

# Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de la palma de aceite

Desarrollo de Competencias Laborales en la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia



Área de Aguas-Dirección de Extensión

Jhon Fredy Jiménez Vera  
Nolver Atanacio Arias Arias

# Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de la palma de aceite

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

**Alexandre Patrick Cooman**

Director General de Cenipalma

**Hernán Mauricio Romero Angulo**

Director de Investigación

**Jorge Alonso Beltrán Giraldo**

Director de Extensión

**Juan Carlos Vélez Zape**

Líder de Formación y Capacitación

## **Autores**

**Jhon Fredy Jiménez Vera**

Auxiliar de Investigación del Programa de Agronomía de Cenipalma

**Nolver Atanacio Arias Arias**

Coordinador del Programa de Agronomía de Cenipalma

Coordinación editorial

**Yolanda Moreno Muñoz**

**Esteban Mantilla**

Fotografías e ilustraciones

**Jhon Fredy Jiménez Vera**

Diseño y diagramación

**Fredy Johan Espitia Ballesteros**

Impresión

**Estudio 45-8 S.A.S.**

**ISBN:** 978-958-8360-79-9

Febrero de 2021

**Cenipalma**

Calle 98 No. 70-91, piso 14.

PBX: (57-1) 313 8600

Bogotá, D.C., Colombia

[www.cenipalma.org](http://www.cenipalma.org)

# Contenido

Presentación	5
Unidades de medida	6
Prefijos	7
Equivalencias	8
Unidad I	
Conceptos básicos sobre drenajes	9
I.1. Canal	12
I.2. Sección transversal de un canal	14
I.3. Pendiente longitudinal de un canal	15
I.4. Solera o plantilla de un canal	17
I.5. Talud	18
I.6. Tirante	19
I.7. Borde libre	20
I.8. Aprendamos haciendo: reconocimiento de canales en un lote cultivado con palma de aceite	21

<b>Unidad II</b>	
<b>Sistema de drenaje</b>	<b>27</b>
2.1. Tipos de drenajes	31
2.2. Configuración de un sistema o red de drenaje	39
2.3. Aprendamos haciendo: identificación de un sistema de drenaje	42
2.4. Aprendamos haciendo: medición de la sección transversal y la longitud de los canales	46
<b>Unidad III</b>	
<b>Mantenimiento de canales</b>	<b>51</b>
3.1. Mantenimiento preventivo o rutinario de canales	54
3.2. Aprendamos haciendo: mantenimiento rutinario de control de malezas y/o coberturas en canales	61
3.3. Mantenimiento preventivo o rutinario de canales	66
3.4. Aprendamos haciendo: interpretación de una tabla de cortes para el apoyo en el mantenimiento correctivo de canales de drenaje	72
<b>Glosario</b>	<b>76</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>78</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>79</b>
<b>Anexo. Plantilla de puntos de palmas</b>	<b>82</b>

# Presentación

El recurso humano es el elemento de mayor importancia en un proceso productivo. Por ello, el desarrollo de competencias laborales es un aspecto fundamental, que en el sector palmero está orientado a contribuir y mejorar la productividad.

El contenido de esta publicación presenta elementos teóricos básicos relacionados con los canales, redes o sistemas de drenajes y su mantenimiento, y está basada en la primera versión de la Norma Sectorial de Competencia Laboral (NSCL – N° 270404051) titulada *Conservar sistemas de drenaje de acuerdo con criterios técnicos del cultivo*.

Esta información otorgará al lector las bases para diferenciar entre un mantenimiento preventivo o rutinario de canales de drenajes y uno correctivo. Así mismo, estará en la capacidad de identificar posibles irregularidades o averías en canales de drenaje y solucionar este tipo de problemáticas con un impacto positivo para el cultivo de la palma de aceite.

# Unidades de medida

La longitud, la masa y el tiempo son algunas de las magnitudes básicas definidas por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) en el Sistema Internacional de Unidades (SI, por su sigla en francés) (CEM, 2008). En la Tabla I se presentan las más relevantes.

Tabla I. Algunas de las principales unidades del SI

Cantidad	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Área	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	Litro	L o l
Tiempo	Segundo	s
Masa	Kilogramo	kg

# Prefijos

Estos prefijos (Tabla 2) permiten formar otros nombres y símbolos que denotan múltiplos y submúltiplos (Tabla 3) de las unidades descritas en la Tabla 1. En el caso del kilogramo, que es la unidad básica de masa del SI, incluye el prefijo kilo por razones históricas (CEM, 2008).

Tabla 2. Principales prefijos del SI

Prefijo	Símbolo	Factor multiplicativo
kilo	k	1.000
hecto	h	100
deca	da	10

Prefijo	Símbolo	Factor multiplicativo
deci	d	0,1
centi	c	0,01
mili	m	0,001

# Equivalencias

Tabla 3. Equivalencias de unidades

Cantidad	Magnitud	Unidad	Equivale a...	Factor multiplicativo
Longitud	l	Centímetro (cm)	▶	10 milímetros (mm)
	l	Metro (m)	▶	100 centímetros (cm)
	l	Kilómetro (km)	▶	1.000 metros (m)
Área	l	Hectárea <sup>1</sup> (ha)	▶	10.000 metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Volumen	l	Centímetro cúbico (cm <sup>3</sup> )	▶	1 mililitro (ml)
	l	Litro (L o l)	▶	1.000 mililitros (ml)
	l	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )	▶	1.000 litros (l)
Tiempo	l	Minuto (min)	▶	60 segundos (s)
	l	Hora (h)	▶	60 minutos (min)
Masa	l	Kilogramo (kg)	▶	1.000 gramos (g)

<sup>1</sup> Esta unidad y su símbolo, a pesar de no pertenecer al SI, fueron adoptados por el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) en 1879 y su uso es aceptado en la actualidad (CEM, 2008).





UNIDAD  
I

Conceptos básicos  
sobre drenajes



Existen diferentes aproximaciones para definir el concepto de drenaje de un suelo agrícola. Por ejemplo, Franco (2012) lo define como la facultad que tiene el suelo para liberarse del exceso del agua, mientras que la FAO (1996) hace referencia a que el drenaje es la eliminación del exceso de agua y sales disueltas, tanto en la superficie del suelo como del subsuelo, con el fin de mejorar el desarrollo de los cultivos, siendo este su principal propósito. Dichos excesos pueden estar condicionados por la forma del terreno (topografía), las características físicas del suelo y sus condiciones de humedad (Figura 1), las lluvias (precipitación), o también por demasiadas aplicaciones de riego.

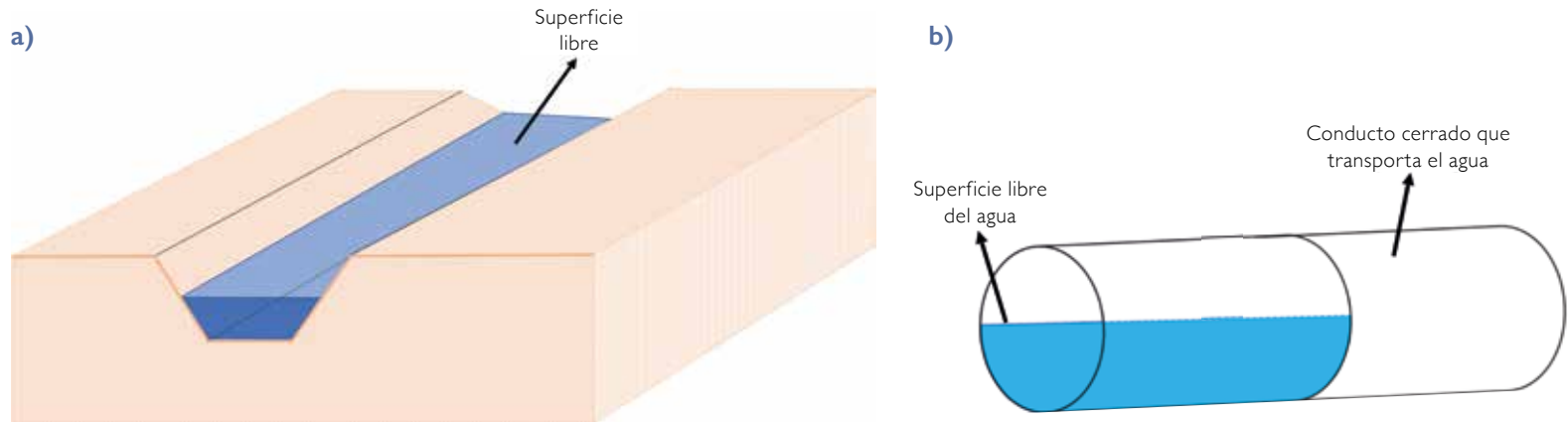
El manejo adecuado de drenajes en el cultivo de palma de aceite es de gran relevancia, ya que al ser un cultivo perenne, su vida comercial puede oscilar entre 24 y 28 años en cultivares *Elaeis guineensis* (Bernal, 2001) o entre 30 y 50 años en el caso de los híbridos OxG (Genty y Ujueta, 2013), y una condición excesiva o permanente de humedad puede afectar notablemente los procesos fisiológicos de las palmas y en últimas, repercutir seriamente en su productividad.



**Figura 1.** Exceso de humedad en la superficie del terreno.

## I.I. Canal

Es un conducto (surco, zanja, cauce, etc.) que tiene como función transportar un fluido como el agua. Los canales pueden ser abiertos o cerrados. Sin embargo, para que los cerrados cumplan la condición de canal, el agua o fluido transportado debe tener una superficie libre del agua, que es aquella que no entra en contacto con las paredes del canal (Figura 2). Los canales abiertos son los más comunes en el cultivo de la palma de aceite y se emplean tanto en actividades de riego como drenaje.



**Figura 2.** Representación esquemática de canales: (a) Canal o ducto abierto (b) Canal o ducto cerrado.

Según sea su origen, pueden ser naturales o artificiales. Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra. Estos varían en tamaño: desde arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, estuarios de mareas y ríos.

Los artificiales son aquellos construidos por el hombre como los canales de navegación, de centrales hidroeléctricas, de irrigación, de drenaje, de desborde, vertederos, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. En general, son largos, con pendientes suaves, levantados sobre el suelo, que pueden ser revestidos con piedras, concreto, cemento, madera o materiales bituminosos o sin revestimiento<sup>2</sup> (Chow, 2004).

Los canales cerrados o cubiertos en condiciones naturales se presentan en forma de cavidades como las cuevas. En el caso de un drenaje artificial, suelen ser tubos de grandes diámetros como, por ejemplo, las alcantarillas.



---

2 Los materiales bituminosos son sustancias derivadas del petróleo, de color negro, sólidas o viscosas, dúctiles, que se ablandan por el calor (Paladines, 2015). El alquitrán, neme o pendare son ejemplos de este tipo de materiales.

## 1.2. Sección transversal de un canal

Es la forma geométrica del ducto por el que se transporta el fluido. Esta puede tener una configuración regular (triangular, rectangular, trapezoidal, etc.) o irregular como en los canales o cuerpos de agua naturales (Figura 3).

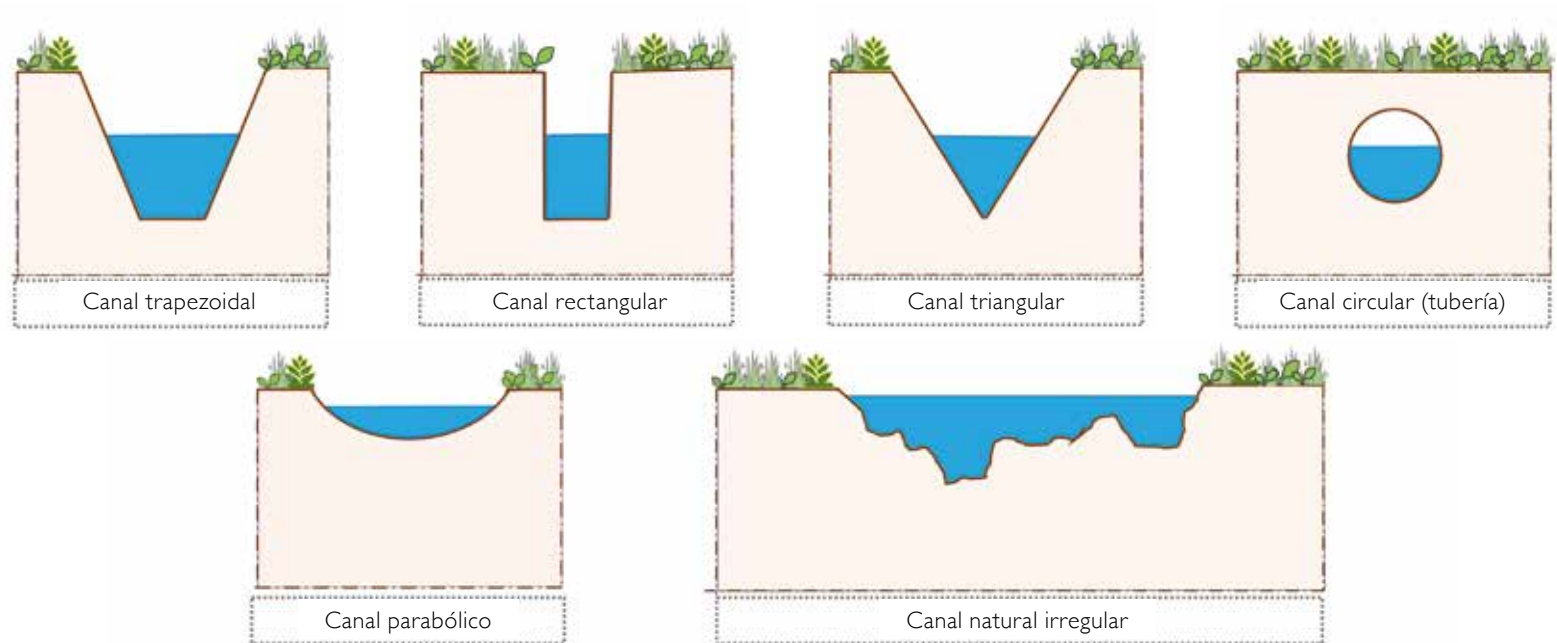
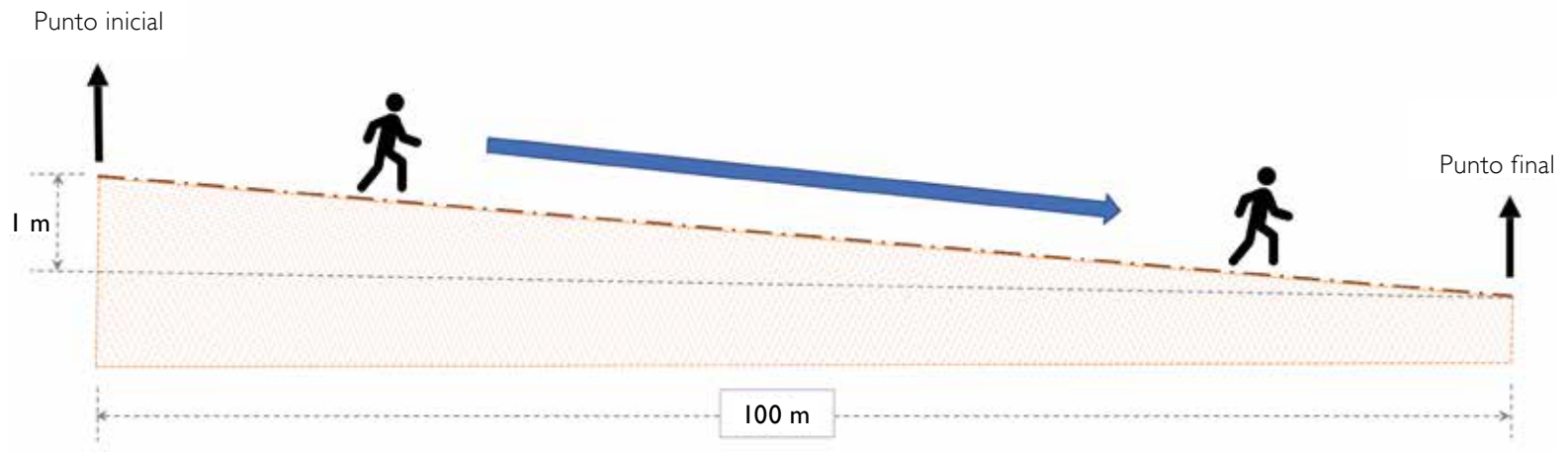


Figura 3. Secciones transversales típicas de canales.

### 1.3. Pendiente longitudinal de un canal

Es la inclinación o desnivel que tiene el fondo de un canal con respecto a sus extremos, es decir, el grado en el que desciende cuando avanzamos horizontalmente. Suponga que camina desde la parte más alta (punto inicial en la Figura 4), a medida que se avanza, el fondo del canal desciende hasta llegar al punto final de la misma figura.

En este caso hipotético, el recorrido implicó un avance horizontal de 100 m y un desnivel de 1 m, es decir, la pendiente del canal es de 1 %.



**Figura 4.** Pendiente del 1 % que implica que, por cada 100 m horizontales de avance, se desciende 1 m vertical.

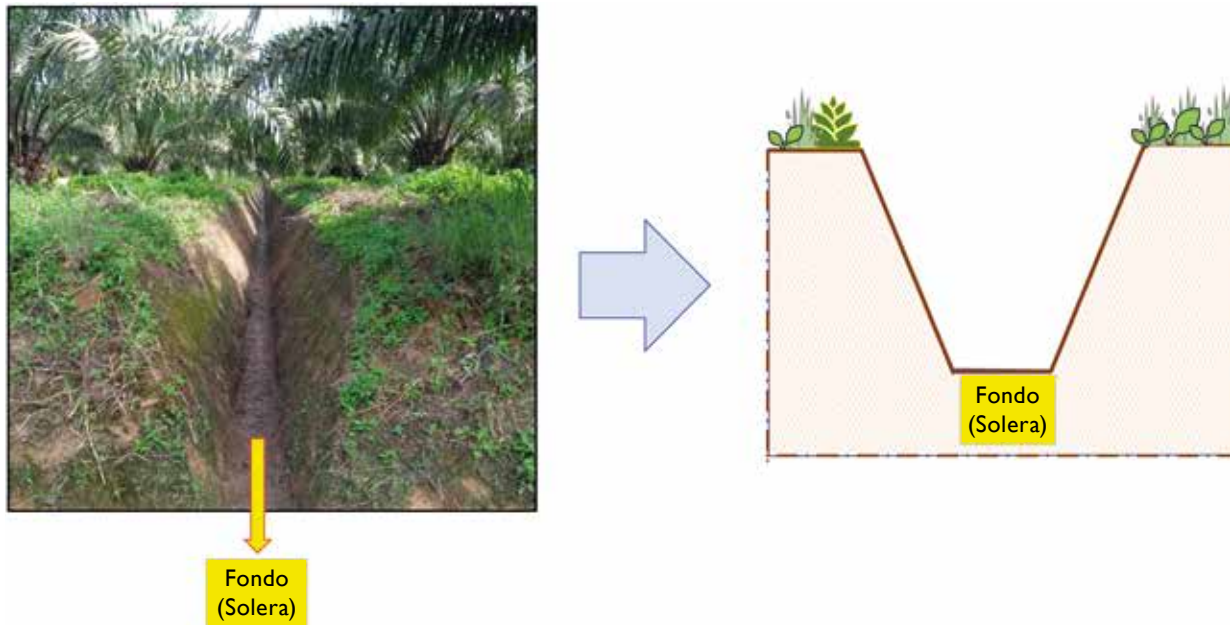
Las pendientes longitudinales de los canales de drenaje se definen de acuerdo con el criterio técnico del profesional que diseña el sistema. Es recomendable que esté entre el 0,05 % y el 0,1 % para evitar procesos de sedimentación cuando es muy baja, o erosivos cuando es muy alta. La sedimentación reduce la capacidad del canal para que el agua fluya y la erosión destruye sus paredes cuando no está revestido. Las velocidades del flujo del agua en canales de tierra menores a 0,75 m/s conllevan a la sedimentación, mientras que si son mayores a 1,20 m/s pueden erosionarlos (Franco, 2012). La sedimentación y la erosión no solamente se deben a la pendiente longitudinal que pueda tener un canal, también depende del material del que esté hecho.





## 1.4. Solera o plantilla de un canal

La superficie de la parte más profunda de un canal es el fondo, conocido también como plantilla, lecho o solera (Gallardo, 2018). La Figura 5 permite apreciar con mayor claridad este concepto.



**Figura 5.** Identificación del fondo de un canal trapezoidal en el cultivo de palma de aceite.

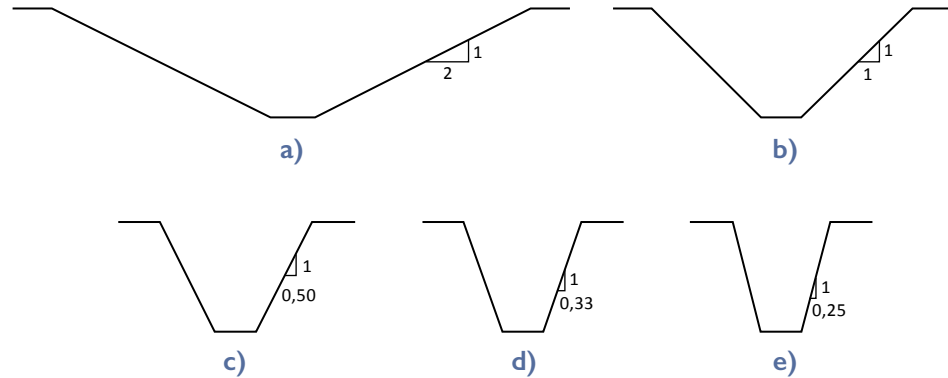
## 1.5. Talud

El talud hace referencia al grado de inclinación de la pared de un canal. Es válido hablar de este término cuando se tienen canales cuyas secciones son triangulares o trapezoidales, como se aprecian en la Figura 6. Por otra parte, los rectangulares carecen de talud porque no existe ninguna inclinación de las paredes (Figura 7b).

La Figura 6 ilustra de mejor manera el concepto al presentar los diferentes grados de inclinación de las paredes de un canal para una misma profundidad, que puede afectar considerablemente el ancho de este.

El diseño de los taludes de un canal es otro de los parámetros que establece el profesional encargado de diseñar el sistema de drenajes que, entre otras cosas, depende del tipo de suelo en el que se trazarán y de los recursos disponibles como, por ejemplo, los baldes con los que cuente una pala excavadora<sup>3</sup> al momento de realizar los canales.

En el cultivo de palma es común encontrar canales de drenaje trapezoidales con taludes cuya magnitud puede estar entre 0,33 (Figura 6d) y 1 (Figura 6b).

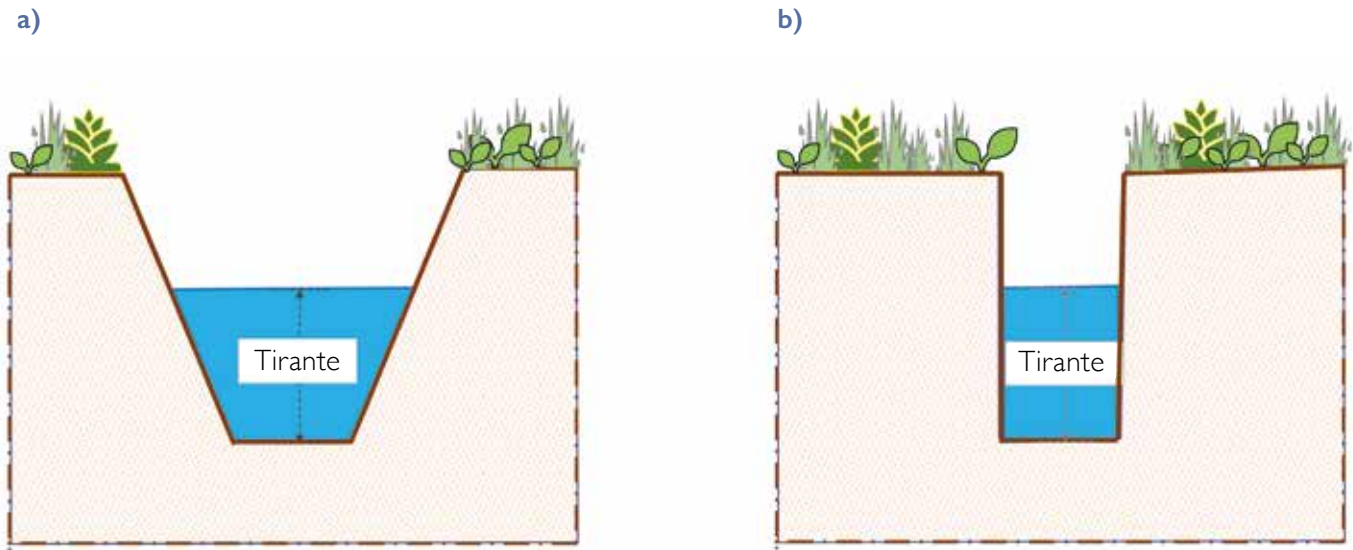


**Figura 6.** Diferentes configuraciones de taludes de un canal trapezoidal de igual profundidad. En los casos propuestos son: (a) 2 (b) 1 (c) 0,50 (d) 0,33 (e) 0,25.

<sup>3</sup> Máquina conocida comúnmente como retroexcavadora.

## I.6. Tirante

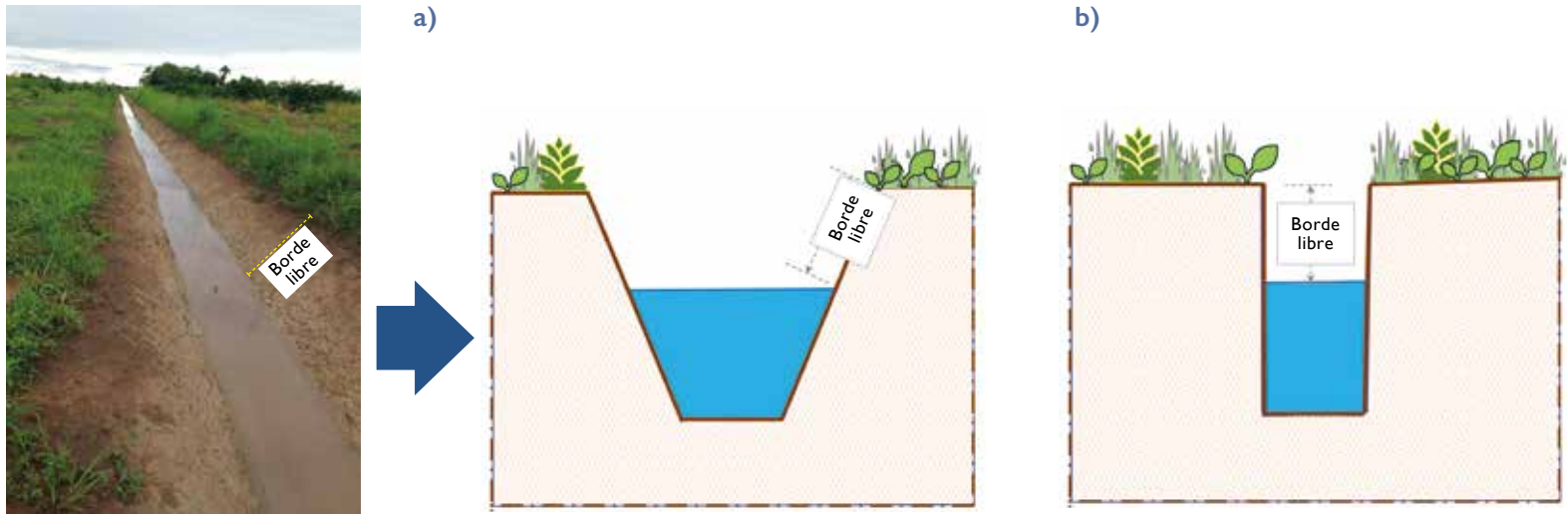
El tirante es la profundidad del agua, medido desde la parte superficial (borde libre del agua) hasta el fondo del canal (Figura 7). Cuando no tiene agua, el tirante no existe.



**Figura 7.** Tirante en un canal: (a) trapezoidal, (b) rectangular.

## I.7 Borde libre

Es el borde del canal que no moja el agua (Figura 8), y se mide desde la parte superficial del borde o del terreno hasta la superficie del agua. En el diseño de canales es recomendable dejar un borde libre alrededor del 10 % de la profundidad total del canal para la condición crítica diseñada. Esto minimizará la probabilidad de rebosamiento del agua en el canal para la condición de diseño definida.



**Figura 8.** Borde libre en un canal: (a) trapezoidal, (b) rectangular.

# I.8. Aprendamos haciendo: reconocimiento de canales en un lote cultivado con palma de aceite

## I.8.1. Objetivo

Conocer y establecer la configuración de canales en un lote sembrado con palma de aceite y dimensionar parte de sus componentes.

## I.8.2. ¿Qué elementos necesitamos?

- ▶ Una tabla de apoyo para tomar apuntes.
- ▶ Tres copias del anexo Plantilla de puntos de palmas.
- ▶ Tres hojas de papel blanco, tamaño carta.
- ▶ Tres lápices o esferos negro, azul y rojo, uno por cada color.
- ▶ Una vara o varilla de 1,5 o 2 m.
- ▶ Un flexómetro de 5 m.
- ▶ Elementos de protección personal y contra la radiación directa: botas de caucho (preferiblemente con punta de acero), camisa manga larga, gorra o sombrero y protector solar.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Enmarcado en el Principio 6 (Respeto a los derechos y condiciones laborales), criterio 6.7 ((...) entorno de trabajo bajo su control es seguro y sin riesgos indebidos para la salud), indicador 6.7.3 de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés) (RSPO, 2018).

### I.8.3. Actividad N° I

1. En la finca o plantación en la que trabaja, seleccione un lote cultivado con palma de aceite que disponga de infraestructura de drenaje. Empleando el anexo Plantilla de puntos de palmas, realice un croquis o mapa del lote. Identifique, dibuje y enumere los canales que tenga. Haga una breve descripción del mapa elaborado e indique el cultivar sembrado y el año de siembra.
2. Diligencie la siguiente tabla.

Canal N°	¿El canal es abierto o cerrado?	¿Qué sección transversal tiene?	¿El canal tiene talud?	¿Cuánto mide el tirante en cm?	¿Cuánto mide el borde libre?

Dibuje a continuación las secciones transversales que encontró en campo


## I.8.4. Entregables de la actividad N° 1

A modo de ejemplo, se ilustra a continuación el desarrollo de la actividad N° 1.

1. En la Figura 9 se representa un lote de palma de aceite de 17 hectáreas (ha), cultivado con la especie *E. guineensis* tipo *tenera*, siembra 2018, con 10 canales de drenaje (CD) identificados en color rojo. En este caso, el CD 1 y CD 2 son de grandes dimensiones y bordean el lote tanto en la parte superior como en su costado derecho. El CD3 se ubica en la parte inferior, siendo el receptor de las aguas que pueden suministrar los canales 4 al 10, que son los internos de drenaje con los que cuenta el lote. Las aguas colectadas en el CD 3 son descargadas en el CD 2, que finalmente se encarga de evacuarlas fuera del predio.

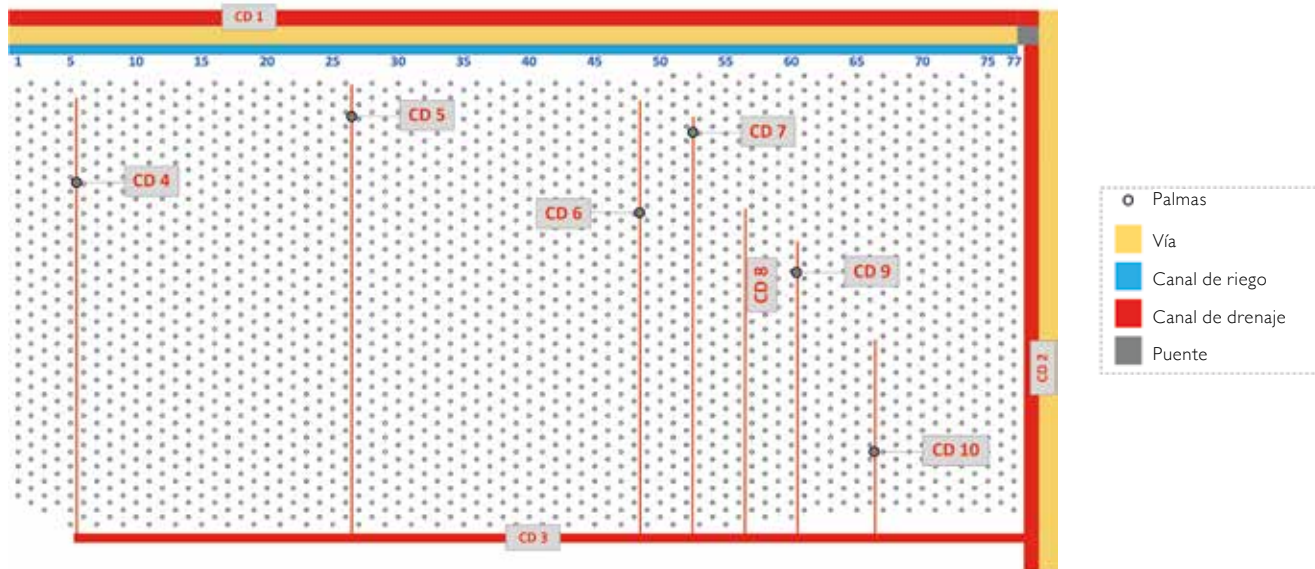
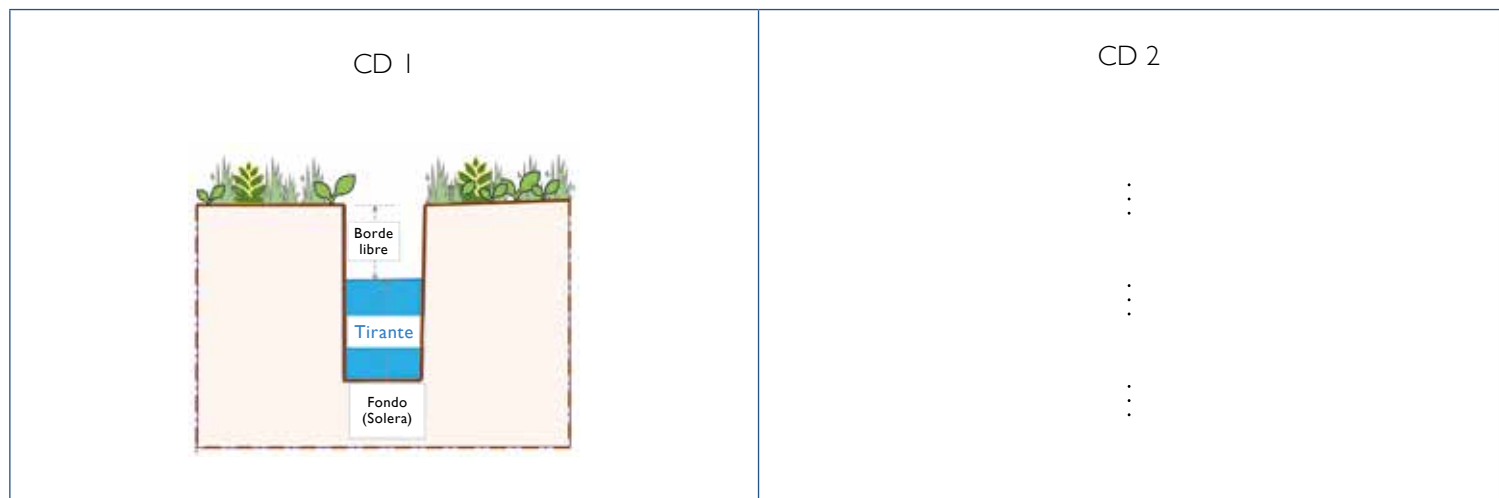


Figura 9. Identificación de canales de drenaje en un lote de palma de 17 ha.



2.

Canal N°	¿El canal es abierto o cerrado?	¿Cuál es la sección transversal?	¿El canal tiene talud?	¿Cuánto mide el tirante en cm?	¿Cuánto mide el borde libre en cm?
CD 1	Abierto	Rectangular	No	60	140
CD 2	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
CD 10	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



<p>⋮</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p>	<p>⋮</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p>
<p>CD 9</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p>	<p>CD 10</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p> <p>⋮</p>



UNIDAD

II

Sistema de drenaje



Un sistema de drenajes es el conjunto de canales y/o tuberías enterradas que tiene como finalidad evacuar los excesos de agua que pueda tener el suelo en uno o varios lotes, y que toma alrededor de 48 h para no generar efectos perjudiciales al cultivo de la palma de aceite (Arias *et al.*, 2009). Estos problemas de excesos pueden ser superficiales como los encharcamientos (Figura 10), o subsuperficiales cuando se presentan niveles freáticos cercanos a la superficie. En el último caso, el sistema de drenaje busca abatir y controlar dichos niveles a una profundidad tal que no afecte la zona de raíces de las plantas. Asimismo, según la FAO (1996), un sistema de drenaje contribuye a evitar la salinización.



**Figura 10.** Anegamiento superficial en un cultivo joven de palma de aceite.

Un indicio común de estrés manifestado por exceso de humedad es el amarillamiento o clorosis generalizada del follaje de las plantas (Figura 11).



**Figura 11.** Palma de aceite joven con signos de clorosis o amarillamiento, asociado con excesos de humedad.

## 2.1. Tipos de drenajes

De acuerdo con Franco (2012), el drenaje agrícola está orientado al manejo de los excesos de agua en áreas cultivadas. Estos se clasifican en superficiales y subsuperficiales (subterráneos) debido a la naturaleza del problema que se necesite resolver.

### 2.1.1. Drenaje superficial

Se caracteriza principalmente por tener canales poco profundos (sangrías<sup>5</sup>), generalmente menores a 30 cm, lo que implica que no interfiere con otras labores del cultivo (Torres, 2014). La implementación de un sistema de drenaje de esta naturaleza se da cuando se evidencian problemas sobre la superficie del suelo por acumulación de agua o encharcamientos (Figura 12).

Algunas posibles causas de los encharcamientos superficiales pueden ser:

- ▶ Topografía irregular en la superficie del terreno, que puede darse al realizar labranzas mecanizadas inadecuadas.
- ▶ Existencia de depresiones del terreno que no se ven reflejadas en los levantamientos topográficos.
- ▶ Suelos poco permeables, es decir, el agua penetra su superficie muy lentamente (bajas velocidades de infiltración), o el agua en el interior del suelo se mueve muy despacio (conductividad hidráulica baja).
- ▶ Excesivas aplicaciones de agua mediante el riego agrícola.
- ▶ Disposición inapropiada de suelo removido al momento de la construcción de canales, formando barreras para el flujo del agua (Figura 12).

---

5 También conocidas como recorredoras.

Para dar manejo a problemas de anegamiento, resulta conveniente realizar drenajes localizados (sangrías), paralelos o a través de la pendiente del terreno, según la particularidad del caso (Torres, 2014).

En los terrenos con topografía relativamente plana, es posible encontrar depresiones en donde el agua se acumula, formando encharcamientos dispersos. Para ello es necesario construir acequias que conecten las depresiones con alguna parte del sistema de drenajes, dándole salida al agua estancada.

Hacer una sangría implica conectar la zona del encharcamiento por medio de un surco, a un canal (primario, secundario o terciario)<sup>6</sup> que transporte el agua fuera del lote (Figura 13), dependiendo de cada situación. Se puede elaborar sin complicaciones con una pala o palín, ubicando inicialmente la parte más baja. Luego, se excava desde el canal que recibirá el agua a evacuar hasta el punto de interés del área encharcada, conservando un desnivel o inclinación constante del fondo de la sangría que favorezca el movimiento del agua.



**Figura 12.** Favorecimiento de encharcamiento por disposición inadecuada de suelo removido al momento de la construcción de un canal de drenaje, que actúa como barrera al movimiento superficial del agua.



**Figura 13.** Proyección de surco o sangría para evacuar el encharcamiento superficial. En este caso se debe romper la barrera para permitir el flujo del agua.

<sup>6</sup> En la sección 2.2. Configuración de un sistema o red de drenaje se amplían los conceptos de canales primarios, secundarios y terciarios en una red de drenaje.



## 2.1.2. Drenaje subterráneo o subsuperficial

La característica principal de este tipo de drenajes son sus canales profundos, que deben estar dispuestos de tal manera que no interfieran con otras labores del cultivo. Su objetivo es modificar la profundidad del nivel freático (NF). De acuerdo con Franco (2012), en el caso de la palma de aceite, se busca que dicho nivel se encuentre entre 70 y 100 centímetros de profundidad dado que, si es menor, afecta el normal desarrollo de las raíces de la planta. No obstante, si el agua freática tiene un alto contenido de sales, el NF debe controlarse a una mayor profundidad para evitar riesgos de salinidad. En estos casos, se tendría que manejar niveles desde la superficie del suelo mayores a 1,80 m (Torres, 2014).

En el cultivo también se pueden encontrar drenajes subterráneos con secciones circulares (Figura 14) y de diferentes materiales, tales como: arcilla, concreto o asbesto-cemento con uniones libres, tuberías de PVC revestidas con filtros de nailon o de PVC corrugado con perforaciones para la entrada del agua (Figura 15). Estos presentan ventajas ya que, una vez instalados (enterrados), quedan ocultos y no interfieren con las labores de campo, los costos de mantenimiento son menores y no se pierde área de cultivo (Torres, 2014).

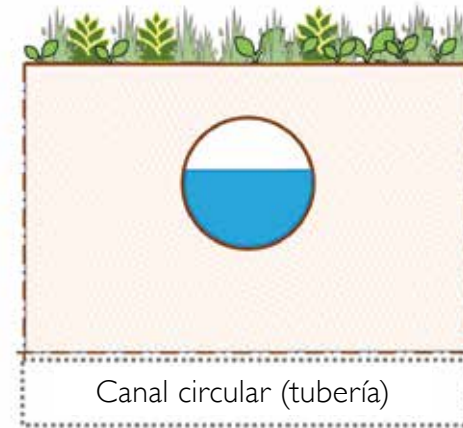


Figura 14. Canal cerrado con sección transversal circular.

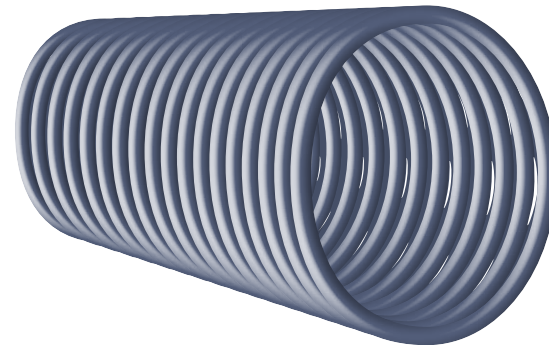
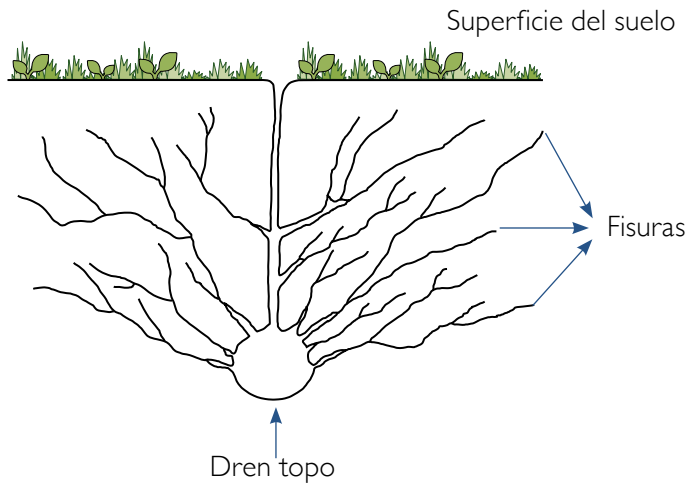
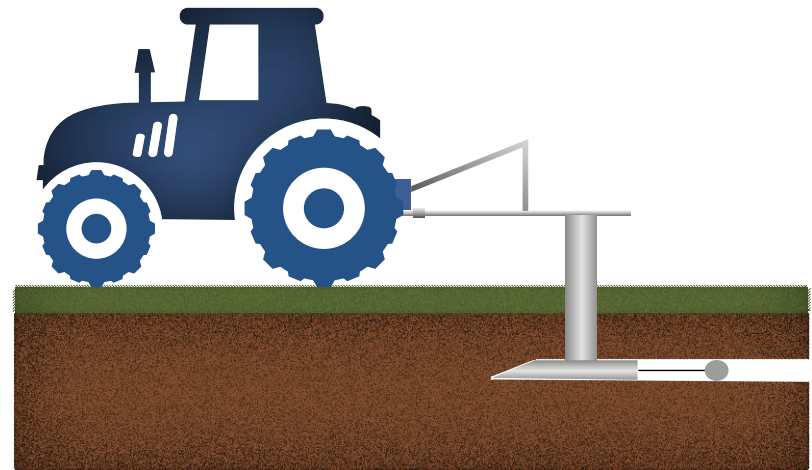


Figura 15. Tubería corrugada ranurada empleada en sistemas de drenes subterráneos.

Algunas plantaciones han implementado los drenes topo, que son galerías subterráneas de aproximadamente 7,5 cm (3 pulgadas)<sup>7</sup> de diámetro, rodeadas de fisuras periféricas (Figura 16) que facilitan el movimiento del agua en el subsuelo. Su uso y construcción se hace en suelos con al menos 20 % de arcilla en su composición, y con humedades adecuadas que permitan realizar la labor. Para ello se emplea un ‘arado topo’, que consiste en una bala de cañón adaptada a un subsolador que puede ir acoplado al sistema hidráulico de tres puntos o a la barra de tiro del tractor que al ser halado por la máquina, realiza un ducto circular a una profundidad que varía entre 40 y 60 cm (Figura 17) (Ortega y Sagado, 2001).



**Figura 16.** Sección transversal de un dren topo.

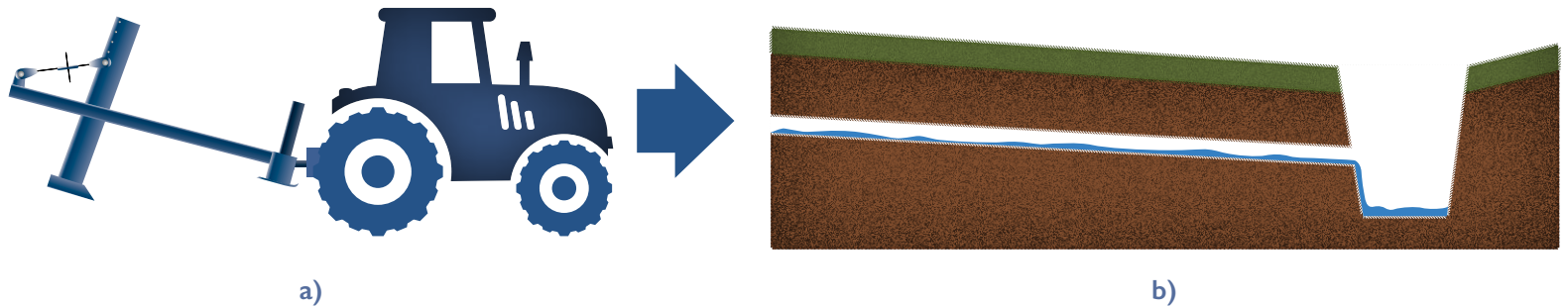


**Figura 17.** Representación esquemática de la elaboración de ductos con dren topo y tractor.

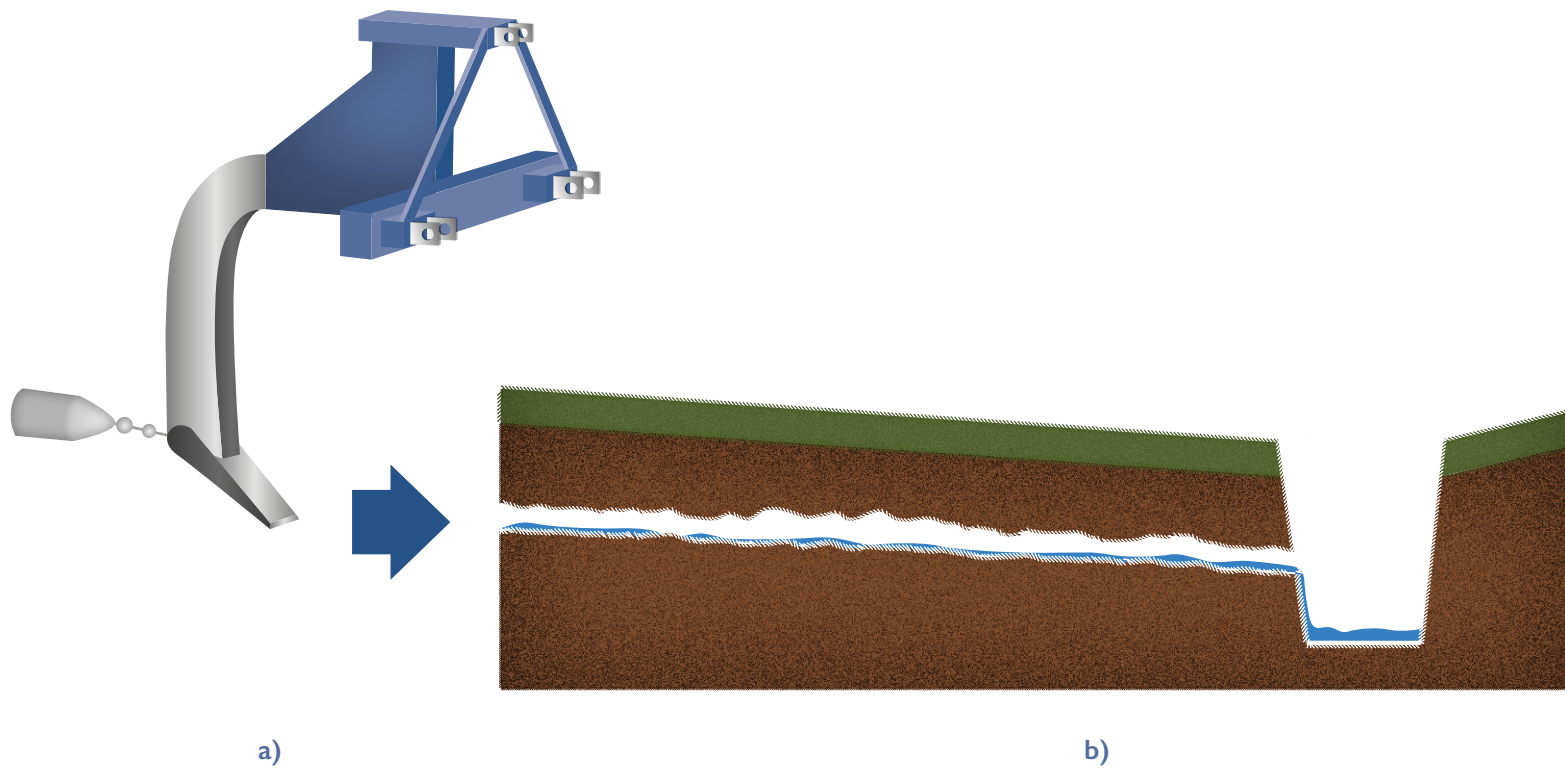
<sup>7</sup> Una pulgada es una unidad de medida del sistema inglés equivalente a 2,54 cm.

Algunas de las ventajas relevantes de emplear drenes topo son la relativa facilidad de su construcción y que, por su naturaleza, no afectan el área superficial de los lotes ni otras actividades del cultivo. Igualmente, por encontrarse por debajo de la superficie, se evita el daño de la infraestructura por el tránsito de animales y equipos empleados en tareas frecuentes como la cosecha. En cuanto a sus desventajas están la topografía del terreno, es decir la uniformidad de la pendiente que garantice un flujo uniforme del agua, y que esta tecnología se limita a suelos con unos contenidos mínimos de arcilla mencionados previamente, es decir, no se puede emplear en todas las clases de suelo.

Existe una importante diferencia entre utilizar el arado topo enganchado a la barra de tiro (Figura 18a) y el acoplado a los tres puntos del tractor (Figura 19a). El uso del primero tiene un efecto uniforme durante el proceso de construcción de los drenes (Figura 18b). Con el segundo se transmiten todos los movimientos generados por el tractor al implemento cuando transita sobre la superficie irregular del suelo, ya que el arado queda cerca de las ruedas traseras de la máquina. Esta situación da como resultado drenes topo con irregularidades a lo largo del trazado (Figura 19b), que implican deficiencias para evacuar el agua y hacen así su uso poco atractivo (Ortega y Sagado, 2001).

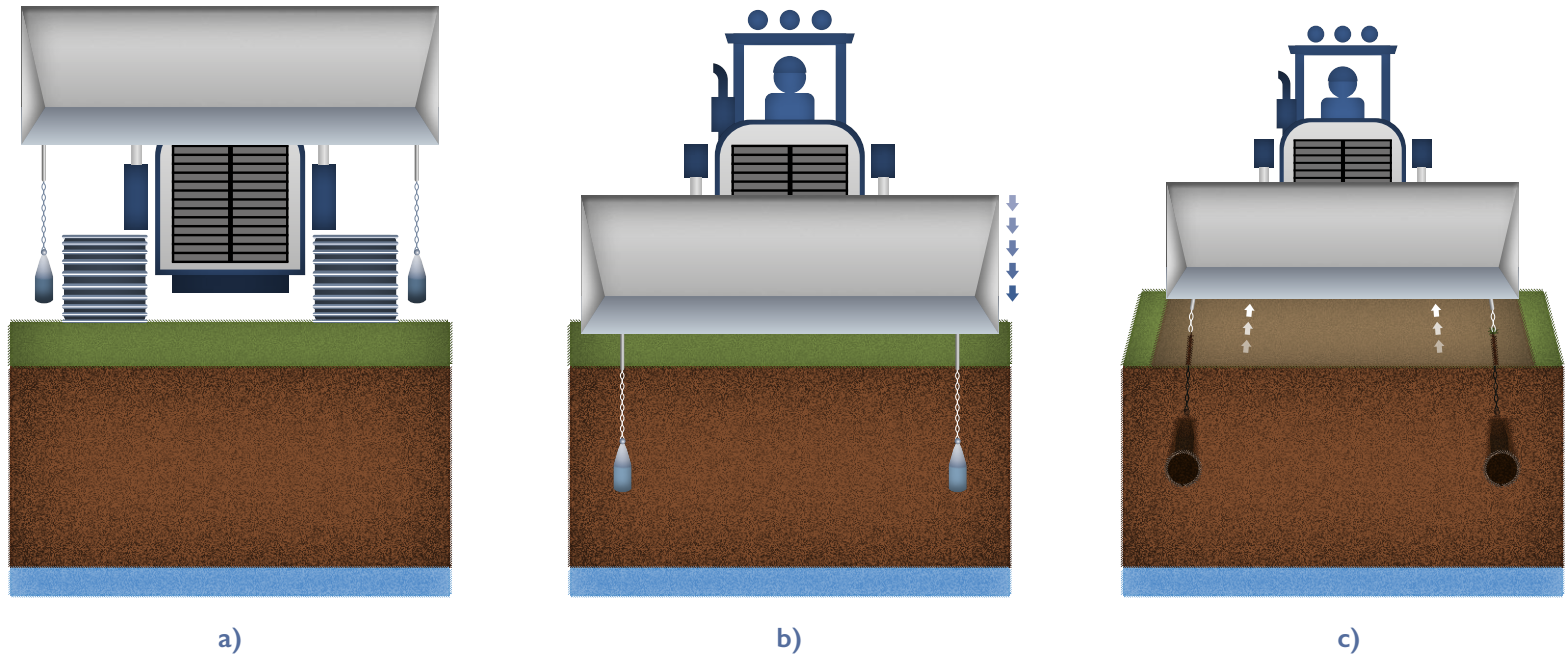


**Figura 18.** (a) Arado topo con enganche a la barra de tiro. (b) Efecto del uso del arado topo enganchado a la barra de tiro del tractor en la construcción de drenes topo.

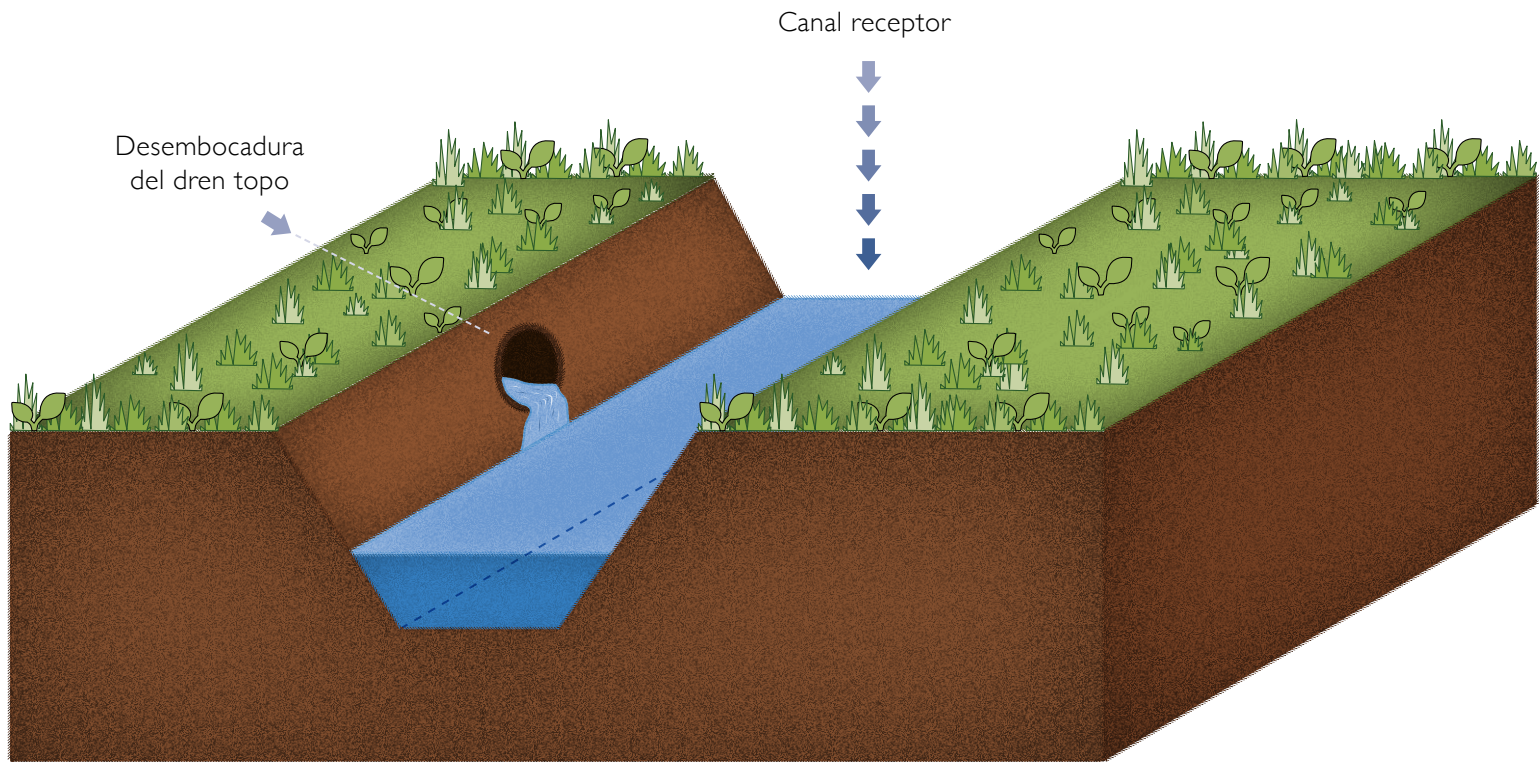


**Figura 19.** (a) Arado topo con enganche a tres puntos. (b) Efecto del uso del arado topo enganchado al sistema de tres puntos del tractor en la construcción de drenes topo.

Los arados topo han sido adaptados en máquinas diferentes a los tractores agrícolas como, por ejemplo, el buldócer. El proceso constructivo de drenes con este tipo de maquinaria se aprecia en la Figura 20a, mientras que en la Figura 21 se muestra el dren evacuando los excesos de agua en un lote cultivado con palma de aceite.



**Figura 20.** Ilustración de la elaboración de ductos de drenaje con dos balas de cañón acopladas a un buldócer: (a) Adaptación de balas de cañón bajo la hoja topadora de un tractor oruga. (b) Ubicación de topos (balas de cañón) a la profundidad deseada antes de dar reversa y perforar el borde libre del canal (ductos de drenaje) y (c) Dren topo de sección circular.



**Figura 21.** Ilustración de un dren topo en funcionamiento que descarga sus aguas en un canal receptor de drenaje.

## 2.2. Configuración de un sistema o red de drenaje

En general, un sistema o red de drenajes tiene una serie de canales principales o primarios, secundarios y terciarios. Esta clasificación se da de acuerdo con las dimensiones de la sección transversal y a la función que realizan dentro del sistema.

### 2.2.1. Canales primarios o principales (tipo 1)

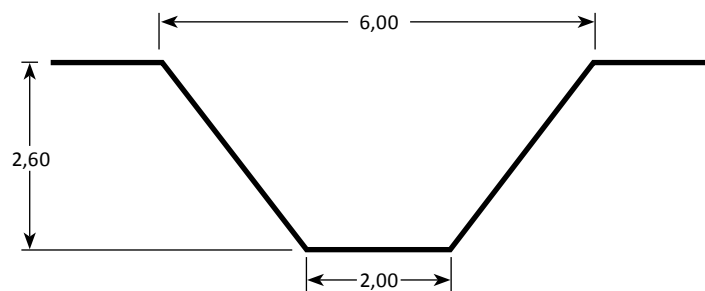
Se caracterizan por ser los de mayores dimensiones. Según Franco (2012), en el caso de canales de sección trapezoidal, pueden tener hasta 2,60 m de profundidad, 6 m de ancho entre bordes y 2 m de ancho en el fondo del canal, tal como se aprecia en la Figura 22a. Su función es recibir y conducir toda el agua de exceso colectada a través de los canales secundarios de drenaje, hacia cuerpos de agua naturales (lagos, lagunas, caños, ríos o riachuelos) o artificiales (canales más grandes) que pueden estar ubicados dentro o fuera del área del cultivo.

### 2.2.2. Canales secundarios (tipo 2)

Generalmente se ubican en el perímetro de la parte baja de los lotes y se caracterizan por ser un poco más pequeños que los primarios (Figura 22b), siendo a su vez, los receptores de aguas de los canales terciarios. Su tarea es evacuar hacia los canales principales de drenaje tanto los excesos de agua de los lotes producto de la escorrentía superficial, como los caudales suministrados por los canales terciarios.

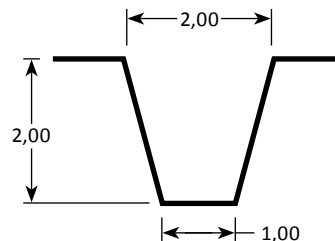
### 2.2.3. Canales terciarios (tipo 3)

Son los de menor dimensión en su sección, es decir, los más pequeños (Figura 22c). Interceptan y llevan el agua desde el interior de los lotes hasta los canales secundarios de drenaje.



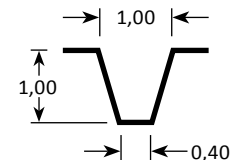
a)

Canal tipo 1  
(primario)



b)

Canal tipo 2  
(secundario)



c)

Canal tipo 3  
(terciario)

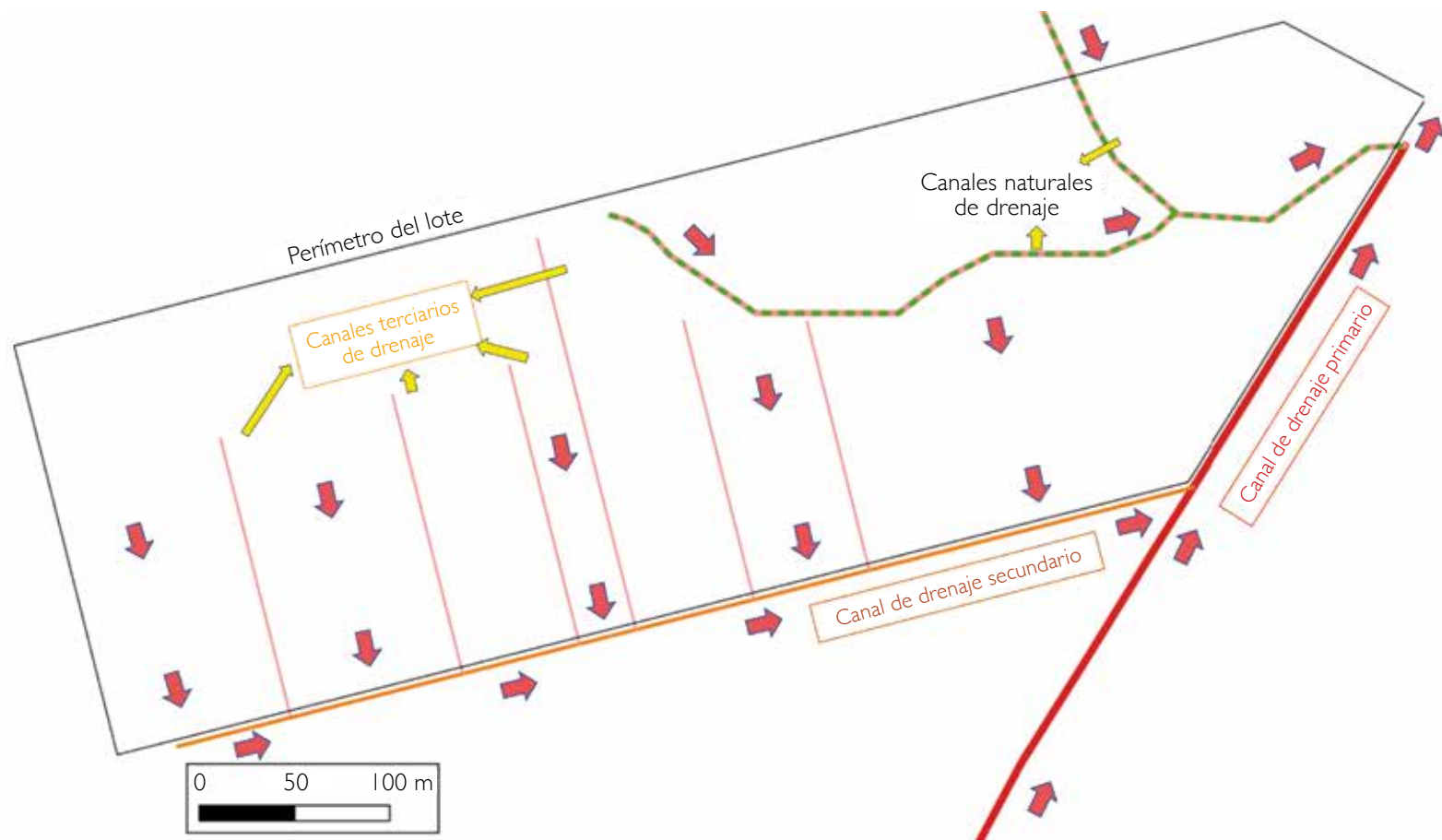
**Figura 22.** Dimensiones promedio de canales primarios, secundarios y terciarios. Unidades en metros (m).

## 2.2.4. Sangrías (tipo 4)

Como se había indicado anteriormente, son canales o surcos poco profundos, generalmente menores a 30 cm que se emplean en casos puntuales de encharcamientos. Dependiendo de la situación, pueden conectarse a los canales secundarios o terciarios de drenaje.

En resumen, los excesos de agua que se conducen a través de los canales de drenaje terciarios desembocan o descargan en los secundarios, y estos a su vez hacen en los principales o primarios, que finalmente los entregan a cuerpos de agua de mayor dimensión. En la Figura 23 se presenta una configuración de un sistema de drenaje y su sentido de flujo para un lote sembrado con palma de aceite.





**Figura 23.** Configuración de diferentes tipos de canales en una red de drenaje en un lote cultivado con palma de aceite. Las flechas de color rojo describen el sentido del flujo.

## 2.3. Aprendamos haciendo: identificación de un sistema de drenaje

### 2.3.1. Objetivos

- ▶ Identificar y clasificar los canales de una red de drenaje en un lote cultivado con palma de aceite.
- ▶ Determinar el sentido de flujo en el sistema de drenajes ya reconocido.

### 2.3.2. ¿Qué elementos necesitamos?

- ▶ Una tabla de apoyo para tomar apuntes.
- ▶ Mapa elaborado en la actividad N° 1.
- ▶ Tres hojas de papel blanco, tamaño carta.
- ▶ Tres lápices o esferos negro, azul y rojo, uno por cada color.
- ▶ Elementos de protección personal y contra la radiación directa: botas de caucho (preferiblemente con punta de acero), camisa manga larga, gorra o sombrero y protector solar.



### 2.3.3. Actividad N° 2

Teniendo como punto de partida el lote visitado en el desarrollo de la actividad N° 1, realice un recorrido de observación buscando zonas asociadas a problemas de drenaje.

1. Incluya en el mapa realizado en la actividad N° 1 cuerpos y fuentes de agua, ya sean naturales o artificiales, que se encuentren cercanos al lote.
2. ¿Qué tipo de sistema de drenajes tiene el lote? Justifique su respuesta.
3. ¿El lote presenta algún problema de drenaje? En caso de ser así, describa brevemente los hallazgos asociados al mal drenaje que encontró.
4. Si detectó áreas encharcadas, dibújelas en el mapa de la actividad N° 1. De igual forma señale con flechas el sentido de flujo del agua en la red de drenaje.
5. Clasifique los canales del sistema de drenaje según sea su tipo. ¿Cuántos canales primarios, secundarios y terciarios tiene el lote? ¿Qué aspectos puede destacar de esta clasificación?

### 2.3.4. Entregables de la actividad N° 2

A modo de ejemplo, se ilustra a continuación el desarrollo de la actividad N° 2.

1. El lote en particular no cuenta con ningún tipo de cuerpo de agua, tales como lagos o lagunas. Sin embargo, los canales de drenaje identificados como CD1 y CD2 conducen el agua que drenan otros lotes de la plantación ubicados en puntos o sectores más altos.
2. El tipo de drenaje es superficial (o subterráneo) porque... (justificar la respuesta).

3. Sí. Se encontraron tres encharcamientos en la parte baja del lote con afectación a grupos numerosos de palmas de aceite: entre 35 y 50 por charco, aproximadamente. Algunas de las plantas afectadas presentaban diferentes grados de amarillamiento en las hojas.
4. Las áreas encharcadas y el sentido de flujo se presentan en la Figura 24.

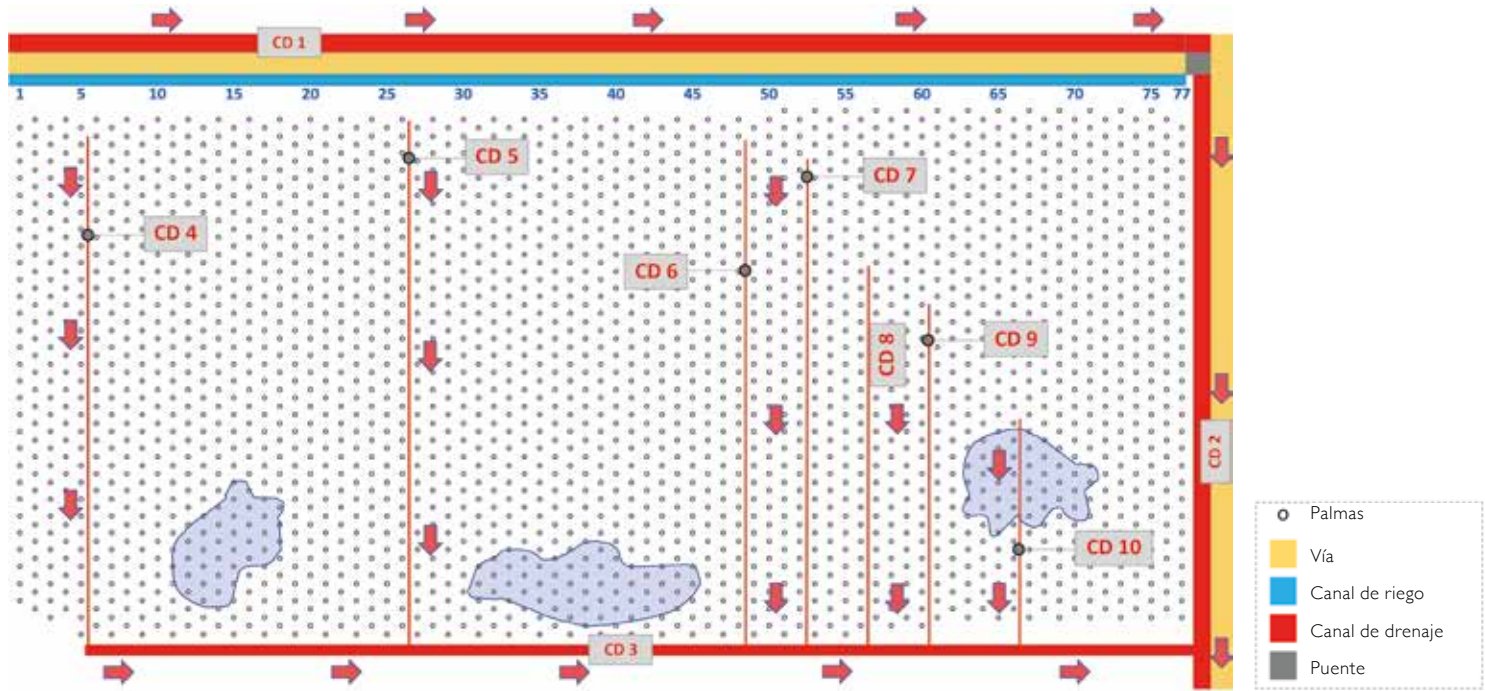


Figura 24. Identificación de encharcamientos en un lote de palma y del sentido del flujo indicado por las flechas de color rojo.

5. En la Tabla 4 se clasifican los canales identificados en la Figura 22.

Tabla 4. Identificación de canales del sistema de drenaje

Tipo de canal	Número de canales	Nombre del canal	Observación
(1) Primario	2	CD1 - CD2	Canales perimetrales de drenaje externos de grandes dimensiones. El CD2 recibe todas las aguas de drenaje del lote a través del canal secundario CD3.
(2) Secundario	1	CD3	Canal perimetral que receipta las aguas de los canales terciarios.
(3) Terciario	7	CD4 - CD5 - CD6 - CD7 - CD8 - CD9 - CD10	Canales internos de drenaje.
(4) Sangrías	0	-	No se identificaron sangrías.

## 2.4. Aprendamos haciendo: medición de la sección transversal y la longitud de los canales

### 2.4.1. Objetivo

Medir correctamente la sección transversal y la longitud de un canal de drenaje ubicado en un lote sembrado con palma de aceite.

### 2.4.2. ¿Qué elementos necesitamos?

- ▶ Una tabla de apoyo para tomar apuntes.
- ▶ Tres hojas de papel blanco, tamaño carta.
- ▶ Tres lápices o esferos negro, azul y rojo, uno por cada color.
- ▶ Una vara o una varilla de 1,5 o 2 m.
- ▶ Un flexómetro de 5 m.
- ▶ Una cinta métrica (decámetro).
- ▶ Elementos de protección personal y contra la radiación directa: guantes de carnaza, botas de caucho (preferiblemente con punta de acero), camisa manga larga, gorra o sombrero y protector solar.

### 2.4.3. Midiendo la sección transversal de un canal

Una vez ubicado en el canal de interés proceda de la siguiente manera:

1. Para medir el ancho del canal (Figura 25a), coloque un extremo de la vara sobre uno de los bordes y marque en el extremo opuesto el punto correspondiente al segundo borde del canal. Mida con el flexómetro la vara desde el primer extremo hasta la marca del segundo borde y registre la medida. Si el ancho del canal no es muy grande, hágalo directamente con el flexómetro de borde a borde.
2. Para medir la profundidad del canal (Figura 25b), ponga los extremos de la vara sobre los bordes del canal. Ubique la parte central del ancho del canal, y tome la medida con el flexómetro desde el fondo hasta la vara.
3. Con el flexómetro mida directamente el ancho del fondo del canal como se indica mediante la línea amarilla de la Figura 25c.

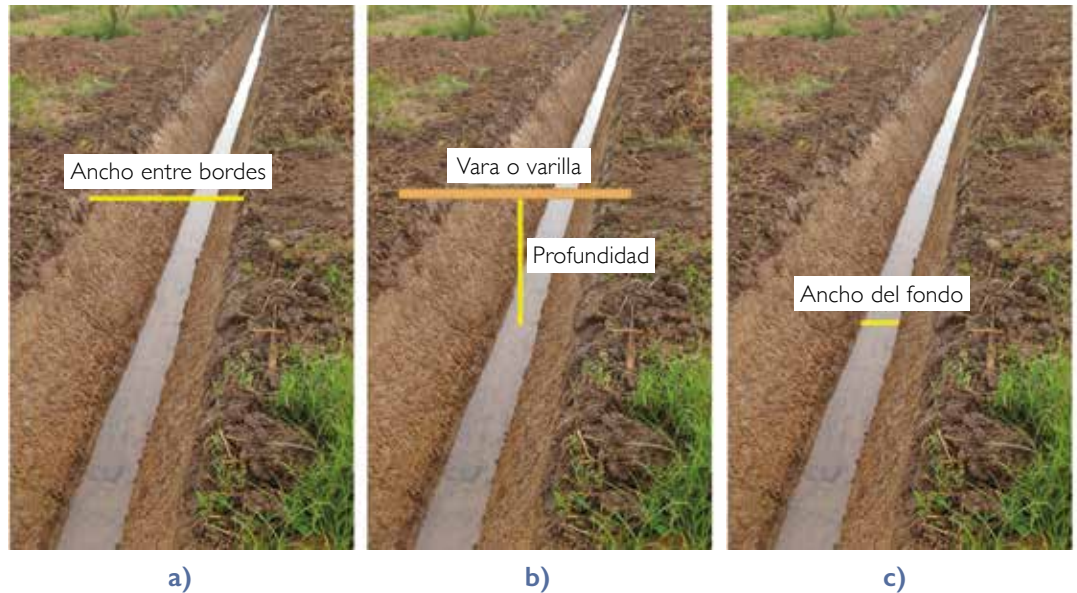
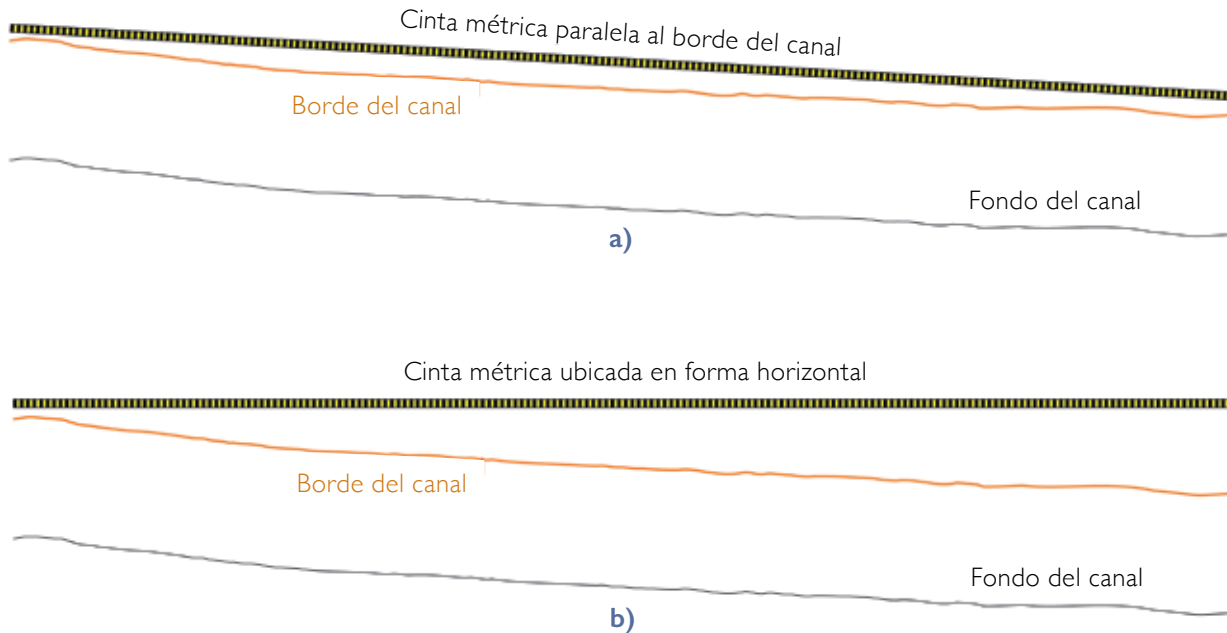


Figura 25. Medición de las dimensiones de la sección transversal de un canal.

## 2.4.4. Midiendo la longitud de un canal

Al medir la longitud de un canal se pueden presentar dos situaciones como se ilustran en la Figura 26. La primera se da cuando se dispone la cinta métrica de forma paralela a la superficie del borde del canal (Figura 26a). De esta manera se conoce el largo real, independiente del grado de inclinación o pendiente longitudinal que este pueda tener. La segunda se refiere a la longitud horizontal y se obtiene al realizar la medida con la cinta métrica de forma horizontal (Figura 26b). Esta se hace si la finalidad es determinar la pendiente de un canal.



**Figura 26.** (a) Forma de medir la longitud real de un canal (b) Forma de medir la longitud horizontal de un canal.



Cuando la pendiente longitudinal es pequeña, la longitud real del canal y la horizontal son similares.

Para determinar la longitud del canal, ubique uno de sus extremos y con la cinta métrica, proceda a medir uno de los costados de este en su sentido longitudinal (Figura 27). Al momento de emplear la cinta métrica, esta debe estar tensa y permanecer paralela a la superficie del borde del canal si se busca medir la longitud real; o se debe garantizar la horizontalidad de la medida si es el segundo caso planteado anteriormente.



**Figura 27.** Longitud del canal como dimensión a medir.

## 2.4.5. Actividad N° 3

Con base en el mapa desarrollado en las actividades 1 y 2:

1. Seleccione, al menos, un canal de drenaje de cada uno de los siguientes: principal, secundario, terciario y tipo 4.
2. Con el uso de cinta métrica y un flexómetro, mida las diferentes dimensiones de la sección transversal y longitud de estos canales. Diligencie la información solicitada en una tabla como la que aparece a continuación:

Canal N°	Tipo de canal (primario, secundario, terciario, tipo 4)	Sección transversal	Dimensiones de la sección transversal			Longitud (m)	
			Ancho entre bordes (m)	Altura (m)	Ancho del fondo o solera (m)	Real (del borde)	Horizontal



UNIDAD

III

Mantenimiento de canales



Foto: S. Fernández.

El mantenimiento de canales implica acciones ejecutadas con cierta frecuencia, que permitan conservar en el tiempo las características hidráulicas con las que fueron construidos (talud, pendiente y sección transversal).

Naturalmente, los canales en tierra tienden a ser invadidos por arvenses (malezas) que afectan su capacidad de evacuar de la mejor manera el agua (capacidad hidráulica). Así mismo, suelen sedimentarse por erosión de los taludes o por el arrastre de sedimentos. Es importante realizar mantenimiento por las siguientes razones (Ortiz y Fernández, 1994):

- ▶ Pérdida de su funcionalidad.
- ▶ Disminución de su vida útil.
- ▶ Focos potenciales de propagación de ciertas especies que pueden invadir la plantación.
- ▶ Incremento de los costos de producción.

De acuerdo con Franco (2012), existen dos tipos de mantenimientos: rutinarios (preventivos) y correctivos.

## 3.1. Mantenimiento preventivo o rutinario de canales

Se hace cuando los canales tienen excesiva cobertura vegetal (Figura 28) y sedimentos que pueden afectar su funcionalidad.

### 3.1.1. Limpieza

La limpieza de los canales de drenajes consiste en retirar objetos que obstaculicen la movilidad del agua, tales como: troncos, rocas, sedimentos y residuos vegetales, y dejarlos a distancias no menores a 50 cm del borde del canal (Fedepalma, 2016). Este tipo de mantenimiento se debe realizar entre una y dos veces al año, aunque lo más adecuado es que sean al menos dos limpiezas anuales (Franco, 2010; Arias *et al.*, 2009).

### 3.1.2. Control de malezas

Las arvenses agresivas son plantas no deseadas en el cultivo porque compiten por nutrientes, luz y agua. Dependiendo de su clase y tamaño, esta competencia puede ser muy fuerte.

En relación con los canales, que en su gran mayoría son de tierra, el crecimiento de malezas tiene lugar en diferentes partes de estos (solera, taludes y bordes), obstruyéndolos y afectando su eficiencia hidráulica.

Las arvenses en los canales (Figura 28) pueden crecer a tal punto que no es posible identificarlos a simple vista (Figura 28a). Su adecuado manejo y control oportuno son fundamentales para garantizar el buen funcionamiento de los canales (Rincón *et al.*, 2015).

Se recomienda hacer esta actividad previamente al inicio de la época de lluvias. 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 metros o más a cada costado del canal, según su tamaño. Entre más grandes sean los canales, mayores serán las distancias que deberían ser despejadas.



**Figura 28.** Diferentes condiciones de canales con presencia de arvenses.

El control de malezas en los bordes como en taludes de los canales, generalmente se realiza con guadañadora (Figura 29), machete o machetilla, cortándolas a ras del suelo (rocería) (Figura 30); mientras que para el fondo de los canales se emplea una pala o palín. De igual manera, con esta se evacúan los residuos producto de la labor que se hayan alojado en el interior, y que deben ser ubicados a más de 50 cm del borde del canal. Así se evita que retornen nuevamente al interior del canal e impidan el flujo normal del agua (Fedepalma, 2016).



**Figura 29.** Control de malezas en taludes de canales de drenaje con guadañadora.

Foto: S. Fernández.



**Figura 30.** Rocería manual de drenajes.

Foto: archivo fotográfico Fedepalma.

En algunas ocasiones se emplea control químico con la aplicación de herbicidas. Se sugiere hacerlo ocasionalmente si realmente es necesario, ya que por una parte, Franco (2012) indica que su uso excesivo induce la erosión de los taludes del canal, y por otra, la aplicación de agroquímicos se debe enmarcar dentro del Principio 7 de la RSPO (2018): Protección, conservación y mejora de los ecosistemas y el medioambiente. Este tiene como pauta, entre otros aspectos, el manejo eficaz de malezas y especies invasivas (criterio 7.1) y el uso de pesticidas que no pongan en peligro la salud de los trabajadores, las familias, las comunidades o el medioambiente (criterio 7.2), priorizando productos y métodos de aplicación selectivos que sean específicos para la maleza objetivo.

Es importante tener presente que si bien, tanto el control de malezas como la limpieza de canales son necesarios, no es conveniente mantener los taludes sin ningún tipo de cobertura, porque esto favorece la erosión (Ortiz y Fernández, 1994).



### 3.1.2.1. Cuidados que se deben tener al realizar un control de malezas

La naturaleza de las labores de control de malezas implica la existencia de riesgos inherentes a la hora de ejecutarla, por lo que es importante tener la suficiente precaución. Dentro de los peligros en un proceso de limpieza de canales están las mordeduras de serpientes (accidente ofídico) y las lesiones que puedan darse por la manipulación incorrecta de las herramientas. En ambas situaciones es muy importante conservar la calma y activar el plan de emergencias dispuesto por la plantación.

En el caso de un accidente ofídico, Hurtado y Ruiz (2016) indican lo que se debe y no se debe hacer (Tabla 5).

El único tratamiento recomendado por la Organización Mundial de la Salud, OMS, para atender este tipo de accidentes, es el suministro de suero antiofídico que es un medicamento de uso específico para tratar los envenenamientos por serpientes. Ante una situación de esta naturaleza, es importante identificar la clase de serpiente involucrada y remitir oportunamente la persona lesionada a un centro médico para que sea asistida por profesionales de la salud.



Tabla 5. Recomendaciones sobre la forma de actuar en caso de accidente ofídico

¿Qué hacer?	¿Qué NO hacer?
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Alejarse del animal.</li> <li>▶ Mantener la calma y la quietud.</li> <li>▶ Pedir ayuda.</li> <li>▶ Procurar la salida de sangre del sitio de la mordida (sin hacer cortaduras).</li> <li>▶ Lavar la herida con jabón y desinfectar.</li> <li>▶ Tener en cuenta la hora del accidente.</li> <li>▶ Identificar el animal (coral, víbora no venenosa).</li> <li>▶ Desplazarse lo más rápido a un hospital.</li> <li>▶ Exigir suero antiofídico ante diagnóstico de envenenamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <b>NO</b> correr.</li> <li>▶ <b>NO</b> ingerir alcohol.</li> <li>▶ <b>NO</b> cortar la piel.</li> <li>▶ <b>NO</b> chupar la parte afectada por la mordedura.</li> <li>▶ <b>NO</b> hacer torniquete.</li> <li>▶ <b>NO</b> curandería.</li> <li>▶ <b>NO</b> automedicarse.</li> </ul>

Cuando las lesiones son originadas por manipulación incorrecta de las herramientas como, por ejemplo, no sujetar con la suficiente fuerza el machete, se pueden presentar laceraciones con hemorragias escasas o abundantes, dependiendo de la gravedad de la herida. Para conocer cómo proceder en este caso se sugiere consultar el numeral 3. 3. de la página 64 del manual del Primer Respondiente de la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá (SDS, 2019).

### 3.1.3. Retiro de sedimentos

Los sedimentos son partículas o residuos sólidos que pueden ser arrastrados por las corrientes de agua o encontrarse en suspensión, dependiendo de su tamaño. Las gravas y arenas son sedimentos gruesos que, debido a su tamaño y peso, quedan generalmente depositados en el fondo de los canales producto del arrastre del agua (Figura 31). De igual manera existen unos más pequeños como las arenas finas, limos y arcillas que, por lo general, se encuentran suspendidos en el agua.

Si se observa turbiedad en el agua que fluye por un canal, es evidente que hay sedimentos en suspensión. Cuando los canales presentan un exceso de sedimentación, tienden a perder su capacidad hidráulica, y por tanto disminuyen su eficiencia para evacuar el agua.

Para retirar sedimentos es frecuente el uso de palas o palines, con los que se perfila o nuevamente se le da forma al talud y a la solera o plantilla del canal (Franco, 2012).



**Figura 31.** Acumulación y arrastre de sedimentos en canales de drenaje.

### 3.1.4. Siembra de coberturas en bordes y taludes

Es una actividad que busca proteger de la erosión a los bordes y taludes de los canales, ya que al construirlos quedan desnudos y expuestos a condiciones naturales que inciden en su deterioro por la acción de la lluvia, el viento y el movimiento del agua sobre ellos. Una vez establecida, no se acostumbra realizar controles químicos para evitar su desaparición. Se busca controlar la altura de las coberturas para evitar que interfiera con el flujo y reduzca la velocidad del agua en los canales (Franco, 2012). Este tipo de prácticas contribuyen a la conservación del suelo como recurso natural en el cultivo de la palma de aceite.



## 3.2. Aprendamos haciendo: mantenimiento rutinario de control de malezas y/o coberturas en canales

### 3.2.1. Objetivo

Realizar el control de malezas de forma adecuada garantizando el óptimo funcionamiento de los canales de drenaje intervenidos.

### 3.2.2. ¿Qué elementos necesitamos?

- ▶ Una lima, (Figura 32a).
- ▶ Una pala o palín, (Figura 32b).
- ▶ Un machete (Figura 33a).
- ▶ Un garabato (Figura 33a, b).
- ▶ Elementos de protección personal y contra la radiación directa: botas de caucho (preferiblemente con punta de acero), guantes de carnaza, camisa manga larga, gorra o sombrero y protector solar (Figura 34a, b).



Figura 32. (a) Lima de hierro (b) Pala y palín. Fotos: A. Ramos.



**Figura 33.** (a) Machete y garabato de fabricación artesanal (b) Trabajador con machete, garabato, pala y sus elementos de protección personal (c) Uso de machete y garabato en la limpieza de canales.

Fotos: S. Fernández.



**Figura 34.** (a) Botas de caucho con punta de acero (b) Guantes de carnaza.  
Fotos: A. Ramos.

### 3.2.3. Actividad N° 4

Para el desarrollo de esta actividad tenga en cuenta las recomendaciones dadas en el numeral 3. 1. 2. 1. *Cuidados que se deben tener al realizar un control de malezas.*

1. **Estado inicial de mantenimiento del canal.** Haga un recorrido en un lote que tenga una red de canales de drenaje y describa brevemente su estado con respecto a malezas, tanto en los bordes como en su interior. De igual forma, especifique su condición de sedimentación. Responda las siguientes preguntas:
  - a. ¿Hay obstrucción con palos?
  - b. ¿Cuál es la condición del lote?
  - c. ¿Se encuentra inundado?
  - d. ¿Los canales tienen agua?
  - e. ¿Cuál es la condición de flujo del agua?
  - f. ¿Hay tirante?
  - g. ¿Cuáles son las dimensiones de la sección transversal?
  - h. ¿Estos canales requieren algún tipo de mantenimiento preventivo? En caso de requerirlo, continúe con el punto 2, de lo contrario, retome desde el punto 1.
2. **Alistamiento de las herramientas.** Con la lima, afile el machete. Seguidamente, aliste el garabato.
3. **Ejecución de la labor.** Ubique el punto inicial del canal a intervenir e ingrese al interior de este. De acuerdo con Hinestroza *et al.* (2018), el control de malezas en un canal de drenaje se inicia desde la zona más baja hacia la más alta.

Tome el garabato con una mano, abra espacio suficiente para visualizar la superficie del suelo al igual que la base de los tallos de las malezas. Con la otra mano, coja el machete e impúlselo con el brazo hacia la base de los tallos de las malezas y realice el corte (Figura 35). Estas dos acciones son simultáneas y repetitivas hasta terminar de cortar las malezas. Posteriormente, proceda a evacuar los sedimentos y/o residuos vegetales del interior del canal a no menos de 50 cm de su borde (Figura 36).



**Figura 35.** Operario controlando malezas en el interior de un canal con machete (mano derecha) y garabato (mano izquierda).

Foto: archivo fotográfico Fedepalma.



**Figura 36.** Operario retirando malezas y sedimentos con pala desde el interior de un canal.

Foto: archivo fotográfico Fedepalma.

**4. Estado final.** Luego de haber limpiado el canal de drenaje, realice una breve descripción de su estado tomando como base las siguientes preguntas:

- a. ¿Cuál es la altura final de la maleza luego de hacer la labor?
- b. ¿A qué tipo de cuerpos de agua drena el agua del lote?



### 3.2.4. Entregables de la actividad N° 4

Con base en los aspectos tenidos en cuenta en el punto anterior, realice un informe. A modo de ejemplo, se ilustra a continuación un reporte de labores de mantenimiento de canales de drenaje.

#### INFORME DE EJECUCIÓN DE LABORES DE MANTENIMIENTO DE CANALES DE DRENAJE

1. **Estado inicial de mantenimiento del canal:** en el lote recorrido se hizo reconocimiento de la red de drenajes con los cuatro tipos de canales (primario, secundario, terciario y sangrías). Algunos se encuentran con malezas que miden cerca de 60 cm de altura aproximadamente, tanto en bordes como en su interior; etc.

Se evidenció que los canales tienen agua, sin embargo, se aprecia como si estuviera estancada dado que fluye lentamente. Se midió en tres canales distintos y el tirante estuvo entre 25 y 35 cm. Se realizaron diferentes medidas de la sección transversal en varios tipos de canales. La sección del canal primario fue...

Por su estado se considera que sí requiere mantenimiento de limpieza.

2. **Alistamiento de las herramientas:** se realizó el acondicionamiento de las herramientas y se verificó que estuvieran en óptimas condiciones.
3. **Ejecución de la labor:** se llevó a cabo la labor de corte de malezas siguiendo las recomendaciones dadas por el manual técnico (de abajo hacia arriba). Los residuos fueron retirados, al igual que el material que conformaba los sedimentos. Una vez realizada la limpieza del canal, el agua empezó a fluir con mayor velocidad. Adicionalmente...
4. **Estado final del canal:** la altura final de la maleza fue...(etc.). El agua drenada del lote es entregada a... (etc.).

### 3.3. Mantenimiento correctivo de canales

En muchas ocasiones se trazan redes de drenajes sin mayores criterios técnicos, en donde se encuentran canales con pérdidas parciales o totales de su funcionalidad. Por esta razón, los mantenimientos correctivos de un sistema de drenajes implican reparaciones o correcciones de aspectos que no fueron contemplados en el diseño o en su construcción. Franco (2012) agrega que también incluye la realización de actividades u obras destinadas al control de inundaciones o los daños causados por desastres naturales.

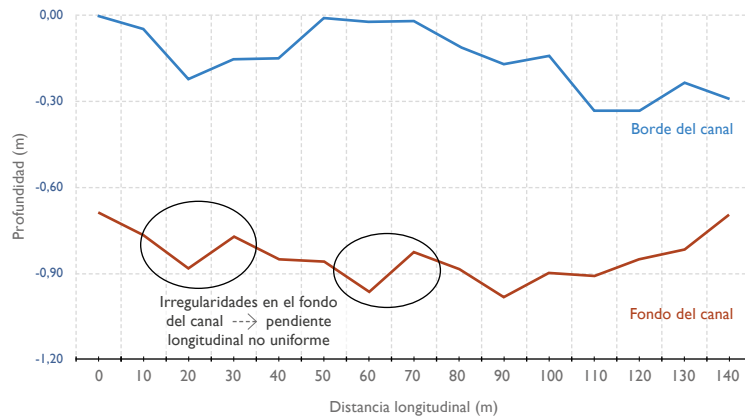
Un mantenimiento correctivo de canales es una tarea que debe ser claramente estipulada por parte del profesional encargado para tal fin. Una situación típica es hallar canales que han perdido su pendiente, y por tanto, se debe hacer una rectificación. En este caso, la labor implica realizar un levantamiento o nivelación a cargo de personal técnico calificado, con el uso de equipos topográficos como el nivel de precisión, cintas métricas (decámetros) y estacas dispuestas a lo largo del canal, debidamente identificadas y distanciadas entre sí en función de las longitudes de los canales a intervenir.

Como resultado de una nivelación se obtiene, por una parte, un perfil gráfico (Figura 37) que permite conocer las condiciones reales tanto del borde como del fondo del canal, y en el que a su vez se proyectan las pendientes y la profundidad de este para su respectiva corrección. Por otro lado, se obtienen los cortes (Tabla 6) que indican en cada punto a lo largo del canal, cuánto se debería profundizar (extracción de suelo). El mantenimiento correctivo al igual que el preventivo de canales de drenajes, se inicia desde la parte más baja hacia la más alta. En el caso de la Figura 37, el correctivo se hace desde la estaca 140 (zona más baja) hasta la estaca 0, que es la más alta del canal.

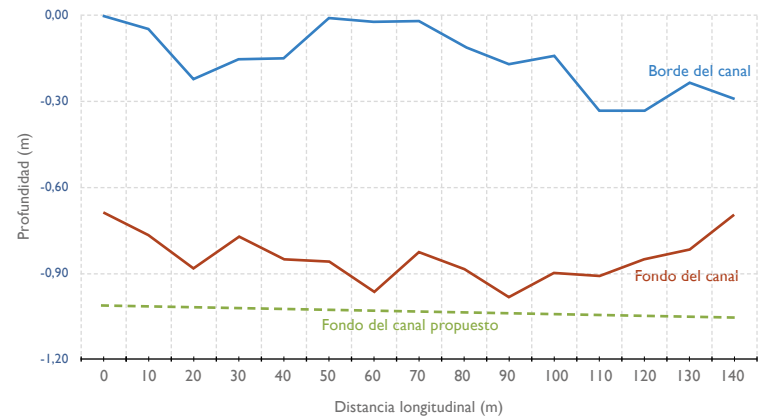
El perfil de nivelación presentado en la Figura 37 corresponde a un canal de drenaje secundario con una longitud total de 140 m, estaquillado cada 10 m. Se ilustra tanto el borde como las irregularidades del fondo que requieren ser corregidas, dado que estas limitan el flujo libre del agua teniendo en cuenta el sentido longitudinal de la pendiente del canal.

El profesional a cargo plantea una nueva proyección del fondo del canal (Figura 38) con el fin de rectificar la pendiente. En este caso, en el punto o estaca 140 se debe hacer un corte de 35 cm, es decir, el fondo del canal debe excavarse 35 cm para llegar a la profundidad deseada de acuerdo con la proyección planteada en ese punto.

Por otra parte, en la estaca 70 (Figura 38) se debe excavar 20 cm para llegar a la profundidad del nuevo fondo propuesto en el escenario planteado, mientras que en la estaca 0 el corte es de 33 cm (Tabla 6).



**Figura 37.** Perfil de nivelación de un canal de drenaje para mantenimiento correctivo.



**Figura 38.** Perfil de nivelación de un canal de drenaje y proyección del nuevo fondo propuesto.

**Tabla 6.** Tabla de cortes empleada para la corrección de pendientes longitudinales de canales

Estaca	Corte [m]	Corte [cm]
0	0,33	33
10	0,25	25
20	0,14	14
30	0,25	25
40	0,17	17
50	0,16	16
60	0,06	6
70	0,20	20
80	0,15	15
90	0,05	5
100	0,14	14
110	0,13	13
120	0,20	20
130	0,23	23
140	0,35	35

Generalmente, la corrección de pendientes se ejecuta con una pala excavadora (Figura 39) y requiere del apoyo de un operario de campo, quien va indicando al maquinista en cada punto, qué tanto debe excavar.



**Figura 39.** Pala excavadora realizando mantenimiento correctivo de canales de drenaje.

Para hacer efectivo el corte en la estaca 140 (Figura 38), en primer lugar, se mide la profundidad del canal<sup>8</sup> (Figura 40) que, para efectos de este ejemplo, fue de 48 cm. La nueva profundidad a la que se requiere llegar al intervenir con la máquina es la medida (48 cm) sumada a la indicada para realizar el corte (35 cm). Es decir  $48 \text{ cm} + 35 \text{ cm} = 83 \text{ cm}$ .

Una vez la pala excavadora haya hecho su intervención, el operario de campo debe medir nuevamente en esa estaca (140) la profundidad del canal, con la finalidad de corroborar que la intervención de la pala excavadora fue bien ejecutada. Continuando con el ejemplo, si la tarea fue adecuada, esta nueva medida debería ser de 83 cm aproximadamente.

Al ir realizando la intervención correctiva del canal, el operario de campo debe verificar en cada punto o estaca del levantamiento, que la extracción de suelo en el caso de los cortes sea la indicada por el técnico que suministra la información de cortes y rellenos. De no cumplirse con las profundidades requeridas, tiene que comunicarle al maquinista para que efectúe el corte (extracción del suelo) hasta las profundidades solicitadas. La experticia del operador de la máquina juega un papel importante a la hora de hacer la intervención entre los diferentes puntos (estacas) del levantamiento, para garantizar la uniformidad de la pendiente a lo largo del canal. Una vez finalizada la labor se recomienda dejar las estacas para efectos de verificación o evaluación de la calidad del trabajo realizado.

---

8 Para conocer cómo determinar la profundidad puede consultar la sección 2.4. *Medición de la sección transversal y la longitud de los canales.*



**Figura 40.** Verificación de profundidad del canal según perfil de nivelación.

La Figura 41 muestra la secuencia del mantenimiento correctivo de un canal de drenaje secundario que se encontraba con una gran cantidad de maleza por una parte, y por otra, la nivelación permitió evidenciar que el fondo del canal presentaba irregularidades en su pendiente (Figura 37), lo que hizo necesario su intervención para la respectiva corrección.

Las condiciones del canal no permitían evacuar el agua del lote correspondiente. La evidencia de la funcionalidad del mantenimiento correctivo se apreció desde el mismo momento de la intervención, teniendo en cuenta que a medida que la pala excavadora hacía su labor, las aguas subsuperficiales se encauzaban por el canal (Figura 41c).



**Figura 41.** Mantenimiento correctivo del canal secundario de drenaje. (a) Gran cantidad de maleza en el canal (b) Inicio de intervención con pala excavadora (c) Inicio de flujo de agua durante la intervención del canal (d) Canal de drenaje intervenido y con funcionalidad recuperada. (e) Condición del canal de drenaje después de una semana de intervenido.

A continuación se relaciona el procedimiento típico al momento de apoyar un mantenimiento general correctivo de drenajes.

1. Confirmar las convenciones empleadas por el topógrafo o técnico que haya realizado el levantamiento del canal en relación con los cortes y rellenos, para evitar errores en el procedimiento y aclarar cualquier inquietud por parte del operario de campo.
2. Ubicar la estaca correspondiente al punto inicial de intervención y cerciorarse que la estaca localizada en campo coincida con la información suministrada en la tabla de cortes y rellenos.
3. Medir la profundidad del canal.
4. Indicar al operario de la pala excavadora la magnitud del corte a realizar.
5. Una vez intervenido el punto por parte del maquinista, medir la nueva profundidad del canal y corroborar que el corte realizado haya sido el indicado.
6. Repetir los pasos 3 al 5 para las estacas restantes del levantamiento.

### **3.3.1. Cuidados que se deben tener al realizar un mantenimiento correctivo de canales con asistencia de maquinaria pesada**

Además de las recomendaciones dadas en el numeral 3.1.2.1. *Cuidados que se deben tener al realizar un control de malezas*, es preciso estar atentos en los desplazamientos en los lotes ya que se pueden presentar caídas al interior de los canales ocasionando traumas o lesiones de consideración. Igualmente, se debe tener precaución y guardar distancia prudente con respecto a la maquinaria que realice la corrección de canales. Mantener el contacto visual y la comunicación con el operario de la máquina es importante para evitar accidentes en campo que comprometan la integridad y la vida de las personas.

## 3.4. Aprendamos haciendo: interpretación de una tabla de cortes para el apoyo en el mantenimiento correctivo de canales de drenaje

### 3.4.1. Objetivo

Interpretar de manera correcta la información contenida en una tabla de cortes empleada para la corrección de pendientes longitudinales, con el fin de apoyar adecuadamente el mantenimiento correctivo de canales de drenaje.

### 3.4.2. ¿Qué elementos necesitamos?

- ▶ Tabla de cortes suministrada por el técnico o topógrafo que realizó el levantamiento del canal.
- ▶ Un marcador.
- ▶ Ocho bolsas plásticas de color blanco.
- ▶ Una vara o varilla de 1,5 o 2 m.
- ▶ Un machete.
- ▶ Un flexómetro.
- ▶ Una cinta métrica (decámetro).
- ▶ 16 estacas.
- ▶ Elementos de protección personal y contra la radiación directa: botas de caucho (preferiblemente con punta de acero), camisa manga larga, gorra o sombrero y protector solar.





### 3.4.3. Actividad N° 5

1. De acuerdo con el recorrido realizado en el numeral 1 de la Actividad N° 4, seleccione un canal y ubíquese en uno de sus bordes, en el inicio de este (parte más alta).
2. Rasgue las bolsas plásticas por la mitad y amárrelas a cada estaca. Luego márquelas de la siguiente forma: 0, 10, 20, ... hasta 160.
3. Coloque la estaca 0 como punto inicial. A partir de este punto y, con el apoyo de otra persona, ubique las estacas sobre el borde del canal cada 10 m hasta completar una longitud de 150 m. Al realizar la medida con la cinta métrica, tensiónela garantizando su horizontalidad.
4. Mida la profundidad del canal en cada punto definido por las estacas y diligencie la Tabla 7. Teniendo en cuenta los cortes dados en esta, establezca la nueva profundidad de los canales.

**Nota:** utilice como guía la situación hipotética planteada en el numeral 3.4.4.

Tabla 7. Tabla de cortes empleada para la corrección de pendientes longitudinales de canales

Estaca	Corte [cm]	¿Cuál es la profundidad (cm) del canal sin intervenir?	¿Cuál debería ser la nueva profundidad (cm) del canal luego de que sea intervenido?
0	40		
10	38		
20	35		
30	41		
40	32		
50	23		
60	35		
70	31		
80	47		
90	43		
100	34		
110	52		
120	28		
130	35		
140	37		
150	26		

### 3.4.4. Entregables de la actividad N° 5

Los numerales del 1 al 3 se efectúan en campo. Para desarrollar el 4, tenga en cuenta la siguiente ilustración dada como ejemplo para las primeras tres estacas.

**Situación hipotética para resolver el punto 4 de la actividad N° 5:** una vez se haya estaquillado el borde del canal, la medida de las profundidades en las primeras tres estacas fueron 35, 38 y 42 cm, respectivamente. De esta forma, al tener en cuenta y sumar los cortes suministrados en la Tabla 4, con las profundidades medidas en el canal, se obtienen las nuevas profundidades que para estos puntos serían 75, 76 y 77 cm, respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Tabla de cortes empleada para la corrección de pendientes longitudinales de canales

Estaca	Corte [cm]	¿Cuál es la profundidad (cm) del canal sin intervenir?	¿Cuál debería ser la nueva profundidad (cm) del canal luego de que sea intervenido?
0	40	35	75
10	38	38	76
20	35	42	77
⋮	⋮	⋮	⋮
140	37	⋮	⋮
150	26	⋮	⋮

# Glosario

- **Acequia:** canal de pequeñas dimensiones.
- **Antrópico:** cualquier actividad realizada por el hombre.
- **Caudal:** es la descarga o cantidad de agua que se tiene por unidad de tiempo. Este puede estar dado en litros por segundo (l/s), litros por minuto (l/min), metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ), etc.
- **Cultivo perenne:** es aquel cuyo ciclo vegetativo dura muchos años. También se conoce como cultivo permanente.
- **Diámetro:** ancho máximo de un cuerpo circular.
- **Erosión:** es el proceso de degradación debido a efectos de carácter natural como los climáticos (precipitación y/o viento), o de carácter antrópico como el riego agrícola. La erosión implica la pérdida gradual tanto de la estructura como del volumen del suelo.
- **Escorrentía:** se conoce también como escurrimiento y se da cuando el agua fluye sobre una superficie como la del suelo.
- **Flexómetro:** instrumento que sirve para medir distancias o longitudes. Comúnmente recibe también el nombre de metro.

- **Garabato:** es un trozo de madera o vara de aproximadamente 72 a 80 cm de longitud, en el que uno de sus extremos termina en V, y que se utiliza como apoyo y extensión para la protección en labores manuales. La longitud es equivalente a 1,5 codos, como unidad del antebrazo y de la mano humana (Fernández, 2018).
- **Infiltración:** proceso físico en el que el agua penetra la superficie del suelo. La velocidad de infiltración determina qué tan rápido puede pasar el agua del exterior al interior del suelo.
- **Nivel freático (NF):** hace referencia a la distancia o profundidad que hay entre la superficie del suelo y el nivel del agua que hay en el subsuelo. Es conocido también como napa o manto freático.
- **Precipitación:** es la cantidad de agua que cae a la superficie terrestre y proviene de la humedad atmosférica, ya sea en estado líquido (llovizna y/o lluvia) o en sólido (escarcha, nieve, granizo) (Lozano-Rivas, 2018).
- **Rocería:** término que proviene del verbo rozar de acuerdo con el DRAE (2009), significa desmonte y es una práctica agrícola común en Colombia que consiste en eliminar plantas arvenses o rastrojos con machete.
- **Sangría:** hace referencia a una acequia.
- **Suelo:** de acuerdo con Jaramillo *et al.* (2002) citando a Littleton y Buckman (1944), el suelo es el soporte para las plantas, que se estudia desde un punto de vista netamente práctico, orientado a obtener los mejores rendimientos agropecuarios posibles.

# Agradecimientos

## Proceso de validación de este documento

Los autores agradecen a las siguientes personas y empresas por sus valiosos aportes durante el proceso de validación en campo del contenido de esta publicación:

Carlos Andrés Arias Bustos  
Cecilia Rosa Mancera  
Diego Barreto  
Diego Fernando Díaz Rosero  
Gloria Celeste Sánchez Hinojosa  
Heyder Andrés Rojas Vargas  
Jhon Leison Quiñones Caicedo  
John Helem Villarroel  
José Luis Quintero Rangel  
Juan Carlos Vélez Zape  
Martín Amézquita Medina  
Ruth Eunice Salazar Ramírez  
Santiago Arango

## Empresas participantes:

Astorga S. A.  
Bellacruz del Llano S. A. S.  
Cenipalma  
Extractora del Sur de Casanare S. A. S.  
Indupalmarito S. A. S.  
Palmas de Puerto Gaitán S. A. S.  
Palmasol S. A.  
Unipalma de los Llanos S. A.

# Bibliografía

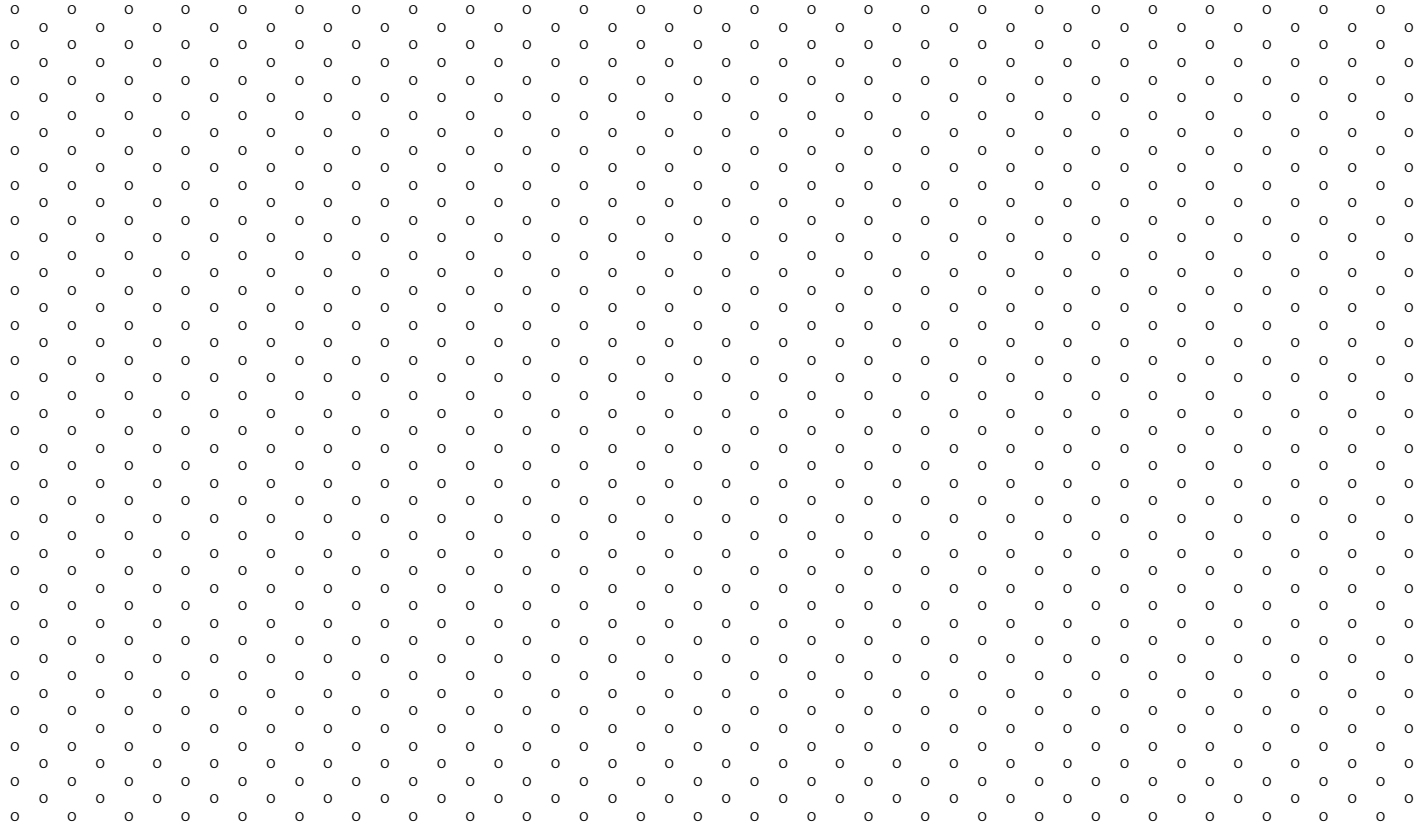
- Arias, N., Obando, O., Motta, D., Mosquera, M., Gómez, P.L., Franco, P. N., Álvarez, M., Betancourt, F., Díaz, D. y Bernal, P. (2009). *Principios Agronómicos para el establecimiento de una plantación de palma de aceite*. Bogotá D.C., Colombia: s.n. ISBN 978-958-8360-06-5.
- Bernal, F. (2001). *El cultivo de la palma de aceite y su beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor*. Bogotá, Colombia: s.n. ISBN 958-96494-3-2.
- CEM. (2008). *El Sistema Internacional de Unidades*. 8ª edición. Madrid, España: s.n.
- Chow, V.T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. S.I.: s.n. ISBN 958-6000-228-4.
- DRAE (2009). *Diccionario de la Real Academia Española*. Disponible en: <https://dle.rae.es/?id=WZDwF8P>.
- FAO (1996). *Drainage of Irrigated Lands Irrigation Water Management (Training Manual N° 9)*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ai587e/ai587e.pdf>
- Fedepalma (2016). *Mejores prácticas agroindustriales del cultivo de la palma de aceite en Colombia*. S.I.: s.n. ISBN 9789588360676.
- Fernández, A. (2018). El garabato: uso cotidiano y tradición en Costa Rica. *Revista Herencia*, 31 (2), 41-54.
- Franco, P. N. (2010). *Labores culturales del cultivo*. S.I.: s.n. ISBN 9789588616056.
- Franco, P. N. (2012). *Manejo integrado del recurso hídrico*. Bogotá D. C., Colombia: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.
- Gallardo, P. (2018). *Diseño de canales abiertos*. Disponible en: <https://www.3ciencias.com/libros/libro/disenio-de-canales-abiertos/>

- Genty, P. y Ujueta, M. (2013). *Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG - Coari x La Mé*. Bogotá D. C., Colombia: Fedepalma. ISBN 9789588616537.
- Hinestroza, A., Ojeda, S. J., Rincón, C. A., Quintero, J. y Martínez, D. (2018.) *Manual de procedimientos operativos estándar para la implementación de mejores prácticas de sostenibilidad*. Bogotá D. C., Colombia: s.n. ISBN 9789585492059.
- Hurtado, J. P. y Ruiz, F. J. (2016). *Prevención y manejo de accidente ofídico en Colombia*. Bogotá, D. C, Colombia: Instituto Nacional de Salud. FarmAcción Latinoamérica. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Comunicaciones/Infografias/INFORGRAFÍA ACCIDENTE OFÍDICO.pdf>
- Jaramillo, D., Rodríguez, E. y Díaz, K. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. DOI: 10.1017/CBO9781107415324.004
- Littleton, L. y Buckman, H. (1944). *Edafología: naturaleza y propiedades del suelo*. Buenos Aires, Argentina: Acme Agency.
- Lozano-Rivas, W. A. (2018). *Clima, hidrología y meteorología*. S.l.: s.n.,
- Ortega, L. y Sagado, L. (2001). *Drenaje en suelos agrícolas*. Región de la Araucanía, Chile: Instituto de investigaciones agropecuarias INIA - Carillanca Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9696/CNR-0165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortiz, R. A. y Fernández, O. (1994). *El cultivo de la palma aceitera*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Disponible en: [https://books.google.com.co/books?id=xZkO8yiPgf0C&pg=PA106&dq=protección+de+taludes+de+canales+de+drenaje+con+coberturas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwIj75XS3e\\_oAhXBg-AKHYLIAU0Q6AEIKDAA#v=onepage&q=protección de taludes de canales de dre](https://books.google.com.co/books?id=xZkO8yiPgf0C&pg=PA106&dq=protección+de+taludes+de+canales+de+drenaje+con+coberturas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwIj75XS3e_oAhXBg-AKHYLIAU0Q6AEIKDAA#v=onepage&q=protección de taludes de canales de dre)



- Paladines, J. C. (2015). *Productos bituminosos empleados en los pavimentos. Determinar la consistencia del cemento asfáltico y su gravedad específica*. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5340/1/TTUAIC\\_2015\\_IC\\_CD0071.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5340/1/TTUAIC_2015_IC_CD0071.pdf)
- Rincón, A. H., Delgado, T. E. y Molina, D. L. (2015). *Establecimiento y manejo de leguminosas de cobertura en palma de aceite*. S.l.: s.n. ISBN 9789588360553.
- RSPO. (2018). *Principios y criterios para la producción de aceite de palma sostenible*. Kuala Lumpur, Malasia: Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO).
- SDS. (2019). *Promoción y Prevención / Primer Respondiente* Bogotá D. C., Colombia: Secretaría Distrital de Salud. Disponible en: [http://www.saludcapital.gov.co/DCRUE/Documents/Cartilla\\_Primer\\_respondiente.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/DCRUE/Documents/Cartilla_Primer_respondiente.pdf).
- Torres, J. S. (2014). *Principios básicos para identificar problemas de drenaje en el cultivo de la palma*. Boletín Técnico 34. Bogotá D. C., Colombia: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

# Anexo. Plantilla de puntos de palmas





Esta publicación es propiedad del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, por tanto, ninguna parte del material ni su contenido, ni ninguna copia del mismo puede ser alterada en forma alguna, transmitida, copiada o distribuida a terceros sin el consentimiento expreso de Cenipalma. Al realizar la presente publicación, Cenipalma ha confiado en la información proveniente de fuentes públicas o fuentes debidamente publicadas. Contiene recomendaciones o sugerencias que profesionalmente resultan adecuadas e idóneas con base en el estado actual de la técnica, los estudios científicos, así como las investigaciones propias adelantadas. A menos que esté expresamente indicado, no se ha utilizado en esta publicación información sujeta a confidencialidad ni información privilegiada o aquella que pueda significar incumplimiento a la legislación sobre derechos de autor. La información contenida en esta publicación es de carácter estrictamente referencial y así debe ser tomada y está ajustada a las normas nacionales de competencia, Código de Ética y Buen Gobierno de la Federación, respetando en todo momento la libre participación de las empresas en el mercado, el bienestar de los consumidores y la eficiencia económica.

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma  
Bogotá, D.C. - Colombia  
[www.cenipalma.org](http://www.cenipalma.org)