego y drenaje en cultivos de palma de aceite

Introducción

Describe la importancia del riego y del drenaje en los cultivos de palma de aceite, así como los principales sistemas de riego y drenaje utilizados en ellos.

Sistemas de riego

Riego superficial

El riego superficial, también llamado por gravedad, es un sistema apto principalmente para terrenos planos y previamente nivelados, sin lo cual las pérdidas de agua serían elevadas. Es el sistema que consume más agua, pues consiste en llevar al cultivo el agua que éste necesita, por canales, desde una fuente principal. Las fuentes para el agua de riego son variadas, generalmente, ríos, quebradas, o pozos profundos, entre otras.

Luego de ser conducida hasta la finca o plantación, al agua se distribuye al interior de los lotes, bien sea por surcos, inundación a la totalidad del terreno, o por inundación de melgas.

Cuando el agua es distribuida por surcos, se construyen zanjas cada una o dos líneas, desde el borde del canal que lleva el agua al lote hasta el extremo del mismo.

Las melgas consisten en levantar dos bordas (o camellones) paralelas, a lo largo de una o dos líneas de palma, en forma perpendicular o diagonal al canal de riego o regadora del lote.

El riego por inundación consiste en permitir la entrada libre del agua a cada lote y conducirla hasta todas las palmas. Para ello, se eleva el nivel del agua dentro del canal que pasa por el borde de cada lote, induciendo así su desbordamiento controlado hacia el interior del mismo; luego, con la ayuda de la pala, se conduce el agua hacia todas las palmas. La Figura 34 muestra un canal con el agua lista para desbordar hacia el lote, y la 6, a un operario conduciendo el agua con pala hacia las palmas.

En cualquiera de los tres sistemas de inundación, el agua permanece en el lote hasta penetrar el perfil del suelo lo suficiente para que éste almacene el agua necesaria para atender los requerimientos básicos del cultivo.



Figura 34. Canal listo para desbordarse hacia el lote.



Figura 35. Conducción de agua hacia las palmas de aceite.

Canales de riego. Siempre se localizan en las partes más altas del terreno, de forma que sea posible liberar el agua hacia el cultivo por desborde del canal o mediante el uso de sifones. La Figura 36 muestra un canal para la conducción de agua en un predio donde se riega por inundación; como se aprecia en la figura, la superficie del agua está más elevada que la superficie del lote de cultivo.



Figura 36. Canal de conducción para agua de riego.

Diseño de canales. Para el diseño de canales de riego y drenaje, se determinan y localizan las variaciones del nivel del suelo mediante la altimetría. Un plano altimétrico localiza e identifica las elevaciones y los bajos de la finca mediante las curvas de nivel.

Una curva de nivel es una línea que une todos los puntos que tienen la misma altura en un terreno. Por eso, un plano de curvas de nivel, al localizar las partes altas y bajas del terreno, permite diseñar con bastante precisión la red de canales que han de llevar el agua hacia los lotes y evacuar los excesos de la misma desde su interior.

Para el diseño de los canales de riego y drenaje, los técnicos escogen una pendiente entre el 0,5 y el 1 por mil (Figura 37), en donde una pendiente del 1 por mil se representa por una línea que une los puntos A y B, que se encuentran a una distancia de mil metros uno del otro. La diferencia de altura entre ellos es de un metro, y desde A –que es más alto– se desplaza el agua en bajada hasta B. Con esta pendiente, es posible mover agua a una velocidad de conducción de 0,75 a 1,2 metros por segundo. Una velocidad inferior incrementa la sedimentación y una velocidad mayor puede erosionar los canales.

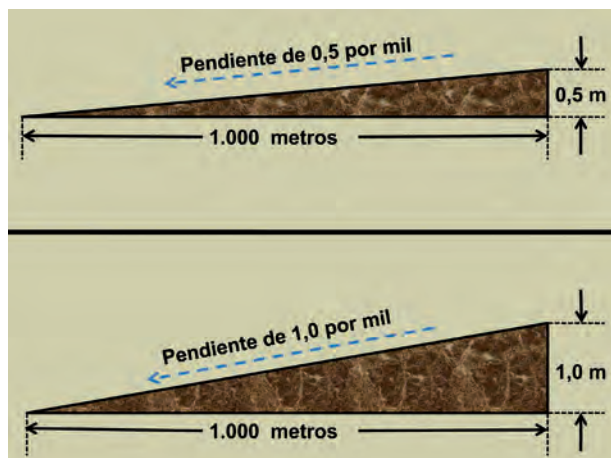


Figura 37. Ilustración gráfica de la pendiente del terreno de 0,5 y al 1,0 por mil.

La forma más adecuada para construir un canal es la trapezoidal. La Figura 38 muestra tres tipos de canal, así como las dimensiones promedio recomendadas, de acuerdo con las escalas horizontal y vertical de dicha figura.

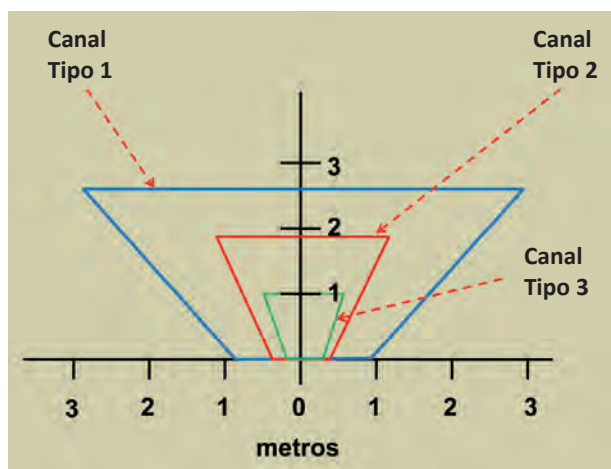


Figura 38. Ilustración gráfica de dimensiones promedio para la construcción de canales.

El canal Tipo 1 representa los canales primarios de drenaje que conducen los excesos de agua de drenaje a los ríos o caños, y los canales primarios de riego que conducen el agua desde la fuente hasta la entrada de la finca o plantación; generalmente, este tipo de canal se construye dentro y fuera del área de cultivo.

El canal Tipo 2 representa los canales secundarios de drenaje que recogen los excesos de agua de los lotes y los drenajes primarios, y los canales de riego secundarios que llevan el agua desde el principal hasta cada uno de los lotes.

El canal Tipo 3 representa los canales de drenaje terciarios que llevan los excesos de agua desde el interior hasta el drenaje secundario, y los canales terciarios que conducen el agua desde el canal secundario hasta el interior de cada lote.

Otras consideraciones técnicas para el diseño de canales, además de las especificaciones señaladas, son las siguientes:

- Los planos de altimetría utilizados para el diseño son de escalas 1:2.500 a 1:5.000.
- El canal de riego se diseña por la parte más alta del terreno a regar, preferiblemente por las áreas de lindero.
- La cota del agua, es decir, la altura de la superficie del agua respecto de la del terreno, debe estar por lo menos a 20 centímetros por encima del suelo.
- Los canales de drenaje se construyen por la parte más baja del lote, para permitir la evacuación por gravedad.
- Los canales de conducción del agua pueden ser de tres clases: por excavación, en terraplén, o mixtos, como muestra la Figura 39.

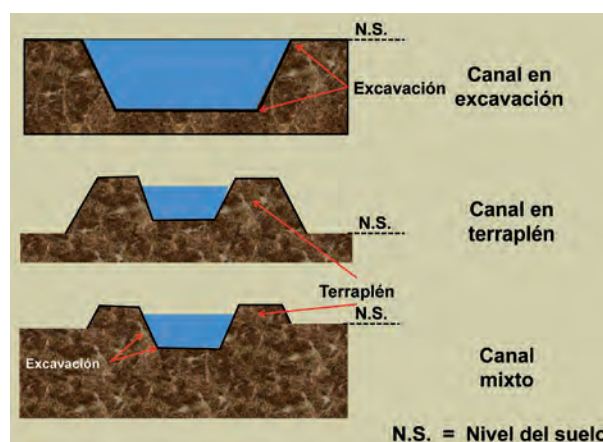


Figura 39. Ilustración gráfica de los diferentes tipos de canal.

Riego por aspersión

A diferencia del sistema de riego por superficie, el de aspersión es un método más eficiente en el uso del agua y ofrece las siguientes ventajas:

- Simula la lluvia natural.
- Requiere menor cantidad de agua.
- Posibilita la automatización de la aplicación del agua.
- Es posible aplicar los fertilizantes simultáneamente con el riego, cuando se utiliza la microaspersión.
- No requiere canales ni obras hidráulicas que disminuyen el área efectiva para el cultivo.
- Es apto para cualquier condición topográfica del terreno, por lo que éste no requiere de nivelación previa.
- Se adapta a todo tipo de suelos y condiciones del cultivo.
- Requiere menor cantidad de mano de obra que el riego superficial.
- Tiene una eficiencia entre 60 y 80%.

Las desventajas más importantes del riego por aspersión son las siguientes:

- Su costo inicial de instalación es elevado.
- Su consumo de energía o combustible es elevado cuando se opera desde motobombas diésel.
- Plantea continuos requerimientos de agua de buena calidad. Por lo general, requiere equipos especializados en filtrado preliminar del agua.

Los principales componentes del sistema de riego por aspersión son:

- El sistema de motobomba.
- Las tuberías principales y laterales.
- Los aspersores o rociadores.
- Los accesorios (válvulas, uniones, elevadores, etc.)

Las tuberías pueden ser en aluminio o en PVC a presión. Los aspersores tienen gran variedad de for-

mas, tamaños y caudales. Un aspecto de la mayor importancia es la calibración del sistema durante el diseño, lo cual garantiza la aplicación cabal de los requerimientos hídricos del cultivo.

Riego subsuperficial

Consiste en el manejo del agua subsuperficial en un área de cultivo, lo que se logra con los canales de drenaje. Estos se taponan o cierran mediante estructuras hidráulicas de control, para elevar el nivel freático y permitir el acercamiento del agua subsuperficial al sistema de raíces del cultivo. No es un sistema común en el cultivo de la palma de aceite.

Riego por goteo

El sistema de riego por goteo, además de las ventajas mostradas para el sistema de riego por aspersión, es el método más eficiente en lo referido al consumo de agua, pues ofrece a cada palma la cantidad de agua que necesita, e incluso permite la aplicación de los fertilizantes básicos para el cultivo. Tiene las desventajas de dificultar la supervisión del riego, por estar enterrado, y de demandar una mayor frecuencia de aplicaciones, ya que el caudal aplicado es inferior al del riego por aspersión.

Los principales componentes del sistema de riego por goteo son los siguientes:

- El sistema de motobomba
- El tanque de fertilización
- Los filtros
- Los registros de caudal y los controles de regulación de presión
- Las tuberías principales y laterales y las líneas de goteros.

Otros sistemas de riego

Recipientes plásticos. En algunas zonas agrícolas de Argentina, se ha ensayado con buenos resultados la utilización de botellas plásticas de bebidas gaseosas, para aplicar riego al cultivo de tomate. La técnica consiste en reciclar las botellas vacías, llenarlas con agua y

colocarlas regularmente sobre los surcos de tomate; de esta manera, se reduce el impacto del estrés hídrico, que es superior a los 400 milímetros por año.

A las botellas se les hace una perforación de unos 2 milímetros de diámetro, y la salida del agua se regula abriendo o cerrando más la tapa roscada. La Figura 40 muestra una palma con un recipiente de plástico con capacidad de 4 litros; también pueden utilizarse reci-



Figura 40. Recipientes de plástico para suministrar riego localizado a las palmas.

pientes de mayor capacidad durante las épocas críticas de verano.

Bombas de pedal. Este sistema –que ha sido muy exitoso en algunos países del sur de Asia– consiste en utilizar un equipo económico de bombeo a pedal, con el cual se extrae agua de fuentes poco profundas. La Figura 41 muestra un agricultor que extrae agua con este tipo de bomba.



Figura 41. Bomba de pedal para captar agua de fuentes cercanas, utilizada en Vietnam.





Unidad Temática III. Alternativas para suplir de agua un cultivo de palma de aceite

Drenajes	41
Mantenimiento de canales de riego y drenaje.....	43
Introducción	43
Mantenimiento rutinario.....	43
Mantenimiento correctivo	45
Mejoramiento del sistema.....	45
Equipos y herramientas para el mantenimiento de canales de riego y de drenaje.....	46

Drenajes

Sistemas de drenaje

El drenaje agrícola está orientado al manejo de los excesos de agua en áreas cultivadas. De acuerdo con el origen de los excesos de agua, es drenaje superficial o drenaje subsuperficial.

El drenaje superficial consiste en la remoción de los excesos de agua acumulados sobre la superficie del terreno, por causa de las lluvias principalmente, o por el desbordamiento periódico de otras fuentes de agua, como ríos o quebradas.

El drenaje subsuperficial consiste en modificar la profundidad del agua subterránea (o el nivel freático de

los terrenos), según los requerimientos del cultivo. En el caso de la palma de aceite, se busca que dicho nivel se encuentre entre 70 y 100 centímetros de profundidad, ya que una menor profundidad afecta el normal desarrollo de las raíces de la planta.

Los profesionales con experiencia en riego y drenaje disponen de varios referentes para el diseño de estos sistemas: entre ellos, se destacan los planos de altimetría del terreno, el comportamiento del agua en el suelo y los requerimientos del cultivo. La Figura 42 muestra la ampliación de un área, donde las curvas de nivel del terreno han permitido identificar la dirección natural de las pendientes, con lo que ha sido posible determinar los sitios más convenientes para la construcción de los canales de drenaje.

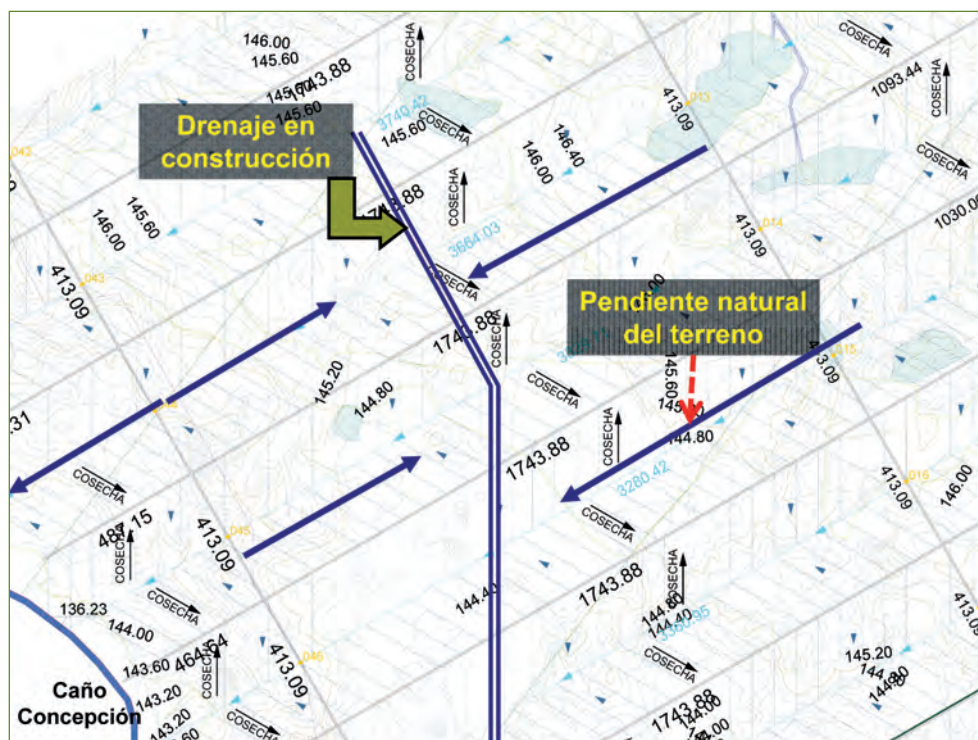


Figura 42. Plano de altimetría y diseño parcial de canales de drenaje.

Tipos de drenajes

Los drenajes pueden ser abiertos o enterrados; los primeros son los más comunes en los cultivos de palma. Los drenajes enterrados son tuberías perforadas que permiten que los excedentes de agua subsuperficial entren y sean evacuados en fuentes receptoras.

Los drenajes abiertos pueden tener una distribución variable en el terreno, de acuerdo con el grado de su pendiente y la orientación de la misma; pueden tener forma de rejas, de espina de pescado o no tener ningún patrón regular. La Figura 43 muestra un canal de drenaje construido antes del establecimiento del cultivo.



Figura 43. Canal terciario de drenaje en un cultivo de palma.

Los drenajes y el cultivo de palma

Debido a que en los cultivos de palma de aceite la mayoría de drenajes son abiertos, su diseño corresponde y armoniza con el tipo de actividad que allí se realizan. En algunas plantaciones, el diseño de los sistemas de riego y drenajes determina finalmente el tamaño y forma de los lotes. Sin embargo, otra corriente de técnicos diseña los lotes teniendo en cuenta, en primer lugar, la logística de la cosecha, para luego complementarlo con las consideraciones de topografía de las áreas de cultivo y la distribución de canales de riego o drenaje.

La palma de aceite es un cultivo que se cosecha cada diez a doce días, en forma continua durante aproximadamente 25 o más años. Por tal razón, el diseño del cultivo, con sus vías y canales de riego o drenaje, debe guardar armonía con las actividades de cosecha, ya que cada diez días se entra a un mismo lote para cortar fruto maduro, recolectarlo, transportarlo hasta el borde de la vía, y luego, a la planta de beneficio. El recorrido dentro de cada lote sigue un patrón como muestra la Figura 44, en la que el equipo de cosecha se desplaza trabajando en dos líneas simultáneamente.

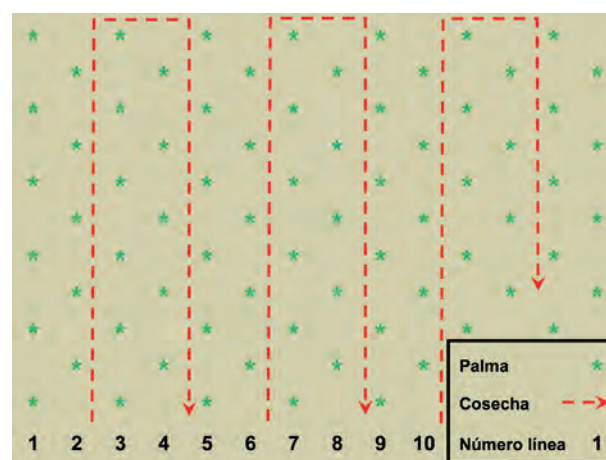


Figura 44. Diagrama del recorrido realizado para cosechar en cultivos de palma de aceite.

Este tipo de recorrido identifica un parámetro de diseño importante, en el que los drenajes se deben construir preferiblemente cada dos, cuatro, seis u ocho líneas. A manera de ilustración, y sin olvidar que los lotes pueden tener formas y tamaños variados, la Figura 45 muestra el diagrama de un lote de palma en el cual hay tres tipos de frecuencia de canales de drenaje, cada dos, cada cuatro y cada ocho líneas; también se observan los recorridos para realizar la cosecha en cada uno de estos tres arreglos. En el caso de los drenajes cada dos líneas, es necesario construir puentes o pasos con tubos, para permitir el giro de los equipos de transporte dentro de los lotes.

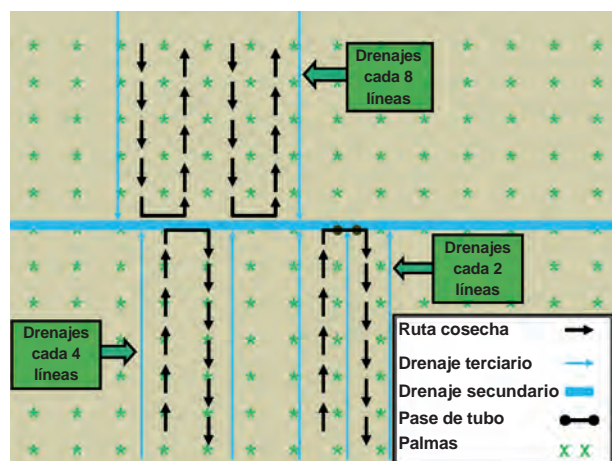


Figura 45. Diagrama de la distribución de canales de drenaje en un lote de cultivo.

Además de los requerimientos para la cosecha, la frecuencia de los canales también está relacionada con las características físicas e hidráulicas del suelo, mientras que la orientación de los canales está más relacionada con la pendiente del terreno y la forma de los lotes.

Mantenimiento de canales de riego y drenaje

Introducción

Trata sobre el mantenimiento de la red de canales de riego y drenaje: los mantenimientos rutinarios, como el control de malezas, el retiro de sedimentos, la siembra de coberturas para proteger los taludes del canal, y las reparaciones o correctivos al sistema e instalación de canaletas de aforo. También se describen el mantenimiento correctivo y de mejoramiento del sistema de canales, labores que garantizan condiciones óptimas de operación y eficiencia.

La construcción de los canales de riego y drenaje es parte del diseño y establecimiento de la plantación de palma. Ya en operación, el sistema requiere de mantenimiento, el cual puede ser rutinario, correctivo y de mejoramiento del sistema.

Mantenimiento rutinario

Consiste en la serie de actividades que se realizan permanentemente para garantizar la operación de todo el sistema. Entre ellas, se destacan las siguientes:

- Control de malezas en las márgenes de los canales
- Retiro del sedimento de los canales y las estructuras
- Siembra de coberturas para bordes y taludes
- Reparaciones o correctivos al sistema de compuertas, a las estructuras de aforo, a las bombas y motores averiados
- Instalación de canaletas de aforo

Control de malezas

Los canales de conducción de agua desde las fuentes hacia los lotes, o de estos hacia los drenajes naturales requieren de un control adecuado de malezas para garantizar su funcionalidad.

En los canales de riego, esta actividad se ejecuta cuando no está operando el sistema, por ejemplo, al finalizar la temporada de riego y una semana antes de iniciar la época seca.

En un sistema de drenajes, tal actividad se desarrolla antes o al final de la época lluviosa.

El control de malezas en los canales está dirigido a las que se desarrollan en el talud, en los bordes del canal y en la plantilla (Figura 46).

En los bordes o costados de los canales, los controles de malezas están dirigidos a mantener su altura por debajo de los 30 centímetros y a despejar una franja entre 0,5 y 2,0 o más metros a cada costado del canal, según su tamaño. Entre más grande sea el canal, mayor será la distancia a despejar de malezas. Las malezas que crecen sobre el talud y la plantilla se eliminan con pala y a veces con herbicidas. El control de malezas en canales fue descrito en la cartilla *Labores culturales del cultivo*. El control químico se recomienda ocasionalmente, ya que su uso excesivo induce la erosión de los taludes del canal.

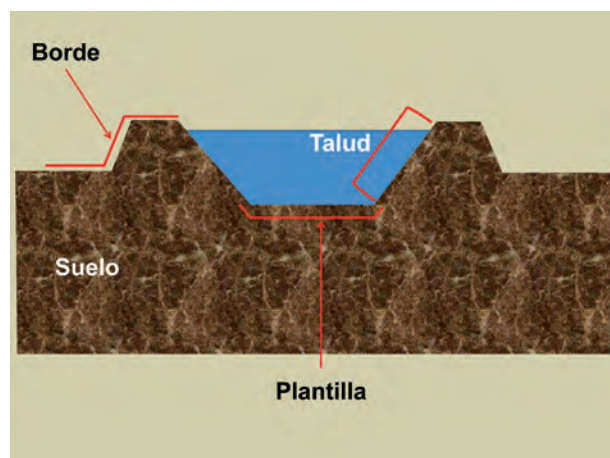


Figura 46. Diagrama de las partes de una canal.

Retiro de sedimentos de los canales

Esta actividad debe programarse al finalizar la temporada de riego. Sin embargo, en caso de emergencia, y por sedimentación excesiva, se ejecuta entre dos eventos de riego. Por lo general, si se trata de los canales de drenaje, los sedimentos se retiran después de terminar o justo antes de iniciar una temporada de lluvias. Cuando son canales de drenaje, los sedimentos se retiran poco antes de terminar la época lluviosa o al comenzar la época seca.

Siembra de coberturas en bordes y taludes

Esta actividad consiste en proteger de la erosión a los taludes de los canales de riego o drenaje, ya que al construirlos quedan desnudos y expuestos a las condiciones erosivas del clima, como el viento y el agua lluvia. De la misma manera como se favorece el establecimiento de leguminosas en los cultivos, también es necesaria la cobertura vegetal en los canales, para reducir su erosión, tanto en bordes como en taludes.

Cuando se establecen estas especies protectoras, no se acostumbra aplicar controles químicos, para evitar su desaparición y el consecuente daño progresivo de los canales. Sólo se controla su altura, para evitar que ella reduzca la velocidad del agua dentro del canal. De esta manera, la especie vegetal establecida, a

la que se someta al control mecánico o manual de su altura de crecimiento, sirve como cobertura natural y prolonga la vida de los taludes y bordes (Figura 47).



Figura 47. Vegetación recortada mecánicamente en plantilla, talud y borde del canal.

Reparaciones o correctivos al sistema

Por formar parte del mantenimiento rutinario, el supervisor de campo debe realizar inspecciones periódicas a todo el sistema.

El sistema comienza en los sitios de entrada del agua al predio (que generalmente son la bocatoma localizada al borde del río o quebrada o la compuerta de paso del distrito de riego) y termina en cada lote del cultivo. El sistema de drenaje se inspecciona desde los puntos de salida de agua de los lotes hasta el sitio del colector natural, donde confluyen las aguas de drenaje, por ejemplo, un río o caño. El sistema de riego y drenaje puede requerir de motobombas u otras estructuras de control, que también deben ser objeto de las inspecciones.

Las inspecciones al sistema de riego se realizan cada vez que comienza un riego y cuando está por terminar, mientras que las inspecciones al sistema de drenaje se hacen después de cada evento de lluvias o al terminar el riego. Sólo de esta manera es posible detectar fallas en los equipos o estructuras de control hidráulico. Las co-

recciones deben realizarse de manera inmediata, ya que la conducción del agua puede verse disminuida o excedida, y provocar inundaciones o daños en los cultivos.

Las reparaciones más comunes en un sistema de riego y drenaje son las siguientes:

- Engrase de las compuertas, actividad que permite operar con facilidad los tornillos de control para abrir y cerrar las compuertas que regulan el paso del agua.
- Pintura a las placas y accesorios metálicos de compuertas, actividad permanente que evita que el metal se oxide y se deteriore por el contacto permanente con el agua.

Instalación de canaletas de aforo

Esta actividad de mantenimiento rutinario consiste en colocar –en sitios estratégicos del sistema de riego– estructuras diseñadas para medir los caudales de agua que cruzan a través de ellas. Las canaletas permiten medir la cantidad de agua que se estima deben ingresar a un área determinada; por tanto, le sirven al agricultor para usar el agua estrictamente necesaria para cada lote del cultivo.

Mantenimiento correctivo

El segundo tipo de mantenimiento de canales y drenajes tiene carácter correctivo y consiste en la reparación o corrección de fallas mayores que pueden afectar la infraestructura de canales o que requieren de obras de control hidráulico; por ejemplo, la reparación de grietas y de filtraciones excesivas, el control de inundaciones, las averías graves de las bombas o motores, o los daños causados por desastres naturales.

Para atender este tipo de situaciones debe existir un buen sistema de comunicaciones que permita interrumpir el flujo de agua, llegar al lugar e iniciar los correctivos oportunamente.

Mejoramiento del sistema

El mejoramiento del sistema es necesario debido a que el diseño original nunca es perfecto y se presentan difi-

cultades con la filtración, la velocidad de conducción, la accesibilidad del agua a las áreas de siembra, y otro tipo de irregularidades que se deben corregir gradualmente, tal como se describirá a continuación.

Corrección de la filtración

La filtración de un canal conduce a una alta ineficiencia en el uso del agua, lo cual obliga a modificar las especificaciones originales del diseño. En algunos casos, se hace necesario revestir el canal con cemento u otro tipo de material; y en casos extremos, conducir el agua, en largos tramos, por tubería. Las figuras 48 y 49 muestran dos canales de riego: uno está revestido con plástico y el otro con cemento. En ambos casos, la medida correctiva eliminó un elevado porcentaje de pérdidas por filtración.



Figura 48. Revestimiento de canal con plástico.



Figura 49. Revestimiento de canal con cemento.

Corrección de la velocidad de conducción

En algunas oportunidades, el diseño calculó una pendiente muy leve que induce el crecimiento vigoroso de malezas. Ello demanda realizar modificaciones para hacer más rápido el flujo. También puede ocurrir lo contrario, cuando la pendiente es mayor del uno por mil e induce erosión en el talud del canal.

Corrección para mejorar la accesibilidad a áreas de siembra que presentan obstáculos naturales

Es normal que al llevar agua a algunas áreas del cultivo se presenten obstáculos naturales, como quebradas, drenajes, hondonadas, u obstáculos de otro tipo, como un vecino hostil. En cualquiera de tales casos, es necesario diseñar obras especiales sobre o bajo el terreno.

Las figuras 50 y 51 muestran dos situaciones diferentes, en las que sendos drenajes naturales constituyen obstáculos para conducir el agua de riego. La solución para cruzar sobre ellos fue la construcción de pasos elevados con tubería metálica y en cemento.



Figura 50. Paso elevado con tubo metálico.

Por lo general, este tipo de obra para el mejoramiento del sistema se realiza durante épocas de verano,

aun cuando para ello sea necesario suspender el suministro de agua al cultivo en forma temporal.

Ocasionalmente, puede ocurrir otro tipo de situación, como la de un canal que no alcanza la altura suficiente para ingresar el agua a los lotes. En este caso, una solución puede ser bombear el agua desde el canal, con la ayuda de una motobomba estacionaria, tal como muestra la Figura 52.

Equipos y herramientas para el mantenimiento de canales de riego y de drenaje

Control de malezas

Para controlar las malezas en los bordes de los canales, se utilizan el machete, el azadón y la guadaña; para controlarlas en el talud y la plantilla, se utilizan la pala y eventualmente la retroexcavadora.



Figura 51. Paso elevado con tubo de cemento.

Retiro de sedimentos

Para retirar sedimentos, lo más normal es la utilización de palas, con las que se perfila nuevamente el talud y la plantilla del canal.



Figura 52. Elevación del agua desde un canal de riego a un lote.

Cuando se trata de canales de gran tamaño, lo usual es el empleo de la retroexcavadora, para retirar los sedimentos. Cualquiera de estas actividades exige que el canal no se encuentre en uso.





Unidad Temática IV. Alternativas de riego para la palma de aceite

Introducción	51
Criterios agronómicos para la aplicación de riego	51
Aplicación de riego al cultivo	52
Programación del riego	52
Riego por gravedad	53
Riego presurizado	55
Técnicas de conservación de la humedad del suelo para cultivos de palma de aceite	57
Introducción	57
Protección de la superficie del suelo	57
Reducción de la escorrentía superficial y mejoramiento de la infiltración del agua	59
Manejo de información administrativa y normatividad ambiental y de salud ocupacional	62
Introducción	62
Representación gráfica de las labores de campo	63
Normas de preservación del ambiente en el mantenimiento de canales, aplicación de riego y control de humedad del suelo	65
Implementos de protección personal requeridos para las labores culturales	65
Glosario	66

Introducción

Se refiere a la aplicación del riego al cultivo, según los diferentes métodos utilizados, a saber: el riego por gravedad y el riego presurizado, ya sea por aspersión o por goteo; también hace referencia a los criterios técnicos para el mantenimiento de equipos del riego a presión.

Criterios agronómicos para la aplicación de riego

Antes de describir los sistemas de riego y su forma de operación, es importante conocer dos términos relacionados con la falta de agua y los requerimientos hídricos del cultivo: el *estrés hídrico* y el *tiempo de riego*.

Estrés hídrico

Es una reacción de las palmas ante la falta de agua para suplir sus procesos metabólicos. Por lo general, ocurre cuando la humedad del suelo se ha disminuido drásticamente, y las lluvias o el riego no se aplican oportunamente. La reacción usual de las palmas es incrementar la cantidad de hojas flecha, lo que ocurre después de varios días sucesivos sin lluvia, como muestra la Figura 53. El número de días para que ocurra tal reacción varía según el tipo de suelo, las condiciones climáticas y el material genético cultivado. Si hay oportunidad de aplicar riego, nunca se debe esperar a llegar a tal estado; lo usual es prolongar la humedad del suelo y evitar el estrés hídrico de las palmas.



Figura 53. Lote de cultivo de palma con déficit hídrico prolongado.

Tiempo de riego

Es la duración de una aplicación de riego. Cuando se trata de sistemas por inundación, es el tiempo que demora el agua dentro del lote, los surcos o las melgas; y si es por presión, es el tiempo que permanecen los aspersores o los goteros aportando agua al suelo.

En todas estas situaciones, es necesaria la instrucción directa del asistente técnico, ya que la determinación de ese tiempo está relacionada con las características físicas e hidráulicas del suelo, las condiciones del clima y los requerimientos del cultivo según su edad.

Aplicación de riego al cultivo

El suministro de agua de riego para el cultivo requiere de una administración particular, ya que en ocasiones el recurso hídrico es suministrado por una organización diferente de la propia, es decir, por un distrito de usuarios de riego.

Los distritos de riego tienen una administración y organización particular, por lo cual se debe tener en cuenta una serie de factores antes de solicitar el suministro de agua:

- Los requerimientos específicos del cultivo
- La solicitud de riego
- La asignación de caudal y turno
- El aforo del caudal asignado
- El pago del agua consumida

Cuando el operador del sistema de riego es diferente al grupo de los productores, el técnico se debe familiarizar con las relaciones entre productores y proveedores del agua.

Lo que realmente interesa a un agricultor en un distrito de riego es el suministro del agua en condiciones de plena libertad para elegir el momento de su aplicación, la cantidad de agua a aplicar y la duración de la aplicación. Estas son las condiciones que ofrece un acueducto público, cuyo sistema de tuberías y válvulas de control así lo permiten, de manera que los usuarios del sistema puedan utilizar el agua en cualquier momento, o cerrar una llave sin afectar al vecino.

Sin embargo, los sistemas de riego más utilizados en el mundo son los que conducen el agua por canales abiertos en los que el agricultor no puede abrir y cerrar las compuertas a su antojo; y si ello ocurre, origina conflictos, porque si muchos agricultores abren las compuertas, quienes se encuentran aguas abajo no recibirán el líquido, mientras que si las cierran e interrumpen el riego, pueden ocasionar el desbordamiento del canal.

Programación del riego

Antes de toda programación, el técnico debe comprender que el agua conducida por un canal de un distrito de riego puede abastecer a varios agricultores y que para atender las necesidades de cada uno de ellos se planea una forma de entrega específica de acuerdo con sus necesidades; por ejemplo: un canal con caudal máximo de conducción de 60 litros por segundo (l/sg) suministra agua simultáneamente a diez fincas del mismo tamaño.

La Figura 54 representa las diez fincas a lo largo de un canal con capacidad de conducción de 60 l/sg, de donde se reparte equitativa y simultáneamente agua a todas ellas mediante la entrega de 6 l/sg, por vez, a cada una, lo cual equivale a 1/10 del caudal (Q) del canal. Para esto, se abren al mismo tiempo las compuertas de control de todas las fincas.

Existen también otras formas de entrega del caudal a las fincas; está el sistema rotacional, según el cual se entregan los 60 litros a cada finca en forma individual y se ajusta el tiempo para que sea posible entregar esa cantidad de agua a todos los predios en un lapso determinado.

Para programar la aplicación de riego, es necesario conocer los requerimientos del cultivo, y con esta información, solicitar el caudal y la frecuencia de entrega al operador del distrito de riego. Así, el operador programa en el calendario de asignación a varios predios desde un mismo canal.

Es importante advertir que el tiempo de riego o duración de la aplicación de agua en un cultivo es determinado por el asistente técnico del mismo, ya que ese tiempo no sólo depende del sistema de riego utilizado, sino también del cultivo, de su edad y de las características físicas e hidráulicas de cada suelo en particular. Ya dentro del predio, el agua puede ser utilizada de diferentes formas, según el método de riego empleado por cada agricultor, bien sea presurizado o por gravedad. A continuación se describen estos dos sistemas de riego.

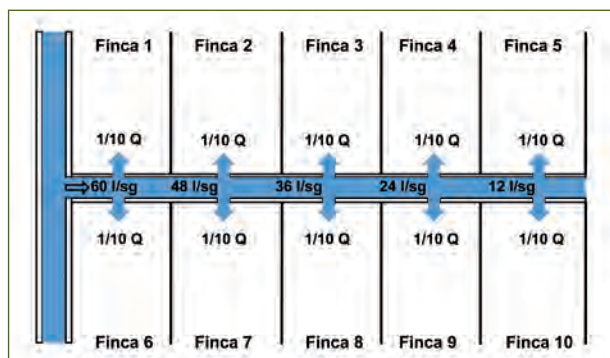


Figura 54. Diagrama de distribución de agua a diez predios desde un canal principal.

Riego por gravedad

Descripción general

Es el sistema más utilizado para aplicar riego en las plantaciones de palma de aceite en Colombia, particularmente, en las zonas Norte y Oriental.

Este sistema consiste en tomar el agua de una fuente confiable, por lo general, un río, ya que proporciona un flujo casi constante. La Figura 55 muestra un embalse en una plantación, que es alimentado por el agua de un río durante la época de lluvias, y utilizado para regar en la época seca. La Figura 56 muestra una bocatoma para derivar el agua desde un río y utilizarla en forma directa para el riego del cultivo.

En ambos casos, se dispone de una red de canales de conducción para llevar el agua hasta los lotes de palma, y eventualmente, hasta ciertos sectores dentro de cada lote de cultivo.



Figura 55. Embalse construido para riego.



Figura 56. Bocatoma para captación de agua desde un río.

El riego por gravedad tiene varias modalidades; entre las más utilizadas cuentan el riego por inundación, por melgas y por surcos.

Operación del sistema

El agua se conduce desde la fuente hasta los bordes de cada lote, independientemente de si se trata de riego por inundación generalizada, por surcos o por melgas. Los aspectos que se deben tener en cuenta para la operación del sistema son los siguientes:

- La apertura de la estructura de control de salida de agua del embalse de la entrada de la bocatoma del río. Por lo general, es una compuerta metálica que permite el flujo directo hasta los bordes de los lotes de cultivo.
- La revisión del avance de agua dentro del canal, para garantizar la llegada del líquido a cada lote.
- La elevación del nivel de agua en el canal de cada lote, para permitir su desbordamiento hacia el interior del mismo, como muestra la Figura 57.
- La conducción del agua hasta las palmas, de acuerdo con el tipo de riego usado.



Figura 57. Taponamiento de un canal para regar un lote.

Riego por inundación generalizada

Para regar por inundación, los lotes de cultivo deben ser previamente nivelados; de lo contrario, la eficiencia del sistema es muy baja.

Para llevar el agua al cultivo, se eleva el nivel del agua del canal, tal como se observa en la Figura 57; luego se provoca su desbordamiento hacia el interior del lote en varios puntos, a lo largo del canal, para que el agua ingrese al lote desde la parte más alta y se desplace hacia la parte más baja, humedeciendo el perfil del suelo en la medida en que avanza. La Figura 58 muestra un diagrama del riego por inundación en un lote con seis accesos de agua, que pueden ser tubos, sifones, o sencillamente pequeñas cunetas en la borda del canal también llamadas bocanas.

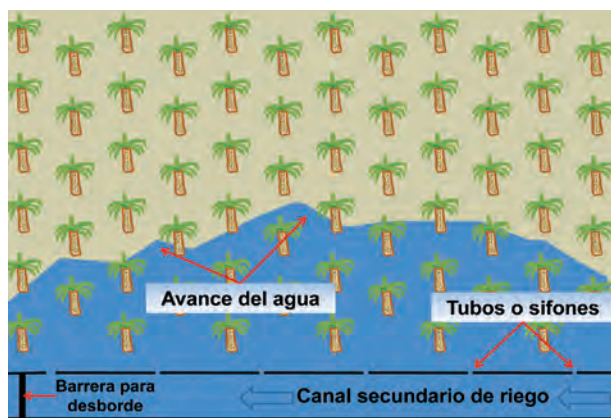


Figura 58. Diagrama del riego por inundación en un lote de cultivo.

Para lograr una mayor eficiencia, es necesario que los operarios conduzcan el agua a sitios de difícil acceso, con la ayuda de palas. Esta situación ocurre usualmente en lotes que no fueron previamente nivelados para implementar este tipo de sistema de riego.

Riego por melgas

Para operar el sistema de riego por melgas, primero se adecúa el lote mediante la construcción de bordas o camellones que controlan el agua dentro de un área específica. Normalmente, se realizan melgas para una o dos líneas de palma, y a través de ellas se conduce el agua desbordada desde el canal de riego hacia el interior de cada melga, con lo cual se humedece el perfil del suelo delimitado por cada melga. Es un sistema de menor exigencia de agua que el de inundación generalizada. La Figura 59 muestra un diagrama del riego por melgas de dos líneas de palma, cada una, con su respectiva entrada de agua desde el canal, ya sea con tubos, sifones, o sencillamente con pequeñas cunetas en la borda del canal.

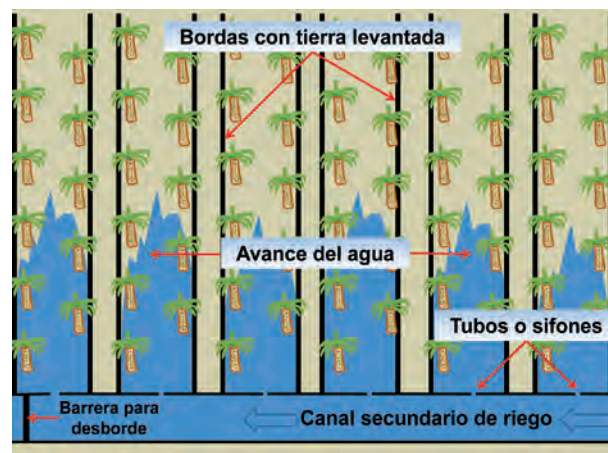


Figura 59. Diagrama del riego por melgas en un lote de cultivo.

Riego por surcos

Para utilizar este sistema de riego, primero se adecúa el lote mediante la construcción de surcos, cada dos o más líneas, para conducir el agua a través de ellos y distribuirla dentro del lote, en forma regular. El riego

consiste en humedecer un área más pequeña que la de los dos sistemas anteriores, razón por la que el riego por surcos demanda menor cantidad de agua que aquéllos.

Para lograr dicho humedecimiento, se deja el agua dentro de los surcos un tiempo suficiente para que la humedad avance hacia sus costados. La Figura 60 muestra un diagrama del riego por surcos cada dos líneas de palma, cada uno con su respectiva entrada de agua desde el canal, ya sea con tubos, sifones o bocananas.

Riego presurizado

Descripción general

Actualmente, es el sistema más eficiente en los cultivos de palma de aceite en Colombia. La Zona Norte es donde más se lo utiliza.

El sistema consiste en tomar el agua de una fuente confiable, por lo general, un río, aunque también se utiliza el agua de pozos profundos, perforados para tal uso. El riego presurizado puede aplicarse por aspersión, por microaspersión, o por goteo.

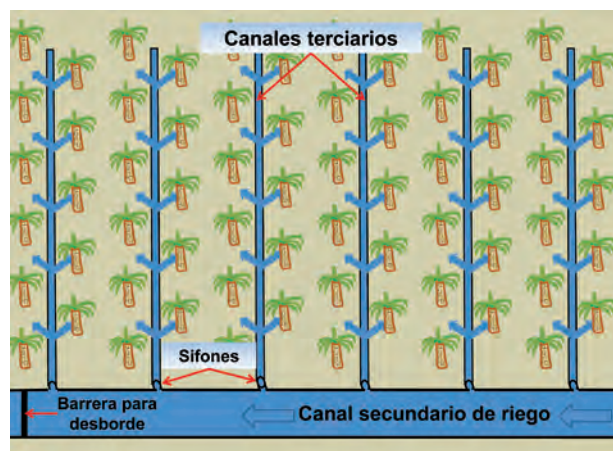


Figura 60. Diagrama del riego por surcos en un lote de cultivo.

Si el agua proviene de un río o embalse, se bombea desde allí hacia los lotes por la tubería principal. Por ello, este sistema se acciona desde un mando central

que activa la fuente de energía, para ponerlo en operación. Dicha fuente puede ser una motobomba eléctrica o diésel (Figura 61). Una vez activada la motobomba, el agua se conduce a través de la tubería, y llega a los lotes de cultivo. Por lo general, cada lote o sección de lote tiene válvulas de paso que regulan la entrada del agua. Según el tipo de riego, el agua tiene una modalidad diferente de conducción hacia las palmas.



Figura 61. Motobomba diésel para distribución de agua de riego.

Operación del sistema

El agua se conduce desde la fuente hasta los lotes por tuberías de alta presión, que llegan hasta las válvulas de control de los lotes o secciones de cada lote. Los aspectos que se deben tener en cuenta para la operación del sistema son los siguientes:

- La apertura de la válvula de paso del agua de la fuente (sea ésta un pozo profundo o un embalse) a la tubería de conducción que lleva el líquido hasta un número determinado de lotes del cultivo.
- La revisión del estado de la tubería y de los acoples a lo largo de la línea de conducción, para observar posibles escapes y garantizar la llegada del agua a cada lote.
- La apertura de la válvula de paso a cada lote o sección.
- La conducción del agua hasta las palmas, según el tipo de riego usado.

Riego por aspersión

Este sistema emplea motobombas, tuberías de conducción, válvulas de control, aspersores, tapones, y generalmente, una unidad de filtrado que elimina sedimentos del agua antes de que ingresen al sistema. La Figura 62 muestra un diagrama del riego por aspersión con tuberías de distribución, o líneas de aspersores cada tres líneas de palma; cada aspersor tiene un radio de acción, que al traslaparse con otros, brinda cubrimiento a la totalidad del área cultivada, lo que permite una mayor uniformidad en la aplicación del agua, si se compara con los sistemas anteriores. Lo que se debe revisar y corregir permanentemente en este sistema son los siguientes aspectos:

- El funcionamiento de las motobombas y la unidad de filtrado.
- El funcionamiento de las unidades de control de presión (manómetros).
- El funcionamiento correcto de los aspersores, en particular, su movimiento rotacional.
- La verticalidad de los soportes de los aspersores.
- Los obstáculos físicos para el riego; por ejemplo, las malezas arbustivas.
- El taponamiento de aspersores u otro tipo de averías.

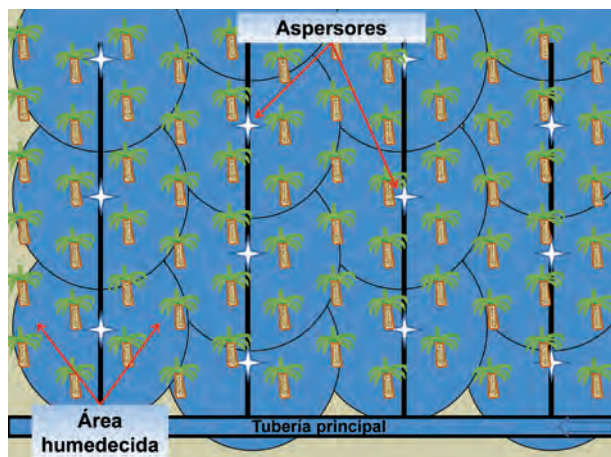


Figura 62. Diagrama del riego por aspersión en un lote de cultivo.

Riego por goteo

Este sistema emplea motobombas, tuberías de conducción, válvulas de control, goteros, y generalmente, una unidad de filtrado para eliminar sedimentos que puedan taponar el sistema y una unidad de mezcla para fertilizantes u otro tipo de insumo posible de aplicar por vía radicular a las palmas. La Figura 63 muestra un diagrama del riego por goteo con tuberías de distribución o líneas de goteros cada dos líneas de palma; cada gotero lleva el agua a una sola palma, con lo cual puede suministrar con bastante precisión la cantidad requerida por el cultivo.

Lo que se debe revisar y corregir permanentemente en este sistema es:

- El funcionamiento de las motobombas y unidades de filtrado y de mezcla.
- El funcionamiento de las unidades de control de presión (manómetros).
- El funcionamiento correcto de los goteros, que representan una desventaja del sistema, pues no pueden observarse, por estar enterrados.

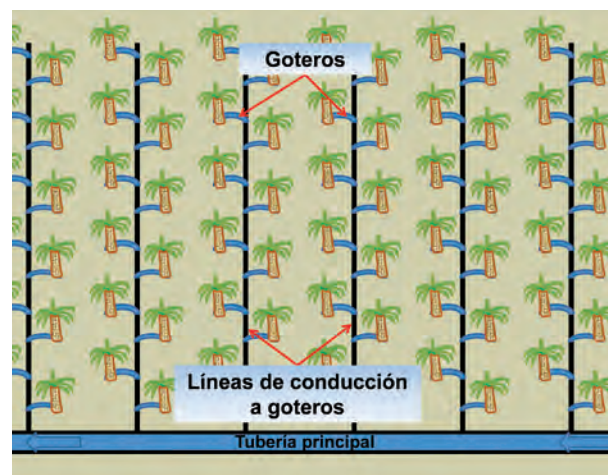


Figura 63. Diagrama del riego por goteo en un lote de cultivo.

Normas y criterios técnicos para el mantenimiento de las instalaciones y equipos de riego a presión

Antes de dirigir la operación de los diferentes sistemas de riego, en particular, los de presión, es importante consultar los manuales de operación y funcionamiento de los equipos, porque cada marca o tipo de equipo tiene unas características específicas o únicas, que obligan la consulta de dichos instructivos para garantizar la adecuada operación. Usualmente, existen condiciones muy precisas en cuanto a presiones y tiempos de riego, temperaturas, engrase y otros cuidados propios de cada sistema.

Cuando los equipos tienen unidades de filtrado y mezclado, también exigen cuidados especiales que sólo pueden consultarse en los manuales de operación y funcionamiento.

Es aconsejable que la dirección general conserve los originales de tales manuales, y que mantenga una copia en la finca o plantación, de manera que se puedan realizar los pedidos de las partes averiadas con prontitud.

Técnicas de conservación de la humedad del suelo para cultivos de palma de aceite

Introducción

Enfatiza en la importancia del uso eficiente del agua en épocas críticas, y se detiene en lo relacionado con las diferentes prácticas de conservación de humedad en el suelo.

Como se explicó en el primer capítulo, no toda el agua lluvia es aprovechable por las plantas. Esto significa que para sostener cultivos de alto rendimiento, como la palma de aceite, es necesario mejorar las condiciones de manejo de los suelos, para aumentar la disponibilidad de agua para el cultivo.

Existen varias formas para aumentar la permanencia del agua en el suelo; por ejemplo, mejorar la capa-

dad de infiltración y reducir la escorrentía superficial. Estas dos situaciones son interdependientes, ya que una forma de perder la capacidad de infiltración ocurre cuando el suelo permanece desnudo o expuesto a las condiciones climáticas; en este caso, la lluvia golpea el suelo, remueve las partículas superficiales y sella en forma progresiva su superficie, con lo que el agua rueda libremente sobre el suelo sin infiltrarlo suficientemente (Figura 64).

Para conservar o mejorar la humedad del suelo con cultivo de palma establecido, es necesario mantener o mejorar la capacidad de infiltración del suelo y reducir la escorrentía, lo cual puede lograrse si se atienden las siguientes recomendaciones técnicas:

1. Evitar la mecanización excesiva del suelo antes de la siembra.
2. Evitar o minimizar el impacto de la mecanización de las labores agronómicas del cultivo.
3. Establecer y mantener coberturas vegetales, preferiblemente de plantas leguminosas.
4. Reducir la escorrentía superficial del suelo.



Figura 64. Aspecto de un suelo desnudo.

Protección de la superficie del suelo

Para proteger la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia y del viento, se utilizan coberturas de Leguminosas, residuos orgánicos y coberturas plásticas, entre otras.

Coberturas de Leguminosas

Éstas se establecen antes, durante o poco después de la siembra de la palma en el sitio definitivo. La cobertura de Leguminosas absorbe la mayor parte del impacto de las gotas de lluvia: evita que caigan directamente sobre el suelo, lo cual elimina o reduce significativamente la obstrucción o taponamiento de los poros superficiales del mismo. La figuras 65 y 66 muestran, la primera, una cobertura de Leguminosas establecida y el efecto sobre el suelo que antes estuvo desnudo; y la segunda, cómo la hojarasca mejora la porosidad del suelo y mantiene o conserva la humedad.



Figura 65. Leguminosa establecida en un suelo que antes estuvo desnudo

Una forma de recuperar rápidamente la porosidad del suelo consiste en establecer una cobertura de Leguminosas adaptadas al medio. De esta forma, la porosidad del suelo se recupera en un año, aproximadamente. Pero si a la degradación del suelo se suma la compactación, es necesario subsolar antes de establecer la cobertura, para recuperar gradualmente la porosidad. En el texto técnico *Alistamiento de áreas para la siembra*, se describió ampliamente el manejo para establecer y mantener las coberturas de Leguminosas.



Figura 66. Aspecto del suelo con hojarasca.

Residuos orgánicos

En cultivos de palma se han utilizado residuos orgánicos para cubrir el suelo. Entre ellos se destacan:

- Los residuos orgánicos de otros sectores productivos, como el arroz, la ganadería, la industria avícola, etc.
- Los residuos del proceso de extracción del aceite de palma, como las tusas y las fibras.
- Los residuos del mismo cultivo, como las hojas eliminadas de la palma durante la poda y cosecha, o los estípites y hojas que quedan al renovar las plantaciones.

Estos residuos son de utilidad para cubrir parte del suelo del cultivo, y no sólo aportan su capacidad de cubrir el suelo para mejorar su porosidad, sino también nutrientes, y contribuyen a la conservación de la humedad del suelo. La Figura 67 muestra el aspecto de las tusas fragmentadas para ser trasladadas al campo y aplicadas como cobertura y fuente de nutrientes para el cultivo.



Figura 67. Tusas fragmentadas para llevar a los cultivos como cobertura.

Cobertura plástica

Las coberturas plásticas se han utilizado en cultivos sembrados tradicionalmente en hileras; por ejemplo, las fresas y algunas hortalizas. Esta técnica consiste en extender franjas de polietileno o materiales similares sobre la superficie del suelo, espaciadas, y perforar en ellas orificios donde se siembran o trasplantan las plántulas, según la distancia de siembra entre hilera e hilera y la distancia a la que se decide sembrar las plantas dentro de cada hilera.

La cobertura plástica reduce significativamente la evaporación del agua de las capas más superficiales del suelo. Este sistema es un complemento al sistema de riego por goteo, e incrementa sensiblemente su eficiencia. Entre los beneficios de las coberturas plásticas, se ha identificado un incremento en la tasa de crecimiento del cultivo y de la productividad; además, existe un beneficio indirecto: la disminución de costos para el control de malezas. En el caso de la palma de aceite, la cobertura de polietileno se extiende sobre el plato, alrededor del estípite.

Tanto en el escenario de la siembra de coberturas de Leguminosas o en el de la colocación de residuos vegetales sobre la superficie del suelo se reduce la velocidad de la escorrentía. Esto brinda mayor tiempo para la infiltración del agua a través del perfil del suelo.

Así las cosas, los beneficios directos de la protección de la superficie del suelo con cualquier tipo de cobertura, viva o compuesta por residuos orgánicos, son los siguientes:

- Conservación de la humedad del suelo.
- Incremento de la infiltración.
- Disminución de la escorrentía.
- Mayor disponibilidad de agua en el suelo.
- Menor velocidad de pérdida de agua causada por la evaporación.
- Mayor actividad de micro y macro organismos.
- Incremento en los rendimientos del cultivo.

Un factor productivo clave es la capacidad del suelo de absorber y mantener la humedad necesaria para sostener las palmas que crecen sobre él. Por ello, hay que evitar la exposición del suelo a condiciones ambientales como la lluvia, el sol y el viento. Una forma de lograrlo es protegiéndolo con cubiertas orgánicas o plásticas.

Reducción de la escorrentía superficial y mejoramiento de la infiltración del agua

La reducción de la escorrentía superficial tiene el propósito de incrementar la vida útil del agua lluvia, al evitar que escape rápidamente sin infiltrar a través del perfil del suelo. Algunas prácticas agronómicas que favorecen la conservación de humedad son la agricultura en contorno o curvas de nivel, para detener el agua lluvia sobre el terreno, las barreras de tipo físico, la labranza profunda, el control de malezas, la construcción de terrazas, las barreras rompe-vientos y la construcción de tabiques en canales de drenajes.

Labores agronómicas en curvas de nivel

Los cultivos establecidos en terrenos con pendiente superior a 10% deberían recibir un manejo diferente al de los cultivos establecidos en las planicies. La mejor opción desde el punto de vista de la sostenibilidad del cultivo, en el mediano y largo plazo, consiste en realizar la totalidad de las labores agronómicas a lo largo de las curvas de nivel. Esto implica la siembra de la palma

en curvas de nivel, con una distribución de las palmas que no guarda el patrón que presentan en las áreas planas. No es usual en Colombia, pero sí en Malasia.

Barreras físicas

Se trata de un método aplicable en áreas pendientes, donde la intensidad de la lluvia es superior a la tasa de infiltración del agua en el perfil del suelo. Para detener la escorrentía, se utilizan barreras vivas o físicas construidas en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno y paralela a las curvas de nivel.

Las barreras pueden ser cultivos, camellones, las irregularidades de la labranza en contorno, terrazas individuales o continuas. La Figura 68 muestra un diagrama de barreras cada dos líneas, a lo largo de la pendiente, las cuales pueden consolidarse gradualmente con las hojas de la poda y la cosecha.

Otro sistema de control de escorrentías es la excavación de zanjas similares a las de los drenajes, dispuestas en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno. En la parte central de Malasia es común observar, en las plantaciones donde hay baja precipitación, zanjas de 4 a 6 metros de longitud, aproximadamente, 40 centímetros de ancho y 50 a 70 centímetros de profundidad, distribuidas al interior de los lotes, tal como ilustra la Figura 69.

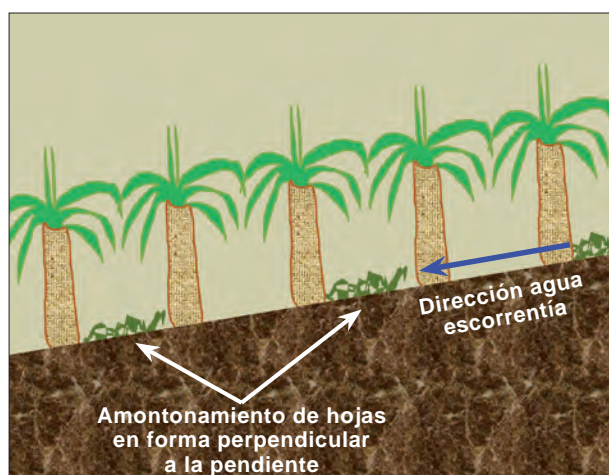


Figura 68. Diagrama de barreras físicas, cada dos líneas de palma, en terreno pendiente.

Estas zanjas se pueden llenar de agua durante una lluvia torrencial: así se extiende el periodo de humedad del suelo próximo a cada una de ellas. Con este tipo de zanjas se logra conservar la humedad por mayor tiempo en el lote y se disminuye la erosión, ya que muchos sedimentos y nutrientes arrastrados por el agua llegan al fondo de ellas y son aprovechados por el cultivo.

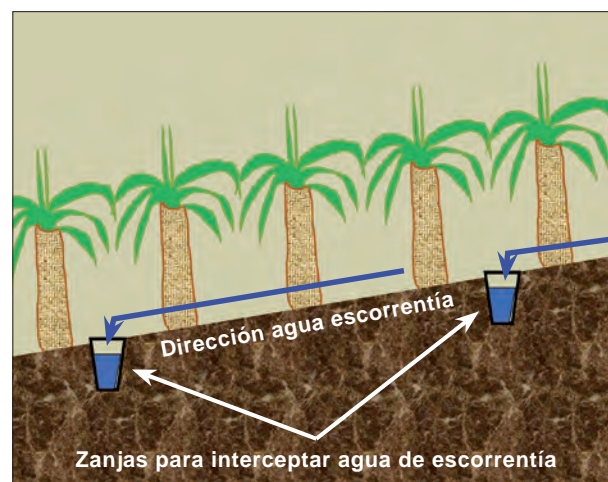


Figura 69. Diagrama de zanjas para captar agua y conservar humedad.

Labranza profunda

Es de mucha utilidad en aquellos suelos que por sus características físicas naturales, o por la compactación, se saturan con facilidad y no permiten la infiltración del agua. Para corregirlos, es suficiente con el arado de cincel o el subsolador, lo cual rompe el horizonte o capa densa y acelera la infiltración del agua en el suelo. Sin embargo, el efecto de la labranza profunda es de unos pocos años, por lo general, no más de cuatro.

Control de malezas

Como ya fue tratado ampliamente en el texto técnico *Labores culturales del cultivo*, las malezas compiten con el cultivo por espacio, luz, nutrientes y agua. Entonces, cuando se trata de conservar humedad, ante la llegada de una época seca, la mejor práctica es el control químico con herbicidas, para que los residuos cubran el suelo y minimicen la evaporación del agua.

Construcción de terrazas

Esta es una práctica agronómica que frena la velocidad del agua en terrenos pendientes, e incrementa así su infiltración en el perfil, lo que ayuda a conservar la humedad después de las lluvias. La Figura 70 muestra una palma de aceite que fue sembrada en un terreno con una pendiente aproximada de 30%, lo cual hace que el agua ruede velozmente como escorrentía, sin penetrar en el perfil del suelo para humedecerlo. En la Figura 71, aparece una palma sembrada sobre terreno pendiente, a la que se le construyó una terraza individual, cuya característica particular es haber sido construida en contrapendiente, es decir, con pendiente invertida, para hacer que el agua lluvia permanezca durante más tiempo sobre la superficie del terreno, y se infiltre, mejorando la humedad del suelo.

Las terrazas, como las zanjales, permiten atrapar sedimentos y fertilizantes arrastrados por la escorrentía durante lluvias torrenciales, que luego son aprovechados por el cultivo. Las palmas desarrolladas sobre terrazas son bastante más productivas que las sembradas en los terrenos pendientes y sin terrazas.



Figura 70. Palma sembrada en terreno pendiente.



Figura 71. Palma sembrada en terraza individual.

Barreras rompe-vientos

En otros cultivos y en potreros de zonas que registran una alta velocidad del viento, se acostumbra sembrar barreras vivas, para reducir el impacto de la velocidad del viento sobre los mismos. Por lo general, se siembran especies forestales de rápido crecimiento y fácil establecimiento. En el altiplano de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, se han utilizado los pinos y el eucalipto, este último suele sembrarse en los bordes de lotes o en los linderos de las fincas.

En los cultivos de palma de aceite no ha sido utilizado tal sistema. Sin embargo, como recientemente se han establecido cultivos en regiones de alto impacto del viento, como la Orinoquía, en las temporadas de verano, particularmente, este sistema puede ser de utilidad para las nuevas plantaciones.

Trinchos o tabiques en canales de drenaje

Es una práctica utilizada parcialmente en las plantaciones de palma de aceite, pero tiene un gran potencial de uso. Consiste en taponar parcialmente los canales de

drenajes, de forma que sólo permitan la salida del agua perjudicial para el cultivo, lo que garantiza que las capas profundas del suelo no pierdan humedad en forma excesiva.

Algunas plantaciones tienen como rutina el taponamiento total, pero transitorio, de sitios predeterminados en algunos canales de drenaje. Éste se realiza justo en los últimos días de lluvia y antes del inicio de la época de verano, con el propósito de almacenar agua y mantener humedad por más tiempo dentro de los lotes. En la Figura 72, se ve un canal principal con un trincho permanente que sólo deja evacuar los excesos de agua; y en la Figura 73, un canal terciario, donde se ha trinchado sobre un tubo cuyo diámetro permite taponarlo con facilidad antes de que termine el periodo de lluvias.



Figura 72. Trincho en canal principal de drenaje.



Figura 73. Trincho en canal de drenaje terciario.

Manejo de información administrativa y normatividad ambiental y de salud ocupacional

Introducción

Trata sobre el manejo de la información administrativa, y la normatividad ambiental y de salud ocupacional en relación con las actividades de regulación del balance hídrico del cultivo.

Metodología para el reporte de información

La administración se hace eficiente en la medida en que exista información confiable para el análisis de rendimientos, tanto de la mano de obra y de los equipos, como de los consumos de insumos y herramientas utilizados para el mantenimiento de canales de riego y drenajes, para la aplicación de riego y para las actividades relacionadas con la conservación de humedad en el suelo. Actualmente, se dispone de *software* especializado para la captura diaria de información relacionada con estos aspectos, cuyo objetivo principal es realizar un control de la cantidad de labor ejecutada y su costo.

Para facilitar la gestión administrativa de una finca o empresa de palma de aceite, es necesario que el técnico o tecnólogo en producción asignado al control de actividades registre diariamente estos aspectos. Para ello, se han diseñado formatos especialmente para registrar las labores del personal de campo, las labores de la maquinaria y el equipo, y de los consumos de insumos y materiales, los cuales aparecen en las figuras 74, 75 y 76, respectivamente.

Los estándares de rendimiento para las labores de campo se consiguen con el análisis de la información de los registros diarios de las labores ejecutadas por el personal de campo, la maquinaria y el equipo. También es posible conocer rendimientos locales mediante la investigación en empresas aledañas al proyecto nuevo.


Representación gráfica de las labores de campo

Las labores de aplicación del riego o mantenimiento de la red de canales se pueden representar gráficamente para observar y verificar periódicamente su estado. La forma más sencilla de hacer este tipo de registro son los mapas de los lotes, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Solicitar un mapa de la plantación con la localización y delimitación de cada uno de los lotes del cultivo y con su respectiva nomenclatura.

2. Asignar unas convenciones de color según el número de días de atraso de una determinada labor; por ejemplo, el riego o limpieza de canales.

La Figura 77 presenta un mapa con 14 lotes. En él se representa el número de días transcurridos después de haberse aplicado el riego. El color rojo en los lotes 4, 6 y 11 es de alarma y significa que han pasado más de 15 días desde cuando se terminó de regar. Por tanto, si la frecuencia es de 10 días, debe programarse el siguiente ciclo de riego. El color azul en los lotes 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18 y 19 significa que estos fueron regados recientemente.




Reporte quincenal de labores personal de campo

Mes: _____ Año: _____

Día	Labor realizada	Lote	Cantidad	Unidad	Número de operarios	Horas trabajadas	Observaciones

Figura 74. Modelo de formato para el registro de labores del personal de campo.




Reporte quincenal de labores ejecutadas por la maquinaria y el equipo

Equipo: _____ Mes: _____ Año: _____

Día	Labor realizada	Lote	Cantidad	Unidad	Horas trabajadas	Observaciones

Figura 75. Modelo de formato para el registro de labores ejecutadas por la maquinaria y equipo.



Consumo mensual de insumos y materiales

Mes: _____ Año: _____

Día	Insumo/material	Lote	Cantidad	Unidad	Observaciones

Figura 76. Modelo de formato para el registro del consumo de materiales, herramientas e insumos.

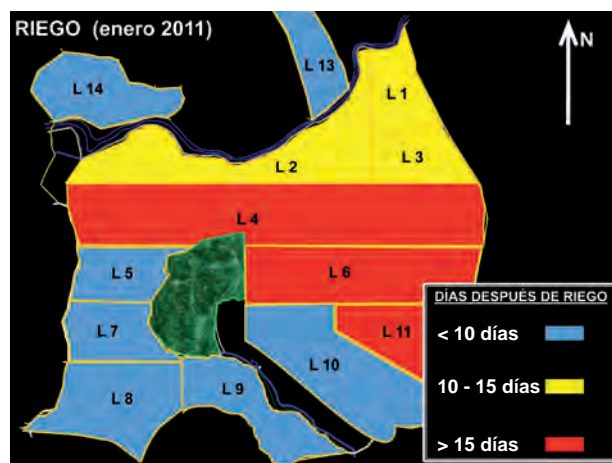


Figura 77. Mapa de estado actual de la aplicación de riego en una plantación.

En este tipo de mapas, también se puede registrar mensual o semestralmente el estado de las labores de limpieza de canales, el avance en las obras o trabajos de control, o las prácticas de conservación de humedad en los diferentes lotes.

Normas de preservación del ambiente en el mantenimiento de canales, aplicación de riego y control de humedad del suelo

El mantenimiento de canales, la aplicación de riego y el control de humedad del suelo implican actividades que deben ejecutarse dentro de los parámetros técnicos establecidos y de acuerdo con la normatividad legal para la protección del medio ambiente. Sobre este último aspecto existe un marco legal de obligatorio cumplimiento plasmado en el Decreto 605 de 1996 por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en cuanto al manejo, transporte y disposición de residuos sólidos.

En la ejecución de las labores mencionadas, se debe consultar las fichas de manejo contempladas en la *Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la palma de aceite*, de Fedepalma, que se relacionan en seguida.

- Ficha 3: Compactación de suelos
- Ficha 5: Manejo de recursos hídricos

- Ficha 6: Manejo de previveros, viveros y siembra
- Ficha 7: Manejo de productos químicos
- Ficha 15: Manejo de residuos sólidos
- Ficha 16: Manejo de residuos peligrosos y tóxicos
- Ficha 17: Manejo de áreas naturales especiales
- Ficha tipo: Programa de contingencia y seguridad industrial

Implementos de protección personal requeridos para las labores culturales

El operario que realiza labores culturales en el cultivo debe usar implementos de protección personal, según el tipo de actividad desarrollada, tal como se detalla a continuación.

Aplicación de herbicidas

Casco, guantes de caucho, camisa de manga larga, máscara antigases, delantal, protector de oídos, si utiliza la fumigadora mecánica, y botas de caucho (Figura 78).



Figura 78. Protección personal para aplicar herbicidas.

Limpeza de sedimentos en canales y construcción de obras para la conservación de humedad

Casco, gafas, guantes de cuero o carnaza, camisa de manga larga y botas de caucho (Figura 79).

Corte de malezas con guadaña

Casco, gafas, guantes de cuero o carnaza, camisa de manga larga, protector de oídos y botas de caucho (Figura 80).



Figura 79. Protección personal para podar.



Figura 80. Protección personal para guadañar.

Glosario¹

Caudal (*flow*). La cantidad de fluido que pasa por el río en una unidad de tiempo.

Cobertura (*mulch*). Cubierta del suelo producida por especies de plantas leguminosas sembradas simultáneamente con el cultivo de palma, o mediante la aplicación de materia orgánica, por ejemplo, tusas o fibras sobrantes del proceso de extracción del aceite de palma.

Drenaje (*drainage*). Sistema empleado para dar salida al exceso de agua de un terreno.

Escorrentía (*runoffwater*). Agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno.

Gravedad (*gravity*). La fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro, en razón de la cual estos experimentan caída o deslizamiento hacia el suelo.

Melgas (*border*). Canales de agua.

Nivel freático (*groundwatertable*). En el subsuelo, es el nivel a partir del cual el suelo sólo está compuesto por su parte sólida y por agua.

1 Junto a cada expresión, entre paréntesis, su traducción al inglés.

Perfil del suelo (*soilprofile*). Corte vertical del suelo en el que puede observarse la naturaleza y secuencia de sus diferentes estratos.

Percolación (*lixiviation, percolation*). El desplazamiento del agua, por efecto de la gravedad, a través de los poros del suelo.

Pluviosidad (*rainfall*). Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un lapso determinado.

Riego (*irrigation*). Sistema mediante el cual se provee al suelo del agua que requiere un cultivo para su desarrollo.

Sedimentación (*sedimentation*). El proceso por el cual el material sólido transportado por una corriente de agua se deposita en el fondo de un río, un embalse, un canal, o un dispositivo construido especialmente para tal fin.

Talud (*slope*). Inclinação del paramento de un muro o de un terreno.

Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma
Calle 20A N° 43A - 50 Piso 4 Bogotá D.C.
PBX: 208 6300 Fax: 244 4711
www.cenipalma.org