



# MANUAL TÉCNICO

## PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE **ABACÁ**

*(Musa textilis Née)*

### EN COSTA RICA

# Créditos

## **Autores:**

**Dagoberto Arias Aguilar, Ph. D.**

**Mónica Araya Salas, M. Sc.**

**Edwin Esquivel Segura, Ph. D.**

**Maribel Jiménez Montero, M. Sc.**

Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC)

## **Revisores:**

**Ariana Quirós Morera**

Promotora de Comercio Exterior de  
Costa Rica (PROCOMER)

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de Contenidos .....	03
Índice de Figuras .....	05
Índice de Tablas .....	09
<b>1. Presentación .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Capítulo 1. Generalidades del cultivo .....</b>	<b>11</b>
2.1. Origen y distribución .....	11
2.2. Historia nacional .....	13
2.3. Importancia del cultivo .....	14
2.4. Exportaciones de abacá de Costa Rica .....	16
2.5. El ciclo de producción de abacá .....	17
<b>3. Capítulo 2. Botánica de la especie .....</b>	<b>18</b>
3.1. Clasificación taxonómica .....	19
3.2. Morfología de la especie .....	19
3.3. Fases fenológicas del cultivo .....	21
3.4. Cultivares/Variedades .....	22
3.5. Descripción de la fibra de abacá .....	24
<b>4. Capítulo 3. Requerimientos edafoclimáticos .....</b>	<b>27</b>
<b>5. Capítulo 4. Requerimientos de manejo agronómico .....</b>	<b>29</b>
5.1. Gestión de la inocuidad y calidad durante la producción .....	30
5.1.1. Distancia de siembra y densidad .....	30
5.1.2. Preparación del suelo para la siembra .....	31
5.2. Material de siembra y propagación .....	32
5.2.1. Semilla tipo “cormo” .....	32
5.2.2. Plantas obtenidas de cultivo <i>in vitro</i> .....	35
5.3. Siembra .....	36
5.3.1. Trazado de la plantación .....	38
5.3.2. Trasplante en el campo .....	38
<b>6. Capítulo 5. Manejo de la plantación .....</b>	<b>39</b>
6.1. Control de arvenses .....	39
6.1.1. Rodaja .....	39
6.1.2. Chapeas .....	40
6.1.3. Control químico .....	40
6.2. Plan de manejo y conservación de suelos .....	41
6.2.1. Muestreo de suelos .....	41
6.3. Aplicación de enmiendas .....	44
6.4. Fertilización .....	46
6.5. Control de aguas .....	51
6.5.1. Drenajes .....	51
6.3. Deshija .....	52
6.4. Deshoja .....	54

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>7. Capítulo 6. Manejo integrado de plagas y enfermedades</b> .....	<b>55</b>
7.1. Causas de aparición .....	55
7.2. Consideraciones del Manejo Integrado de Plagas (MIP) .....	56
7.3. Principales plagas y enfermedades en el cultivo .....	59
7.4. Enfermedades fúngicas .....	59
7.4.1. Agente causal: <i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Cubense</i> , Raza 1 .....	59
7.4.2. <i>Fusarium</i> Raza 4 (Foc R4T) .....	60
7.4.3. Pudrición seca del seudotallo .....	63
7.5. Enfermedades bacterianas .....	64
7.5.1. Agente causal: <i>Ralstonia</i> spp. ....	64
7.5.2. Pudrición bacteriana del cormo o pudrición blanda .....	65
7.6. Otros microorganismos e insectos .....	66
7.6.1. Nematodos fitoparásitos .....	66
7.6.2. Picudo negro .....	67
7.6.3. Taltuzas .....	68
7.6.4. Zompopas .....	69
7.6.5. Araña roja .....	71
7.7. Resumen de las recomendaciones generales sobre el manejo de plagas y enfermedades .....	72
<b>8. Capítulo 7. Cosecha y postcosecha</b> .....	<b>72</b>
8.1. Cosecha del producto .....	73
8.2. Las máquinas para extraer fibra y sus características .....	74
8.3. La primera cosecha .....	76
8.4. Preparación de los seudotallos para la máquina tipo Deco .....	77
8.5. Tuxeado de los seudotallos para procesar con máquina Spindle .....	78
8.6. Secado y almacenamiento de la fibra .....	80
8.7. Selección de la fibra en el campo (calidades) .....	82
8.8. Transporte y almacenamiento de la fibra .....	84
<b>9. Capítulo 8. Salud y bienestar laboral</b> .....	<b>86</b>
9.1. Seguridad y rendimiento de las máquinas .....	86
9.2. Almacenamiento de agroquímicos .....	86
<b>10. Capítulo 9. Certificaciones</b> .....	<b>88</b>
<b>11. Capítulo 10. Buenas prácticas agrícolas (BPA)</b> .....	<b>90</b>
11.1. ¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)? .....	90
11.1.1. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para evitar el ingreso <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i> , Raza 4 Tropical .....	90
11.1.2. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la adaptación al cambio climático .....	93
<b>12. Capítulo 11. Estimación de los costos iniciales de una plantación de Abacá</b> .....	<b>99</b>
<b>13. Consideraciones finales</b> .....	<b>101</b>
<b>14. Referencias bibliográficas</b> .....	<b>102</b>

# TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sitio de origen del cultivo de abacá en Filipinas. ....	11
<b>Figura 2.</b> Usos más comunes de la fibra de abacá en el mercado internacional. ....	15
<b>Figura 3.</b> Exportaciones de fibra de abacá hacia diferentes países en el período del 2019 al 2023. ....	17
<b>Figura 4.</b> Ciclo del cultivo de abacá en Costa Rica. ....	18
<b>Figura 5.</b> Estructura de una cepa de 5 meses de edad. ....	19
<b>Figura 6.</b> Detalle de la a. inflorescencia, b. fruto, y c. seudotallos de una planta madura de abacá. ....	20
<b>Figura 7.</b> Detalle de a. plántula, b. planta juvenil (3 meses), c. planta adulta joven (6 meses), d. planta adulta parida de abacá (12-16 meses). ....	21
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de la biomasa (kilogramos de materia seca) a través del tiempo en una plantación de abacá madura. ....	22
<b>Figura 9.</b> Detalle y aspecto de la fibra recientemente procesada mediante la máquina Spindle. ....	25
<b>Figura 10.</b> Mapa preliminar de las zonas recomendables para el cultivo de abacá en Costa Rica. ....	29
<b>Figura 11.</b> Sistema de siembra en tresbolillo para la optimización de la entrada de luz. ....	31
<b>Figura 12.</b> Colocación de cormos en una malla o saco para facilitar la desinfección. ....	33
<b>Figura 13.</b> Plantas de abacá regeneradas con semilla tipo cormo. ....	34
<b>Figura 14.</b> Plantas de abacá obtenidas mediante cultivo <i>in vitro</i> y aclimatadas en bolsa plástica. ....	36
<b>Figura 15.</b> Plantación de abacá con diferentes condiciones de control de malezas: ausencia de control (x) y las rodajeas. Se puede observar el concepto de la rodaja y el efecto del uso de la motoguadaña. En las imágenes se observa una rodaja mínima o sea puede ser más grande. ....	40

# TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 16.</b> Ilustración del método de toma de muestras compuestas de suelo. ....	42
<b>Figura 17.</b> Ejemplo de un resultado de análisis de suelos elaborado por el INTA en una finca en Sarapiquí con una alta saturación de acidez (53%). ....	44
<b>Figura 18.</b> Encalado de una plantación joven de abacá en el área de la rodajea. ....	46
<b>Figura 19.</b> Contenido de macroelementos absorbidos por la planta de abacá durante el ciclo productivo de una plantación de abacá en Guácimo, Limón. $K_2O$ es una forma de potasio, N es nitrógeno, Ca es calcio, $P_2O_5$ es una forma de fósforo, MgO es una forma de magnesio y $SO_4$ es una fuente de azufre. DDS se refiere a días después de la siembra. ....	48
<b>Figura 20.</b> Detalle de la construcción de drenajes mediante el uso de pala en a. Siquirres con suelo de alta fertilidad y b. Horquetas con suelo de mediana fertilidad y más arcilloso. ....	52
<b>Figura 21.</b> (a) Detalle de una cepa típica de abacá de seis meses, (b) observación de los hijos de agua yseudotallos prensados y (c) resultado de la aplicación de una óptima deshija con los pseudotallos bien espaciados. ....	53
<b>Figura 22.</b> Cepa de abacá con un manejo inadecuado de los hijos y hojas secas (izquierda) y plantación con una aplicación adecuada de la deshija y deshoja de solamente las hojas secas (derecha). ....	54
<b>Figura 23.</b> Principios del manejo integrado de plagas en el cultivo del abacá. ....	56
<b>Figura 24.</b> Actividades para un buen manejo integrado de plagas por fase del cultivo. ....	57
<b>Figura 25.</b> Manifestación de la enfermedad <i>Fusarium</i> sp. Raza 1 en una musácea. ....	60
<b>Figura 26.</b> Manifestación de la enfermedad causada por <i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Cubense</i> , Raza 4 Tropical en una musácea. ....	61
<b>Figura 27.</b> Métodos de dispersión más comunes del Foc R4. ....	62
<b>Figura 28.</b> Detalle de la afectación del hongo <i>Marasmiellus</i> spp. ....	63
<b>Figura 29.</b> Detalle de la afectación de la bacteria <i>Ralstonia</i> spp. ....	64
<b>Figura 30.</b> Detalle de la afectación de la bacteria <i>Erwinia</i> spp en una musácea. ....	65

# TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 31.</b> a) Detalle de un nematodo juvenil, huevo y adulto; b) daño a la raíz; c) volcamiento de plantas, en este caso de banano. ....	67
<b>Figura 32.</b> Detalle de a. Picudo negro, b. y c. manifestación de los daños causados en un cormo. ....	68
<b>Figura 33.</b> Detalle del a. roedor <i>Orthogeomys</i> spp. y b. modo de establecimiento de trampa artesanal para la captura de taltuzas. ....	69
<b>Figura 34.</b> Detalle de la manifestación de los daños producidos por la hormiga <i>Atta</i> spp en un cultivo. ....	70
<b>Figura 35.</b> Afectación del follaje por <i>T. urticae</i> en hojas de abacá. ....	71
<b>Figura 36.</b> Detalle de las dos máquinas que se utilizan en Costa Rica para extraer la fibra de abacá. ....	75
<b>Figura 37.</b> Inflorescencia del abacá, indicador de la madurez de la fibra. ....	76
<b>Figura 38.</b> Detalle del deslaminado donde se aprecian las cáscaras externas (calidad 2) (izquierdo) y desfibrado de cáscaras internas (calidad 1) con máquina tipo Deco (derecha). ....	78
<b>Figura 39.</b> Detalle de una máquina tipo Spindle. ....	78
<b>Figura 40.</b> Detalle de unseudotallo sin las hojas y listo para el tuxeado. ....	79
<b>Figura 41.</b> Detalles de la separación (laminado) de las capas (tuxis) que contienen las fibras y formación de los grupos de capas (tonguillos) que posteriormente serán descorticados. Este proceso produce una fibra más limpia de restos de tejidos vegetales. ....	80
<b>Figura 42.</b> Detalle del secado de la fibra en tendedores (izquierda) y acopio del producto seco y seleccionado para su transporte en bultos (derecha). Ambos casos, procesado con máquina Deco. ....	81
<b>Figura 43.</b> Tendedores protegidos con plástico transparente. ....	82
<b>Figura 44.</b> Detalle de las cáscaras de segunda calidad (a), fibra de segunda calidad (b), cáscaras de primera calidad (c) y fibra de primera calidad (d). Los tendedores están colocados directamente en la plantación. ....	83
<b>Figura 45.</b> Detalle del repaso de la selección por calidades en los tendedores (a) y la formación de bultos clasificados y listos para el transporte a prueba de lluvia (b). ....	84

# TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 46.</b> Detalle de una paca lista para su transporte en contenedor con un peso entre 120 y 125 kg. ....	<b>85</b>
<b>Figura 47.</b> Clasificación según el riesgo de uso de plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). ....	<b>87</b>
<b>Figura 48.</b> Detalle del pediluvio estándar debidamente rotulado (a) y el correcto funcionamiento de este (b). ....	<b>91</b>
<b>Figura 49.</b> Equipo de protección personal recomendado para el uso y manejo adecuado de plaguicidas. ....	<b>93</b>
<b>Figura 50.</b> Siembra de árboles de melina en los linderos de la plantación de abacá (izquierda) y siembra en líneas cada 5 metros dentro de la plantación (derecha). ....	<b>94</b>
<b>Figura 51.</b> Plantación del árbol del hule donde se aprecia los espacios para cultivar abacá ....	<b>95</b>
<b>Figura 52.</b> Ejemplos de diferentes prototipos de papel elaborados a partir de fibras residuales de abacá en Costa Rica. ....	<b>97</b>
<b>Figura 53.</b> Muestra de los tableros realizados en laboratorio considerando diferentes mezclas de madera de Melina y fibra de Abacá. ....	<b>98</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Panorama de la producción y distribución actual de la fibra de abacá a nivel mundial .....	<b>13</b>
<b>Tabla 2.</b> Composición química promedio de la fibra de abacá. ....	<b>24</b>
<b>Tabla 3.</b> Caracterización fisicomecánica promedio de la fibra de abacá. ....	<b>26</b>
<b>Tabla 4.</b> Número de plantas a considerar según el tipo de distanciamiento. ....	<b>30</b>
<b>Tabla 5.</b> Cantidad de nutrientes absorbidos por cada tejido a lo largo del ciclo productivo del cultivo de Abacá, planta madre. ....	<b>49</b>
<b>Tabla 6.</b> Tabla de interpretación de análisis de suelo para Costa Rica. ....	<b>50</b>
<b>Tabla 7.</b> Comparación entre las dos máquinas que se usan actualmente en Costa Rica para la cosecha de fibra de abacá. ....	<b>75</b>
<b>Tabla 8.</b> Moléculas recomendadas para la desinfección de herramientas y pediluvios aplicado a cualquier zona de cultivo. ....	<b>92</b>
<b>Tabla 9.</b> Detalle de los jornales e insumos requeridos para una plantación de abacá de una hectárea en la región Huetar Caribe. ....	<b>100</b>

# 1. PRESENTACIÓN

El abacá, conocido también como cáñamo de Manila (*Musa textilis Née*), es un cultivo perenne muy conocido a nivel mundial, originario de Filipinas, que goza de una alta demanda debido al potencial comercial de su fibra. Se clasifica como una materia prima vegetal de origen no maderable, con la capacidad de sustituir a ciertas fibras sintéticas en el mercado y superar otras fibras naturales gracias a su alta resistencia mecánica y tolerancia a la salinidad. Estas cualidades son altamente valoradas en diversas industrias, tales como la textil, papelera, aeronáutica, automotriz y biomédica, entre otras.

En Costa Rica, el abacá que se remonta desde los años 1940, pero en la actualidad el país se posiciona como el tercer país exportador más importante a nivel mundial (<1%), exportando fibras principalmente a destinos como Filipinas, Reino Unido, Japón, Bélgica y Países Bajos. En los últimos años, diferentes empresas papeleras extranjeras en asocio con productores nacionales han logrado un incremento del área cultivada, impulsado por la creciente demanda de fibras especializadas de uso sostenible. Además, se reconoce el potencial productivo del país derivado de la combinación de suelos y clima que favorecen la producción de fibras de alta calidad para la exportación.

Costa Rica perdió el conocimiento técnico de las décadas pasadas y persisten varios retos para que el fomento de esta actividad incida, por un lado en una mayor área cultivada y por otro lado en una mejora en los ingresos económicos de las personas productoras. Una finca productora promedio maneja un área cultivable entre una y cinco hectáreas, siendo estas la gran mayoría, y hasta el momento hay pocas fincas de mayor extensión (10-50 ha) y muy pocas con áreas mayores a >50 ha. Es conocido que fincas muy pequeñas, debido a la escala de producción, los costos son más altos por las labores manuales y, por otro lado, en fincas más grandes (>50 ha) se requieren mayores inversiones iniciales y necesariamente la mecanización de las labores. En ambas situaciones, hay retos relacionados con los aspectos de la seguridad para las personas trabajadoras, lograr una mejor calidad del desfibrado y optimizar los costos.

La Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER) y un equipo de investigadores del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) ponen a disposición de las personas productoras el presente documento, titulado “Manual técnico para la producción sostenible de abacá (*Musa textilis Née*) en Costa Rica”. Este esfuerzo tiene como objetivo proporcionar a las personas interesadas en el cultivo técnico del abacá, la información más actualizada para el fomentar la producción sostenible y el manejo fitosanitario de esta especie mediante la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA).

Este manual se organiza en 11 capítulos que abarcan temas específicos, desde la fase inicial del establecimiento del cultivo hasta la fase de cosecha, secado y comercialización de la fibra. De este modo, se presentan las principales recomendaciones técnicas y prácticas para el establecimiento de plantaciones rentables y ambientalmente sostenibles, priorizando la seguridad de las personas, maximización de la productividad y rendimiento del cultivo. Estas recomendaciones se basan en la experiencia recopilada a través de las vivencias y prácticas de trabajo en el campo a nivel local y regional, así como en una exhaustiva revisión bibliográfica de las prácticas desarrolladas a lo largo del tiempo, tanto en otros países como en Costa Rica.

## 2. CAPÍTULO 1

# GENERALIDADES DEL CULTIVO

## 2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El abacá es un cultivo perenne nativo del sotobosque de los bosques siempre verdes de Filipinas, con una arquitectura similar a la de las plantas de banano y plátano (Sharhi et al., 2014; Bande et al., 2013). Filipinas fue el primer país en domesticar, producir, cosechar y comercializar esta especie (Spencer, 1953). Todas las variedades de abacá presentes en el mundo derivan del germoplasma original proveniente de este país (Halos, 2008; Bande et al., 2013), como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Sitio de origen del cultivo de abacá en Filipinas

**Fuente:** Modificado de <https://www.vecteezy.com/photo/13946041-3d-earth-globe>

En cuanto a su historia comercial, existen reportes de que, alrededor de los años 1500, exploradores españoles incursionaron en la isla filipina de Davao y descubrieron que los pueblos originarios ya utilizaban esta fibra como parte de su indumentaria. Para el año 1820, el interés económico por la especie comenzó a crecer, lo que llevó a la primera introducción de esta fibra a los Estados Unidos por parte del cuerpo militar estadounidense (Lalusin y Villavicencio, 2015; Araya-Gutiérrez et al., 2023). Posteriormente, en el año 1822, se intentó establecer el cultivo en otros países como India, Borneo, Alemania y algunas zonas de África, aunque no se obtuvieron buenos resultados (Copeland, 1911).

A nivel general, sus inicios como producto competitivo en el mercado mundial se reportan alrededor del año 1900, motivados por los esfuerzos de trabajadores estadounidenses que establecieron plantaciones controladas de gran extensión en Filipinas. Sin embargo, el manejo de estas plantaciones se dejó a cargo de mano de obra japonesa, trabajadores que posteriormente se especializaron e independizaron como productores propios (Pelzer, 1948). Durante el periodo comprendido entre finales del siglo XIX y principios del XX, Filipinas monopolizó la industria (Pelzer, 1948) debido a que la fibra producida por esta planta se catalogó como uno de los materiales más utilizados por los españoles y estadounidense para fabricar aparejos de barcos y cordelería utilizada en diversas áreas de trabajo.

A pesar de esto, durante el periodo de la posguerra se reportó un declive en la producción de aproximadamente el 40%, ya que se inició una reducción en el precio de comercialización del producto debido a la introducción de las fibras sintéticas en el mercado, la sobreexplotación del suelo y el impacto inicial de compartir el mercado con la materia prima de las plantaciones establecidas en Centroamérica durante la Segunda Guerra Mundial (Pelzer, 1948). En ese entonces, los trabajadores japoneses se enfocaron en una especialización en este cultivo, invirtiendo muchos de sus recursos en la investigación para mejoramiento de los cultivos y técnicas de cosecha más eficientes, lo que les permitió controlar grandes extensiones de cultivo en las islas filipinas (Pelzer, 1948), además de establecer cultivos exitosos en Ecuador (Lalusin y Villavicencio, 2015).

Posteriormente, entre 1998 y 2004, se consolidó una alianza entre Ecuador y Filipinas con el fin de crear un proyecto de mejoramiento en el proceso de extracción de la fibra y evaluación de las variedades de alto rendimiento, debido a los efectos de la erosión genética de los materiales de cultivo y necesidades de manejo fitosanitario (Lalusin y Villavicencio, 2015). En la actualidad, la producción de fibra de abacá se concentra principalmente en tres países, siendo el principal productor Filipinas (Sharhi et al., 2014). En la tabla 1 se muestra el panorama actual de la producción de abacá a nivel mundial y la distribución del producto.

**Tabla 1.** Panorama de la producción y distribución actual de la fibra de abacá a nivel mundial

CATEGORÍA	PAÍSES
<b>PRODUCTORES</b>	Los países a la cabeza son: ✓ Filipinas: 87% ✓ Ecuador: 12% ✓ Costa Rica: <1%
<b>IMPORTADORES</b>	Estados Unidos, Japón e India con alrededor de 80 000 toneladas métricas por año.

*Fuente:* Araya et al. (2023)

## 2.2. HISTORIA NACIONAL

La producción de este cultivo cobró interés en Centroamérica durante la Segunda Guerra Mundial (Araya et al., 2023) debido a la ocupación japonesa en Filipinas. Inicialmente, durante la primera mitad de la década de 1920 se introdujo el primer cargamento de rizomas de abacá por el canal de Panamá directamente desde Davao, Filipinas, y este material se estableció en los años siguientes en las repúblicas de Panamá, Costa Rica, Guatemala y Honduras (Bielich Nash, 1953; Lalusin y Villavicencio, 2015). Dichos países comenzaron inmediatamente a extraer mecánicamente la fibra, logrando el éxito en la industria al aprovechar el material de desecho como producto secundario (Pelzer, 1948).

Durante esa época, en la región de Bataan en Limón, se fomentó el cultivo de esta especie, alcanzando una extensión aproximada de 4200 hectáreas. Gracias a ello, Costa Rica se posicionó durante unos 7 años como uno de los principales exportadores mundiales de fibra. Posterior a ese periodo, la actividad decayó cuando se introdujeron en el mercado internacional las fibras sintéticas como el nailon (Abonal, 2006).

Más recientemente, a inicios de los 2000, el abacá comenzó nuevamente a ganar auge comercial. Empresas internacionales como Glatfelter (Alemania), Ahlstrom-Munksjo y, posteriormente, en 2020, Nippon Paper Papyrus Costa Rica (Japón) intensificaron sus operaciones para la siembra a través de productores rurales y la compra directa de la fibra seca al aire y sol, para la exportación. De los análisis y pruebas realizadas en laboratorio, se sabe que la fibra producida en Costa Rica presenta rendimientos y calidades favorables según las condiciones edafoclimáticas del país.

No se dispone de una cifra oficial del área actualmente plantada, pero se estima que supera las 500 hectáreas. Una realidad en Costa Rica es que la dinámica de los productores varía según las condiciones de mercado y valor de otros productos como por ejemplo la siembra de tubérculos, en este sentido se suman nuevas áreas o se hace cambio de cultivo en otros casos. Adicionalmente el incremento de nuevas áreas obedece a la política de incentivo por parte de las empresas exportadoras. Según la experiencia de los autores, las áreas actuales de cultivo del abacá están distribuidas principalmente en las provincias de Limón (todos los cantones), en Heredia (Río Frío, Sarapiquí y La Virgen) y en Puntarenas (Osa y Golfito). Un aspecto importante que se debe resaltar para el caso de Costa Rica es que el cultivo de abacá ha sido respetuoso con la conservación de las áreas de bosque y el manejo en sistemas agroforestales puede ser un elemento diferenciador.

Por otra parte, el mayor grupo de familias productoras (más de 200) se localiza en los territorios indígenas de Talamanca, Bajo Chirripó, Conte Burica y Tayni, quienes han recibido capacitación y empoderamiento en sus capacidades productivas de la mano de la asociación sin fines de lucro llamada Dejando Huella. Se reporta que este grupo de familias constituye cerca del 30% del área total plantada en el país (Dejando Huella, 2024). Pero también se trata del grupo de productores más vulnerable debido a las dificultades de acceso a las parcelas y la falta de infraestructura vial, y el más necesitado de soluciones para la diversificación agrícola sostenible, comercio justo de sus productos y acceso a las nuevas tecnologías que respeten el legado cultural.

## 2.3. IMPORTANCIA DEL CULTIVO

Se trata de un cultivo cuya materia prima son las fibras vegetales que contienen polímeros naturales a base de celulosa y hemicelulosa enlazadas por la lignina y que son utilizados en otros países para la fabricación de papel, en cuyo caso siempre buscando separar la lignina. En su conjunto forma parte los biomateriales de origen vegetal no maderable, que se dirigen hacia un mercado que demanda cada vez más el uso de fibras de origen vegetal (Shahri et al., 2014, Valášek et al., 2018).

En los últimos años, las políticas de Costa Rica han promovido la Estrategia Nacional para la Sustitución de Plásticos de un Solo Uso, con la cual se insta a las empresas y organizaciones a aprovechar las biofibras producidas a nivel local, con el fin de transformarlas en productos de origen renovable y compostable. El abacá figura entre las especies de interés (Duran y Piñar, 2019). Específicamente, algunas de las características más destacables de la fibra de abacá según Duran y Piñar (2019) y Araya et al. (2023) son:

- ✓ Versatilidad y durabilidad.
- ✓ Estabilidad a los cambios de humedad.
- ✓ Compatible con polímeros termoplásticos o biodegradables.
- ✓ Alta resistencia mecánica.
- ✓ Gran durabilidad.
- ✓ Alta flexibilidad.
- ✓ Longitudes de fibra (hasta 3 m).
- ✓ Tolerancia a la salinidad del agua de mar

Considerando estas cualidades deseables, la fibra de abacá es calificada como la fibra vegetal más resistente del mundo. Por ello, es altamente requerida por diversas industrias como materia prima principal y de refuerzo en la fabricación de productos y polímeros especializados (Shahri et al., 2014, Valášek et al., 2018) (ver figura 2). Algunas de las industrias destacadas son: la textil, la automotriz, la cordelera, la de embalaje, la biomédica, la de microelectrónica y la mobiliaria, encabezadas por la industria papelera (Armecin et al., 2005; Araya et al. 2023). Más recientemente se conocen nuevos usos en la confección de redes de pesca y se tienen reportes de obtención de fibras también de las vainas de las hojas, que actualmente no se aprovechan.



**Figura 2.** Usos más comunes de la fibra de abacá en el mercado internacional.

**Fuente:** <https://www.istockphoto.com/>

Los nuevos desarrollos e investigación a nivel internacional, según el (Philippine Council for Agricultura and Fisheries, 2020), buscan nuevos usos para la fibra de abacá, que incluyen:

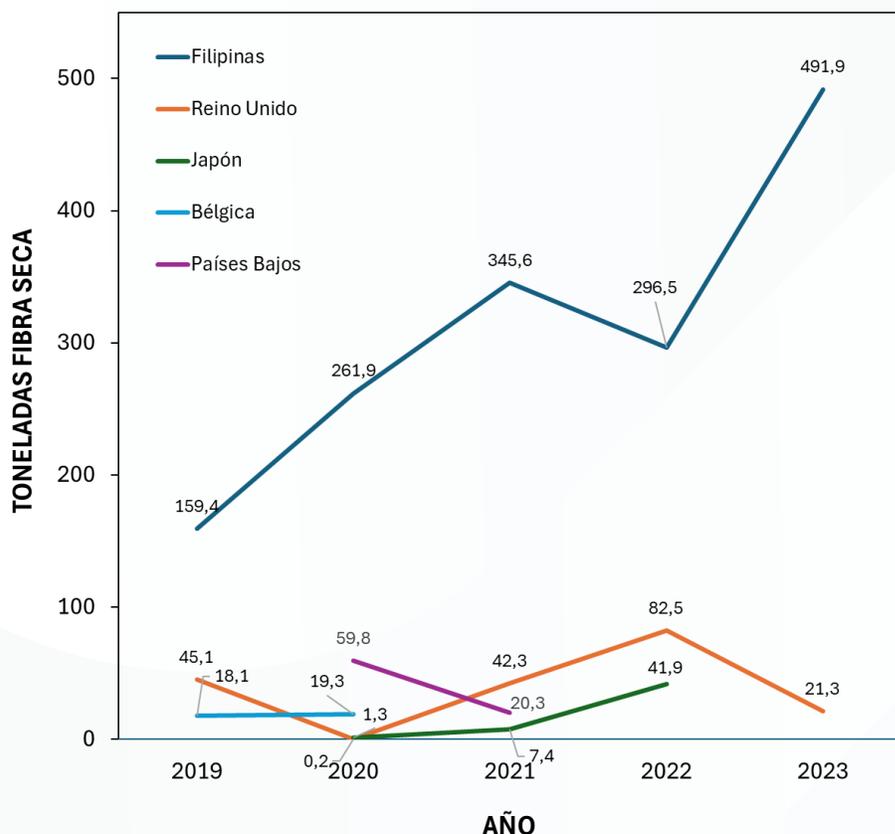
- Fabricación de productos compuestos reforzados con fibra de abacá (termoplásticos)
- Desarrollo de vehículos aéreos no tripulados (drones) reforzados con fibras de abacá y carbono para la gestión del riesgo de desastres
- Desarrollo de un traje espacial a base de abacá con revestimiento nanocompuesto con interferencia electromagnética (EMI) y resistencia térmica.
- Estudios sobre la utilización de residuos de extracción de abacá para la producción de etanol
- Identificación de fitoquímicos de extractos de residuos como agentes antifúngicos contra enfermedades que infectan al abacá
- Utilización de residuos de extracción de fibra como adsorbente de contaminantes orgánicos y decoloración de efluentes de blanqueo en aguas residuales
- Desarrollo de acetato de celulosa de abacá y aplicaciones.

Desde el punto de vista ambiental, este cultivo, con un adecuado manejo, contribuye al control de la erosión de los suelos y sedimentación de los ríos (FAO, 2024). Además, los residuos pueden aprovecharse como materia prima para la producción de artesanías o pulpa para para la fabricación de papel artesanal, fabricación de fibrocemento, entre otros usos.

En Costa Rica, la producción de abacá se destina casi en su totalidad a la exportación a países como Filipinas, Japón, Reino Unido e India (Araya-Salas et al., 2022), donde se utiliza principalmente para la producción de pulpa para papeles especializados, como el papel moneda, filtros de café, bolsas de té, papel parafinado para embutidos, papel kraft antiestático, entre muchas otras aplicaciones. Actualmente, a nivel nacional el kilogramo de fibra seca de primera calidad se comercializa en 1,80 USD y la fibra seca de segunda calidad en 1,55 USD, aunque estos precios pueden variar según empresa. Más adelante se indicará la producción de fibra seca por hectárea.

## 2.4. EXPORTACIONES DE ABACÁ DE COSTA RICA

El destino de las exportaciones de Costa Rica hacia otros países se ilustra en la figura 3, como se puede observar, el volumen total exportado en el periodo entre 2019 al 2023 es de 1914,8 toneladas de fibra seca. Filipinas es el destino de la mayoría de la fibra (81,24%), seguido por Reino Unido (10%). Otros países donde se ha enviado fibra son Japón, Bélgica y Países Bajos.



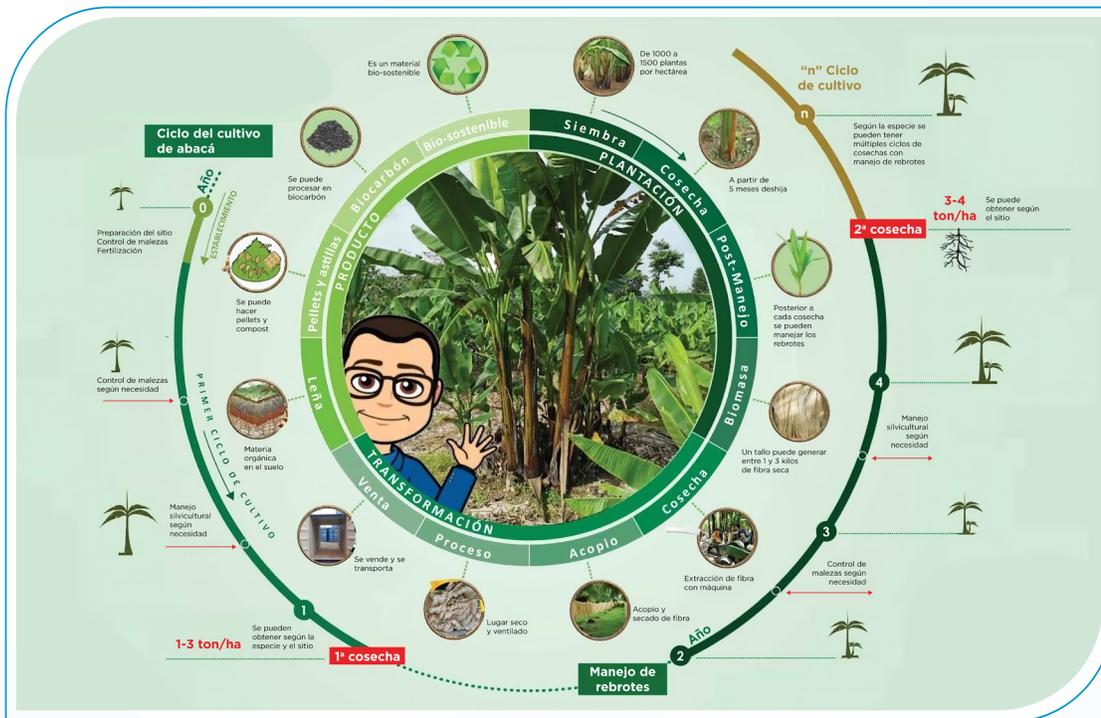
**Figura 3.** Exportaciones de fibra de abacá hacia diferentes países en el período del 2019 al 2023.

**Fuente:** Datos oficiales de PROCOMER (2024)

## 2.5. EL CICLO DE PRODUCCIÓN DE ABACÁ

En la figura 4 se ilustra el ciclo de producción del abacá en Costa Rica considerando desde el año 0 (izquierda) e ilustrando otras actividades para su diversificación con la siembra de árboles maderables o cultivos anuales. Se mencionan las prácticas de manejo más adecuadas y considera elementos de la economía circular del sistema de producción con la utilización de los residuos.

Se detallan los beneficios del manejo sustentable que van de la mano con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS: 8 Trabajo decente y crecimiento económico, 12 Producción y consumo responsables, 13 Acción por el clima y 15 Vida de ecosistemas terrestres).



**Figura 4.** Ciclo del cultivo de abacá en Costa Rica.

**Fuente:** Tomada por los autores

## 3. CAPÍTULO 2

# BOTÁNICA DE LA ESPECIE

Esta especie es una monocotiledónea (Richter et al., 2013) y se reproduce por medio de polinización cruzada (Göltenboth et al., 2010). Su estructura conformada por el seudotallo y las hojas es muy similar a una planta de banano como se puede observar en la figura 5.



**Figura 5.** Estructura de una cepa de 5 meses de edad.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 3.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

**Familia:** Musáceas

**Género:** Musa

**Especie:** *textilis*

**Nombre científico:** *Musa textilis* née

**Nombres comunes:** Abacá, Cáñamo de Manila, Manila hemp

## 3.2. MORFOLOGÍA DE LA ESPECIE

Según Spencer (1953), Göltenboth et al. (2010) y Sharhi et al. (2014), una planta de abacá promedio presenta las siguientes características, las cuales pueden variar según la variedad:

- ✓ **Sistema radicular:** el abacá al igual que otras musáceas tienen un sistema radicular primario y uno adventicio. Las raíces primarias se originan en la superficie del cilindro central que normalmente se le denomina el rizoma, y las secundarias y terciarias a partir de las raíces primarias. La red radicular de una planta madura puede llegar a alcanzar un área de hasta 25 m<sup>2</sup>. Es uno de los tejidos importantes en la planta, ya que representa el anclaje, la absorción de agua y los nutrientes del suelo.
- ✓ **Cormo:** es una parte esencial de este sistema, ya que cumple funciones importantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en detalle el cormo es una estructura subterránea similar a un bulbo que almacena nutrientes, del cual emergen las raíces y los brotes.

- ✓ **Seudotallo:** presenta una arquitectura conformada naturalmente por las vainas de las hojas de entre 10 a 25 unidades o capas superpuestas que crecen desde un núcleo central en varias etapas de madurez a la vez. En su conjunto puede llegar a medir entre 4 y 8 m de altura y entre 30 a 40 cm de diámetro. Regularmente se compone por 93% de agua y 5% de fibra (Hillman, 2004). En el punto de madurez del fruto, losseudotallos comienzan a deteriorarse hasta morir y son remplazados por nuevos hijos (ver figura 6).
- ✓ **Hojas:** una planta madura presenta un total promedio de entre 6 y 14 hojas. De coloración verde intenso en el haz y glauca en el envés, oblongas, redondeadas en la base. Tienden a estrecharse hacia el ápice y truncarse en la punta, con una longitud promedio de entre 0,90 y 2,95 m.
- ✓ **Inflorescencia:** presenta racimos prominentes sostenidos por brácteas (hojas modificadas) a lo largo del raquis de la espiga, que florecen simultáneamente de coloración rojo oscuro. En una planta estándar la etapa de floración se da entre los 18 y 24 meses (ver figura 6). En abacá la inflorescencia es clave para determinar la madurez de la fibra y su cosecha.
- ✓ **Fruto:** los frutos son similares en apariencia a los de la planta de banano, pero se distinguen por ser no comestibles y estar llenos de semillas de coloración negra. Siempre verdes, de forma oblonga y trigonal con dimensiones promedio de entre 3,0 y 7,0 cm de largo y entre 2,0 y 7,0 cm de ancho (ver figura 6).
- ✓ **Semilla:** los reportes de la literatura mencionan un periodo de germinación que dura entre 10 y 52 días, con la particularidad de que no presentan periodos de latencia. En Costa Rica, no se han reportado casos de germinación de semillas ni se conocen las causas de esta condición reproductiva. Sin embargo, se sabe que la germinación de semillas requiere un proceso más tecnificado, que incluye la polinización controlada, y suele resultar en plantaciones menos uniformes que tardan más en cosecharse. Por estas razones, así como por consideraciones fitosanitarias, actualmente se prefieren métodos de propagación vegetativa alternativos para la producción comercial.



**Figura 6.** Detalle de la a. inflorescencia, b. fruto, y c.seudotallos de una planta madura de abacá.

**Fuente:** Tomada por el autor.

### 3.3. FASES FENOLÓGICAS DEL CULTIVO

A pesar de que el cultivo de abacá ha sido objeto de estudio en relación con su fenología (estudio minucioso del desarrollo vegetal, que considera el crecimiento de brotes, floración y fructificación), hasta la fecha, los detalles de las fases y la duración exacta de cada, sigue siendo limitada y en la actualidad muy dependiente de la variabilidad climática (Borchert et al. 2015; Baudoin, 2017). Es importante conocer estos ciclos del crecimiento vegetativo para entender, por ejemplo, las necesidades nutricionales y las prácticas de manejo como la deshija. La figura 7 brinda una idea de los diferentes estados del crecimiento de la planta de abacá.

En términos comerciales, se ha establecido que el abacá sigue un ciclo de producción de tipo perenne, con la fase reproductiva estimada en un rango de 18 a 24 meses después del establecimiento (Araya et al., 2023). A pesar de esta información, la ausencia de una descripción detallada de las etapas fenológicas específicas resalta la necesidad de una mayor investigación y documentación para comprender de manera exhaustiva el desarrollo del abacá y optimizar su manejo en función, entre otros aspectos, de la curva de absorción de nutrientes.

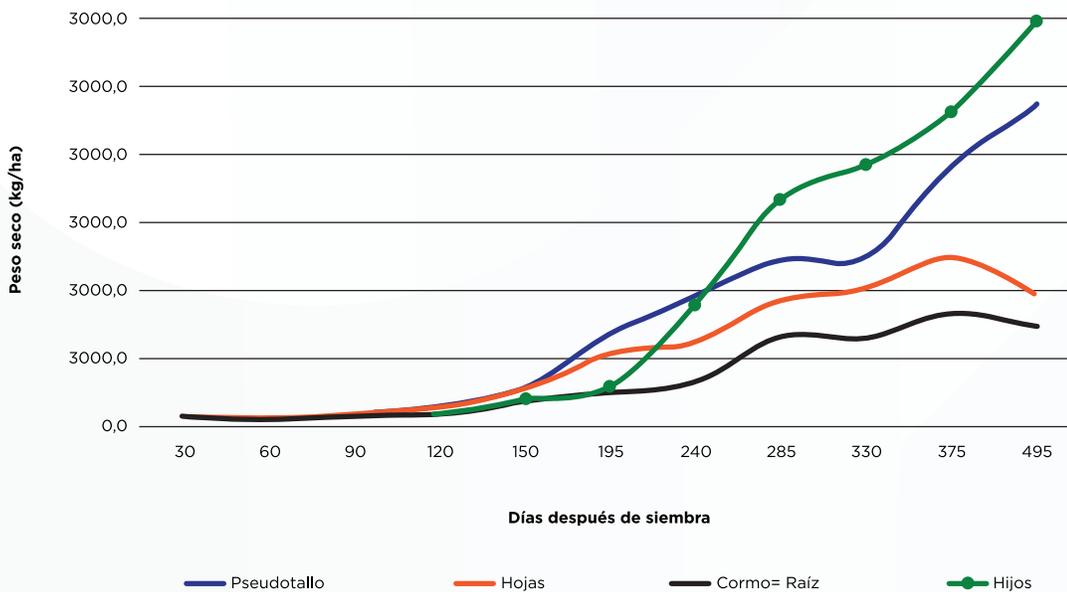


**Figura 7.** Detalle de a. plántula, b. planta juvenil (3 meses), c. planta adulta joven (6 meses), d. planta adulta parida de abacá (12-16 meses).

**Fuente:** Tomada por el autor.

Además, estudios en Costa Rica han documentado las curvas de evolución de la biomasa seca con la edad (ver figura 8), y de esta manera se han propuesto cuatro etapas de crecimiento (PROCOMER, 2021); las cuales se detallan a continuación:

1. Fase de establecimiento: 120 días desde la siembra.
2. Fase de crecimiento vegetativo: entre los 120 a 240 días de edad.
3. Fase de producción de hijos: entre los 240 a los 320 días.
4. Fase de crecimiento y engrosamiento del seudotallo: entre los 330 a los 480 días.



**Figura 8.** Comportamiento de la biomasa (kilogramos de materia seca) a través del tiempo en una plantación de abacá madura.

**Fuente:** PROCOMER (2021)

## 3.4. CULTIVARES/VARIEDADES

Se ha documentado la presencia de más de 400 cultivares de abacá en Filipinas, sin embargo, solo alrededor de 20 de ellos han demostrado tener viabilidad comercial (Lalusin y Villavicencio, 2015). En países como Filipinas se dispone de una amplia variedad de híbridos y clones y en Ecuador, se destacan variedades más utilizadas como Bungalanón, Tangongón y Maguindanao, y el uso de clones, reportados en diferentes estudios (Zambrano et al., 2015).

En el contexto costarricense, los registros se remontan al año 1953, donde se menciona el uso en el país de variedades como Libuton, Bungalanon y Maguindanao (Bielich Nash, 1953). No obstante, la información actualizada sobre las variedades de abacá cultivadas y cosechadas para la exportación en Costa Rica es muy limitada. Araya et al. (2023) señalan la falta de datos recientes que describan con detalle científico las variedades actuales en uso. Respecto a las variedades Tangongón y Bangalanón, se ha informado que son parte de los materiales genéticos cultivados, según los hallazgos de Duran et al. (2019). No se tienen caracterizados clones y muy probablemente la base genética en Costa Rica es muy reducida.

Es muy probable que las plantaciones de más edad tengan una mezcla de diferentes cultivares y, en las plantaciones más recientes, se tenga mayor control de material clonal utilizados en la propagación vegetativa. No se cuenta con programas de mejoramiento genético para este cultivo, ni una hoja de ruta para el establecimiento de ensayos agronómicos con nuevos materiales de prueba, lo cual puede ser una limitante. Partir de una base de mejoramiento en otros países es una oportunidad para el país. Este vacío de información resalta la necesidad de una investigación actualizada y exhaustiva que revele las variedades específicas de abacá actualmente cultivadas en Costa Rica con fines comerciales.

Tampoco se dispone de una caracterización morfológica, y muy probablemente, se maneja una mezcla de variedades a nivel de finca. La identificación y comprensión de estas variedades son esenciales para optimizar la gestión, mejorar la calidad del producto y fortalecer la posición de Costa Rica en el mercado global de abacá. Según Zambrano et al. (2015) y FAO (2024) algunas características de las variedades comúnmente utilizadas en Ecuador y Costa Rica se describen como:

- ✓ **Bungalanón:** es reconocida por ser una variedad con un rápido crecimiento y desarrollo, tiene su pseudotallo más pequeño y delgado en comparación a las otras variedades, su color es más diferenciado por ser más oscuro en la base del tallo, su parte superior tiene un verde más brillante, al extraer sus fibras son más suaves (FAO, 2024).
- ✓ **Tangongón:** es identificada por ser de mayor tamaño en altura y diámetro, es una variedad más resistente a los diferentes factores climáticos y a enfermedades, debido a que su estructura es mucho más vigorosa. (Zambrano et al , 2015).
- ✓ **Manguindanao:** es una variedad que desarrolla un pseudotallo largo y de color rojizo oscuro en su exterior hasta llegar a ser de color blanco, sus fibras al ser extraídas son más suaves y brillosas. (FAO, 2024).

## 3.5. DESCRIPCIÓN DE LA FIBRA DE ABACÁ

La fibra de abacá destaca como la fibra vegetal más resistente del mundo, exhibiendo propiedades físicas, energéticas, químicas y mecánicas que superan a muchas de las fibras sintéticas y otras de origen natural disponibles en el mercado. Sin embargo, es esencial señalar que las características de esta fibra pueden variar según diversos factores como la variedad o cultivar cosechado, la madurez de la planta, el sitio, el sistema de extracción de la fibra, el manejo de la plantación, entre otros; lo que influye en su idoneidad y potencial de uso en distintos sectores (Valverde et al., 2022). Esto quiere decir que cada finca o grupo de fincas en una región podría presentar cierta afinidad para usos particulares en las industrias, por eso es muy importante para el productor llevar un registro de producción y características de la fibra.

Algunas empresas llevan el control de la procedencia de la fibra para relacionarla con sus propiedades. Araya et al. (2023) describen la fibra como térmicamente estable hasta los 250 °C; lo cual hace que el material sea altamente deseable en industrias dedicadas a fabricar matrices con carácter termoplástico o en combinación de residuos celulósicos a base de madera. Asimismo, presenta características químicas muy favorables para la producción de pulpa para papel, tales como las que se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Composición química promedio de la fibra de abacá.

COMPONENTE	PROPORCIÓN (%)
CELULOSA	63 - 68
HEMICELULOSA	19 - 20
LIGNINA	5 - 6
PECTINA	< 1
GRASAS Y CERAS	< 1
AGUA SOLUBLE	1 - 2

*Fuente:* Mamum et al. (2015), Araya et al. (2023)

En un contexto comercial, el color de la fibra de abacá juega un papel crucial, destacándose la preferencia de tonalidades más claras, especialmente para su uso en la industria de pulpa y papel. Lograr fibras con esas características también depende de varios factores, entre ellos, la separación de las capas de hojas en el seudotallo, siendo que las más externas siempre llevarán tonalidades más oscuras y rojizas. Este enfoque de clasificación en tonalidades más claras no solo responde a preferencias estéticas, sino que también tiene implicaciones económicas significativas para las personas productoras.

La fibra de abacá con tonalidades más claras y sin partes del tejido de las hojas, tiende a alcanzar un valor más alto en el mercado y está asociado con un proceso previo a la extracción de la fibra, que se conoce como tuxeado y, posteriormente, el descorticado y ambas prácticas se describirán más adelante. Esta apreciación de valorización se atribuye a las propiedades de una fibra limpia y clara que reduce la necesidad de utilizar más insumos en los procesos químicos de blanqueo durante la fabricación de papel, lo que, a su vez, optimiza la eficiencia del procesamiento del material y su valor en el mercado. (Hirondo et al., 2020). En la figura 9 se puede apreciar el efecto en la coloración y calidad del tuxeado previo y del descorticado en la fibra mediante el uso de la máquina llamada Spindle. El tuxeado se refiere a la extracción de las capas de fibras desprendidas una a una del seudotallo y el descorticado se refiere a pasar las capas de fibra por la máquina.



**Figura 9.** Detalle y aspecto de la fibra recientemente procesada mediante la máquina Spindle.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Además de su color, las características físico-mecánicas de la fibra son esenciales para evaluar su idoneidad en diversas aplicaciones. Valverde et al. (2022) resaltan varias de estas características con valores promedio, proporcionando una comprensión más completa de la versatilidad y calidad del material. Estos aspectos físico-mecánicos incluyen, pero no se limitan a, la resistencia, elasticidad, y tenacidad de la fibra, elementos que desempeñan un papel crucial en su rendimiento en aplicaciones específicas. Se debe comprender que la fibra de abacá puede tener usos muy diversos, y los requerimientos de calidad de la fibra pueden variar según su aplicación. Por ejemplo, los requerimientos de la fibra para fabricación de papeles especiales no serán los mismos que para uso como material de refuerzo en productos con base en cemento o madera.

La consideración de las características que se describen a continuación no solo permite la toma de decisiones de compra y uso, sino que también contribuye al desarrollo de estándares de calidad en la industria del abacá. En la tabla 3, se describen algunas de las principales características físico-mecánicas (Valverde et al., 2022).

**Tabla 3.** Caracterización físico-mecánica promedio de la fibra de abacá.

PARÁMETRO	RANGO
DENSIDAD (g cm <sup>-3</sup> )	1,49 - 1,52
ABSORCIÓN DE HUMEDAD EN 24 H (%)	82,90 - 90,11
CONTENIDO DE HUMEDAD VERDE (%)	35,56 - 45,80
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)	450 - 750

*Fuente:* Valverde et al., 2022

La densidad, en el contexto de fibras naturales, se refiere a la cantidad de fibras que están presentes en un área específica o el peso de esas fibras en relación con el volumen que ocupan; en otras palabras, la densidad es una medida de cuánta materia está presente en un espacio determinado. En el caso de fibras naturales, la densidad puede influir en diversas propiedades, como la resistencia, la suavidad y la absorción de humedad del tejido resultante. Una mayor densidad de fibras generalmente se traduce en un tejido más resistente y duradero. La baja capacidad de absorción se presenta como una característica ideal en la industria de la fabricación de matrices compuestas y de refuerzo, según lo señalado por Chen et al. (2006). Esta propiedad permite que los materiales producidos mantengan una estabilidad estructural, siendo capaces de resistir condiciones climáticas extremas, especialmente cuando se destinan a aplicaciones exteriores (Putra et al., 2013). Por otro lado, valores elevados de capacidad de absorción indican que la fibra puede ser empleada en la fabricación de productos con un enfoque biodegradable.

En paralelo, se destaca que los valores en resistencia a la tracción que superan los 500 MPa se consideran altamente deseables en la fabricación de matrices destinadas para uso estructural, como lo señalan Valášek et al. (2018). Este valor indica la capacidad de la fibra para proporcionar una resistencia mecánica significativa, lo cual es crucial en aplicaciones que requieren una alta carga estructural. En conjunto, estas propiedades se convierten en criterios clave para la selección y aplicación de la fibra, dependiendo de los requisitos específicos de cada industria y tipo de producto.

## 4. CAPÍTULO 3. REQUERIMIENTOS

### EDAFOCLIMÁTICOS

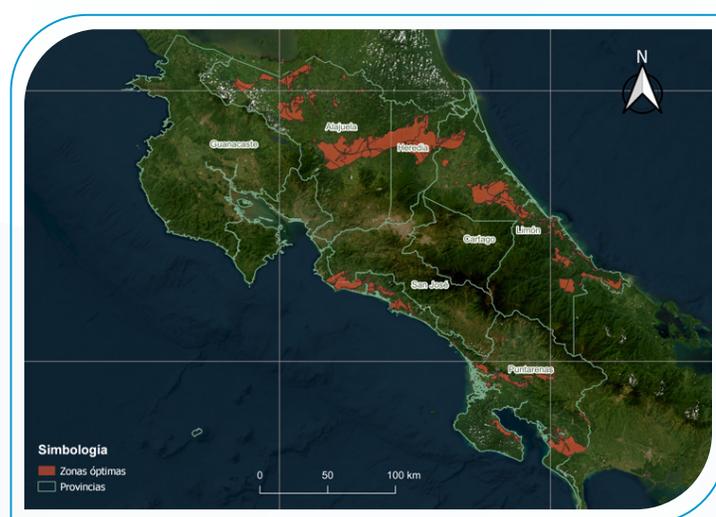
Para asegurar la rentabilidad de una plantación de abacá, es fundamental iniciar con un proceso de toma de decisiones informado, donde un aspecto clave es la selección del sitio. No todos los lugares, ni sus condiciones, cumplirán con las expectativas del cultivo; de esto depende el éxito o fracaso de la productividad. Como todo cultivo agronómico, siempre será muy favorable que el sitio cumpla con las condiciones mínimas requeridas, tales como suelos de fertilidad media a alta, bien drenados, sin pendientes altas, con buena aireación interna, libres de enfermedades del suelo y un clima adecuado (con lluvias bien distribuidas a lo largo del año).

Técnicamente, la evaluación inicial del sitio debe realizarse siguiendo la metodología de clasificación de uso de las tierras agroecológicas descrita en el Decreto Ejecutivo N° 41960 MAG-MINAE. Esta metodología define los factores limitantes de clima, suelo, pendiente y fertilidad que influyen en los diversos cultivos, proporcionando una base integral para la toma de decisiones. Profesionales en las ingenierías agrícolas, agronómicas y forestales, entre otros, pueden ayudar en esta etapa de toma de decisiones, así como el personal extensionista del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El éxito en el cultivo del abacá conlleva una secuencia de actividades que, si bien es cierto inicia con la selección del sitio, también requiere decidir las correcciones al sitio, la selección del material de siembra, el adecuado manejo y los cuidados en la cosecha y postcosecha. Algunos de los principales aspectos de sitio que se deben tomar en cuenta están para el cultivo óptimo del abacá en Costa Rica, son:

<b>Temperatura</b>	Climas húmedos, con un rango de biotemperatura media anual entre 24 - 28 °C (Zambrano, 2015).
<b>Precipitación</b>	Requiere de sitios con una precipitación media anual entre 1800-4000 mm/año, con una buena distribución de lluvias a lo largo del año y con las previsiones de drenajes en sitios muy húmedos. Es importante prever los meses con déficit de lluvias para no incurrir en pérdidas especialmente al momento de plantar (Valverde, et al., 2022; Araya, et al., 2023).
<b>Humedad relativa</b>	Entre 70% y 85%.
<b>Velocidad del viento</b>	Menor a 20 km/h.
<b>Suelos</b>	Se desarrolla muy bien en suelos bien drenados y profundos (nivel freático menor a 80 cm), con un nivel de materia orgánica adecuado en la capa superficial (2,0 - 4,0%).
<b>Altitud</b>	Desde el nivel del mar hasta 500 msnm (siempre y cuando la temperatura y precipitación permitan el crecimiento). Mayores elevaciones no son recomendables (GIZ- PhilFIDA, 2016).
<b>Acidez del suelo</b>	Idealmente sitios con valores de pH superiores a 5 y con una saturación de acidez menor al 10%. Pueden considerarse sitios con mayor acidez (10-15%) siempre y cuando se cumpla con un adecuado plan de manejo de la acidez por medio de la actividad de encalado. Asimismo, esta especie tolera una pedregosidad baja (Arias, 2023).

<b>Pendiente</b>	Suelos planos sin encharcamientos o con una pendiente que permita buen drenaje (GIZ- PhilFIDA, 2016). Este aspecto es fundamental para el uso en el campo de las máquinas de desfibrado.
<b>Otros aspectos</b>	También se deben considerar otros factores relacionados con el sitio, el cercado del perímetro de la plantación, el arrendamiento de tierras y los plazos de varias cosechas, las distancias de transporte y los lugares donde el ingreso y salida de productos se hace por vías fluviales o sin caminos habilitados, lo que puede aumentar significativamente los costos. La disponibilidad de mano de obra también es crucial. Es importante mencionar que las áreas de cultivo pequeñas deben ser valoradas desde el punto de vista de los costos y los ingresos.



**Figura 10.** Mapa preliminar de las zonas recomendables para el cultivo de abacá en Costa Rica.

**Fuente:** Los autores.

## 5. CAPÍTULO 4. REQUERIMIENTOS DE MANEJO AGRONÓMICO

La productividad de un sitio es la combinación de los factores mencionados en el capítulo anterior. Además, las buenas prácticas de manejo agronómico son esenciales para garantizar el éxito de una plantación. No se trata de plantar por plantar, sino de gestionar adecuadamente un cultivo. Esto es especialmente relevante para esta especie, ya que el abacá puede alcanzar una longevidad superior a los 15 años (Muñoz et al., 2021).

# 5.1. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL TERRENO

## 5.1.1. DISTANCIA DE SIEMBRA Y DENSIDAD

La distancia de siembra entre las plantas es una decisión importante que define la densidad de plantación, es decir, el número de cepas por hectárea. Este factor depende tanto de la calidad del sitio como de la posibilidad de combinar las plantas con otros cultivos. Por ejemplo, en los sistemas agroforestales (SAF) se pueden plantear diferentes arreglos de siembra. Las plantas sembradas muy juntas producirán tallos más delgados, mientras que una separación excesiva de las plantas provocará que no se utilice toda la capacidad del sitio.

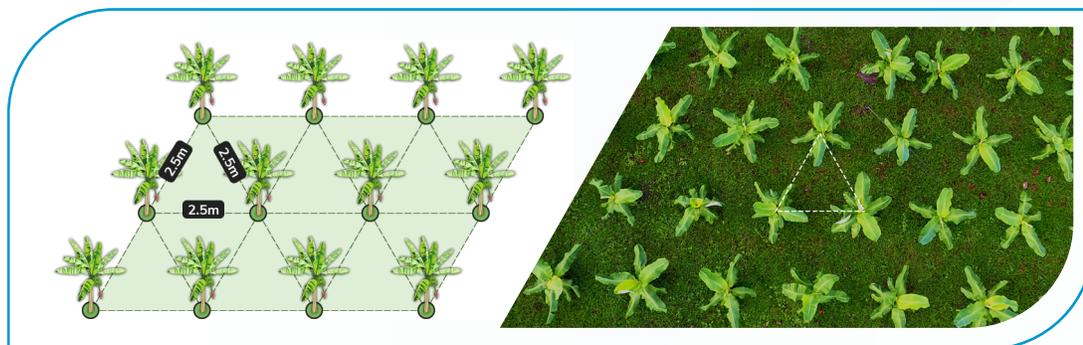
En el caso de Costa Rica normalmente se utilizan densidades de siembra en cuadrado con un total de 1111 plantas/ha (3,0 m x 3,0 m). Además, se puede utilizar la siembra en rectángulo con un total de 833 plantas/ha (3,0 m x 4,0 m) u 816 plantas/ha (3,5 m x 3,5 m). Es importante tener en cuenta que inicialmente se siembra una planta o cormo y, con el tiempo, esta se convierte en una cepa con diferentes números deseudotallos. Para dar una idea de la densidad de plantas, si se proyecta una cosecha basada en 5 tallos promedio por cepa, eliminando los otrosseudotallos gradualmente mediante la deshija, entonces en una hectárea sembrada a 3 x 3 metros se tendrán aproximadamente 5 500seudotallos para la cosecha. En este caso el manejo de la deshija debe garantizar dejar los hijos con conformarán la próxima cosecha.

Asimismo, en algunas fincas se ha plantado una mayor cantidad de plantas por hectárea utilizando el sistema llamado “tresbolillo” o “pata de gallo” mediante el cual se plantan 1283 plantas/ha (3,0 m x 3,0 m), como se ilustra en la figura 11. En la tabla 4 se muestra la cantidad de plantas según el espaciamiento y diseño de siembra.

**Tabla 4.** Número de plantas a considerar según el tipo de distanciamiento.

DISEÑO	ESPACIO ENTRE PLANTAS (METROS)	NÚMERO DE PLANTAS POR HA
CUADRADO	3 X 3	1111
RECTANGULAR	3 X 4	833
CUADRADO	3,5 X 3,5	816
TREBOLILLO	3 X 3	1283
TREBOLILLO	3,5 X 3,5	943

No se ha demostrado que existan diferencias en la altura o diámetro de los pseudotallos en función de las densidades de siembra. Las posibles diferencias vienen dadas por la variedad, el sitio y la deshija (Jácome et al., 2023). Lo que sí es importante es dejar los espacios entre tallos para facilitar la corta y extracción.



**Figura 11.** Sistema de siembra en tresbolillo para la optimización de la entrada de luz

**Fuente:** <https://www.centroaceros.com/2020/08/11/arboles-por-hectarea-en-tresbolillo/>

## 5.1.2. PREPARACIÓN DEL SUELO PARA LA SIEMBRA

La preparación del suelo implica conocer previamente las características físicas del suelo y sus limitaciones, tales como la textura, la estructura, la densidad aparente, la conductibilidad hidráulica y la resistencia a la penetración. Para evaluar estas características, es recomendable buscar asesoría técnica para obtener las mejores recomendaciones sobre la preparación del sitio. Algunas de las consideraciones incluyen:

- ✓ Necesidad de mecanización del suelo, ya sea con maquinaria agrícola o con hoyadora, siendo esto es sensible a los costos iniciales de la plantación.
- ✓ La construcción de drenajes.
- ✓ El manejo de la fertilidad mediante fertilización.
- ✓ El manejo de la acidez del suelo mediante el encalado.
- ✓ Otras obras de infraestructura, como pediluvios, bodegas, tendedores y cercas.

Es importante destacar que dentro de las labores de preparación del sitio también se considera el manejo de la vegetación presente. En algunas fincas, la eliminación o aprovechamiento de árboles maderables debe prever, cuando corresponda, los permisos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y respetar la legislación forestal en lo referente a la corta de vegetación en las zonas de protección, como nacientes, ríos y quebradas. También es una excelente opción dejar árboles presentes de especies maderables como el Cedro amargo, el Laurel, el Pílon, el Cebo y otras especies, siempre y cuando la sombra no sea excesiva. La entrada de luz lateral a las plantas de abacá debe ser visible, además, el mismo cultivo indicará por su crecimiento si la sombra es excesiva. Para efectos de certificación de buenas prácticas, la diversificación del cultivo es muy favorable. Por otra parte, la sombra inicial favorece la sobrevivencia del cultivo al momento del establecimiento.

## 5.2. MATERIAL DE SIEMBRA Y PROPAGACIÓN

El éxito de la calidad de una plantación y su rendimiento está asociado con la calidad de semilla que se utilice. Hoy en día, la propagación de plantas de abacá en el país se realiza mediante el uso de semillas denominadas “vitro plantas” o “plantas de cultivo *in vitro*”. Este tipo de material vegetativo permite minimizar la posibilidad de dispersión de enfermedades y propiciar el uso de material genético más uniforme. Anteriormente, se utilizaba semilla tipo “cormo”. A continuación, se explican los dos sistemas de propagación vegetativa, aunque también existe la propagación de plantas por bulbos, chupones e hijuelos. No hay experiencias en Costa Rica de propagación por semilla sexual ni se ha reportado germinación a través de semillas.

### 5.2.1. SEMILLA TIPO “CORMO”

---

Es el tipo de semilla conocida en la práctica del cultivo del plátano. Sin embargo, el uso de esta técnica de propagación y el transporte de semilla están limitados por decreto. La única opción de utilizar cormos es a través del material proveniente de una finca semillera debidamente registrada ante el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE). Dichas fincas, cuentan con estrictos protocolos de desinfección y certifican la calidad de las semillas que proveen. Entre los productos destinados a la desinfección de la semilla, siempre que sea posible, se deben priorizar alternativas más seguras y sostenibles. En este sentido, la literatura menciona desinfectantes orgánicos como el extracto del árbol de Neem, el bicarbonato de sodio, el extracto de ajo, entre otros (Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 2012). Para usar esta desinfección alternativa se debe preparar una mezcla por cada litro de agua con 50 ml de extracto de Neem, 50 ml de extracto de ajo y 1 cucharada de bicarbonato de sodio. Los cormos se dejan de 15 a 30 minutos sumergidos luego de dejar que se seque la solución y se procede con la siembra.

Normalmente los cormos con las raíces recortadas se colocan en mallas o sacos de uso en el transporte de la papa y se sumergen en contenedores de plástico (barriles) por el tiempo indicado en la solución de desinfección (figura 12).



**Figura 12.** Colocación de cormos en una malla o saco para facilitar la desinfección.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Es importante recalcar que los cormos no deben salir del perímetro de una misma finca y pueden trasladarse en carretera únicamente si se comprueba de que provienen de las fincas semilleras certificadas. Esto se debe a que cada finca productora posee distintos niveles de manejo y condiciones de sitio, por lo que no se puede asegurar que el material vegetal esté sano, aumentando el riesgo de propagación de plagas y enfermedades a otras fincas. Actualmente está prohibido el trasiego de semilla de musáceas tipo cormo.

Es importante recordar que el país está bajo la amenaza de la enfermedad llamada Marchitamiento por *Fusarium* raza 4 tropical (Foc R4T), que afecta a las musáceas como el banano y el plátano, incluido el abacá. Por tal motivo, se decretó la prohibición del trasiego interno de plantas del género *Musa* spp. en el país para prevenir su posible propagación (Araya et al., 2023).

Algunas experiencias generadas con la semilla tipo cormo están relacionadas con una mayor probabilidad de sobrevivencia y la obtención de buena productividad por hectárea. Se ha encontrado una relación entre el desarrollo inicial y sobrevivencia con respecto al peso de la semilla, recomendase que cada semilla supere 1 kg, ya que esto garantiza buenas reservas de agua y nutrientes para un buen vigor en los nuevos hijos (ver figura 13). En el establecimiento de una plantación de abacá, también se puede utilizar la llamada “cola de burro”, que consiste en sacar la planta completa junto con el sistema radical, con recorte de raíces laterales y sembrar de inmediato, en ocasiones se corta las hojas a la mitad para evitar la pérdida de agua por evapotranspiración.

Otra forma menos utilizada es la reproducción por hijuelos, esto es extraer hijos pequeños del tamaño de un dedo y plantarlos en una bolsa con sustrato para generar nuevas plantas en un vivero.



**Figura 13.** Plantas de abacá regeneradas con semilla tipo cormo.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Este tipo de sistema de reproducción mediante cormos es recomendado dentro de una misma finca cuando se necesite ampliar el área cultivable o reponer plantas ausentes durante los primeros meses. Si es necesario transportar los cormos dentro de la finca, se aconseja el uso mallas o sacos para evitar el daño de las yemas apicales.

Para prevenir la contaminación de los nuevos sitios de siembra con plagas y enfermedades, es crucial desinfectar los cormos, sumergiéndolos durante de varios minutos en alguna solución recomendada por especialistas, según lo que se expuso al inicio de esta sección.

Es importante recordar, que en estas prácticas se deben seguir las medidas de seguridad pertinentes para el uso y aplicación de agroquímicos, por ejemplo, el uso de equipo de seguridad, como: guantes, lentes, mascarilla, delantal, entre otros.

### **5.2.2. PLANTAS OBTENIDAS DE CULTIVO *IN VITRO***

---

La multiplicación *in vitro* es la metodología óptima para obtener plantas libres de enfermedades y con las características deseables de una variedad vegetal. Este procedimiento se realiza en laboratorios especializados en cultivo de tejidos vegetales, para ello se puede consultar en el INTA, TEC, CeniBiot y otros centros similares. Las plantas resultantes se comercializan con la seguridad que están completamente libres de patógenos como hongos, bacterias y nematodos.

Después de una etapa de multiplicación en laboratorio, estas plantas son aclimatadas en invernadero y luego trasladadas a los sistemas de producción con sustrato, tales como bolsas plásticas, tubetes o macetas, dentro de sistemas de producción tradicionales. Este proceso facilita su desarrollo inicial antes de ser trasladadas al campo para su plantación (ver Figura 14).

Las vitroplantas deben ser transportadas con mucho cuidado para no dañar sus hojas y se deben sembrar en un sitio que previamente fue preparado, sin presencia de malezas en el punto de siembra y con la seguridad de buena humedad en el suelo. Si se utilizan materiales sintéticos, es importante recoger todo material plástico en las fincas para colocarlo en lugares de recolección del reciclaje de los plásticos de agricultura.



**Figura 14.** Plantas de abacá obtenidas mediante cultivo in vitro y aclimatadas en bolsa plástica.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 5.3. SIEMBRA

La siembra requiere toda una planificación que conlleva meses antes, para lo cual es crucial prever el área efectiva de siembra y evaluar cuidadosamente la idoneidad del terreno para la plantación, con esta información se sabe cuántas plantas va a ser requeridas.

De acuerdo con las experiencias de los productores, algunas fincas con un historial previo de cultivos agrícolas perennes se han encontrado sitios con focos de infección para enfermedades del suelo como hongos, bacterias e insectos. Por lo tanto, la asistencia técnica es muy importante para determinar si una finca es adecuada para el cultivo del abacá. En algunos casos, podría ser necesario realizar un análisis microbiológico del suelo, especialmente para detectar la presencia de hongos patógenos. Si no se puede financiar este tipo de análisis, al menos se debe considerar que los suelos ácidos favorecen el desarrollo de patógenos de suelo. Una adecuada evaluación del suelo debe incluir la observación de la vegetación actual y el historial de uso de la finca. Suelos con presencia de enfermedades no deberían ser cultivados con abacá por el riesgo que representan del traslado de enfermedades a las plantas.

Estas recomendaciones son especialmente relevantes para fincas previamente utilizadas para el cultivo del palmito y algunos tubérculos, especialmente en suelos con acidez alta (mayor que 10%). En todo caso la recomendación técnica es establecer el cultivo del abacá en suelos con una saturación de acidez menor a 10% y es muy deseable disponer de un análisis fisicoquímico al suelo que ayude a la decisión de plantar o no plantar y los cuidados posteriores.

La selección del sitio de siembra es crucial, ya que muchos fracasos en la producción se deben a una elección inadecuada del suelo, especialmente evitando los suelos arcillosos, que requieren una inversión significativa en trabajo y capital.

En los casos de suelos con capas adensadas, con valores de densidad aparente superiores a  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , con evidencia de compactación, se recomienda el uso de hoyadora de motor o maquinaria agrícola con subsolador, especialmente en suelos con texturas pesadas con presencia de compactación (suelos del orden ultisol e inceptisol). Texturas que deben evitarse para la siembra son: a) Arenoso, b) Arcilloso limoso, c) Arcilloso arenoso y d) Arcilloso. Las siguientes texturas están condicionadas a) Franco Arcilloso, b) Franco arenoso (si tiene más de 50% arena) y c) Arcilloso arenoso (si tiene menos de 35% de arcillas).

Además, es fundamental abordar los problemas de drenaje originados por texturas pesadas del suelo mediante la planificación de una red de drenajes para evacuar el exceso de agua en los períodos con mayor intensidad de lluvias. Estas actividades deben ejecutarse previo a la siembra.

Es importante planificar la siembra a inicios o durante la época de lluvias, evitando comenzar la siembra muy cercana al inicio de la estación seca, ya que se corre el riesgo de alta mortalidad de las plántulas. Las experiencias de campo indican que las vitroplantas son más susceptibles al estrés hídrico y se debe evitar la coincidencia de la siembra con períodos donde no cae lluvia. En condiciones normales una mortalidad del 10% es tolerable y es importante prever la reposición de la mortalidad.

Otras preparaciones previas a la siembra incluyen el establecimiento o mantenimiento de cercas, la construcción de pediluvios, la limpieza de la vegetación, el trazado de la plantación, la coordinación del transporte de las plantas, y la contratación de personal para las tareas de hoyado y siembra. Antes y durante la siembra, es crucial considerar el riesgo de hormigas cortadoras, que pueden causar defoliación total del cultivo. Controlar los nidos antes de la siembra es fundamental, utilizando cebos colocados directamente en las entradas de los hormigueros.

Para el control de la productividad a nivel de la finca es importante calcular las toneladas de fibra seca según el número de cepas/ha, siendo lo más práctico el inventario o conteo por lote o por hectárea; esto sirve también para prever las reposiciones de los espacios sin cultivo.

### 5.3.1. TRAZADO DE LA PLANTACIÓN

---

Las plantas deben sembrarse respetando los distanciamientos seleccionados. Resulta muy útil en este proceso, el uso de mecate tipo bananero marcado con las distancias de siembra, por ejemplo, un nudo cada tres metros. Con ayuda de estacas de unos 10 cm de diámetro y 2 m de largo, se pueden unir los extremos del mecate marcado y así cubrir distancias de 50 o más metros. Sobre cada marca se puede señalar el hoyo de siembra en el suelo con ayuda de un palín. Esta es una labor que se puede realizarse simultáneamente con la siembra procurando un buen rendimiento.

### 5.3.2. TRASPLANTE EN EL CAMPO

---

Las plantas por cultivo *in vitro* se deben manipular con mucho cuidado durante el transporte y en ningún caso jalar de las hojas. Idealmente, al sembrar las plantas se recomienda usar como referencia la profundidad de la bolsa o maceta, normalmente un hoyo de 30 x 30 cm es funcional, en todo caso las raíces no deben quedar expuestas ni las plantas sembradas superficialmente. La recomendación es que el sistema de la raíz quede completamente cubierto de suelo. Si se utilizan macetas o bolsas plásticas, se deben recoger para su debida disposición en recipientes de acopio. En el caso de la semilla tipo cormo se deben sembrar dependiendo del tamaño del cormo, en promedio unos 25 cm de profundidad sería recomendable y procurando dejar fuera el corte superior del cormo.

Siempre es recomendable que las plantas obtengan algún tipo de sombreado parcial de otros cultivos o árboles para protegerlas del calor excesivo (Bande et al., 2013; Jones, 2018; Araya-Salas et al., 2023). Cuando esto no es posible se debe asegurar buena humedad en el suelo, para evitar la deshidratación. La semilla tipo cormo es más resistente a la falta de humedad y a la vitroplanta no le puede faltar humedad en las dos semanas siguientes a la siembra.

## 6. CAPÍTULO 5.

# MANEJO DE LA PLANTACIÓN

## 6.1. CONTROL DE ARVENSES

Se denominan arvenses a todas aquellas plantas que crecen junto a los cultivos de interés y que tienen el potencial de llegar a intervenir e incluso imposibilitar el desarrollo del cultivo, afectando su productividad y la calidad del producto cosechado (Roschewitz et al., 2005; Blanco-Valdés, 2016). Dentro de este grupo de plantas se encuentran las comúnmente denominadas “malezas”, que también pueden ser hospederas de plagas y enfermedades (Vargas Céspedes et al., 2017). Su control durante el ciclo de cultivo es de suma importancia para asegurar el éxito del establecimiento y desarrollo durante el primer año. Esto se debe a que ambos componentes (planta y maleza) entran en un estado continuo de competencia por luz, agua, nutrientes y dióxido de carbono (Blanco-Valdez, 2016), en el que, en muchos casos, la planta de interés es la más afectada. La razón es que las malezas gramíneas (pastos) tienen un mecanismo de adaptación más eficiente y son más tolerantes a la falta de agua y alta radiación solar.

En el cultivo de abacá, en particular, es importante considerar que las plantas, una vez sembradas, experimentan una fase de establecimiento que abarca desde la siembra hasta aproximadamente 4 a 5 meses posteriores, durante el cual su desarrollo inicial es muy lento (se puede ver en la figura 7 de las secciones anteriores). Posterior a esta etapa, las hojas de las plantas de abacá tienden a expandirse y generar un cierto grado de sombreado sobre el terreno, lo que llega a minimizar significativamente el crecimiento de las malezas, hasta que el follaje cubre completamente el sitio. Para un adecuado control de malezas se recomienda aplicar las siguientes prácticas culturales de manejo:

### 6.1.1. RODAJA

---

Se refiere a la limpieza de malezas alrededor de la cepa (figura 15). Se recomienda aplicarla de forma manual con machete o motoguadaña, siempre cuidando no causar heridas a la planta, esto es muy importante. Normalmente, se aplica a una distancia de al menos 50 cm alrededor tomando como centro la planta. La rodajea se recomienda al inicio de la plantación y mantener la misma libre de arvenses hasta el sexto mes, momento en el que el área foliar de la planta está más desarrollada. Una buena práctica es mantener la rodaja limpia cada dos meses, y cuidar de evitar cortes en las plantas de abacá.

## 6.1.2. CHAPEAS

---

Se refiere a la reducción total de las malezas, permitiendo facilitar las otras actividades de manejo y mantenimiento en la plantación, por ejemplo, dejar libre de malezas para cuando se realice la deshija. Esta práctica se puede realizar con motoguadañas o machetes cuidando siempre no dañar las plantas de abacá (ver figura 15). Con respecto a la frecuencia, se inicia con una chapea general al inicio de la siembra, luego se recomienda al menos cada dos meses dependiendo de la evolución de las malezas.

## 6.1.3. CONTROL QUÍMICO

---

Se refiere a la reducción total de las malezas, permitiendo facilitar las otras actividades de manejo y mantenimiento en la plantación, por ejemplo, dejar libre de malezas para cuando se realice la deshija. Esta práctica se puede realizar con motoguadañas o machetes cuidando siempre no dañar las plantas de abacá (ver figura 15). Con respecto a la frecuencia, se inicia con una chapea general al inicio de la siembra, luego se recomienda al menos cada dos meses dependiendo de la evolución de las malezas.



**Figura 15.** Plantación de abacá con diferentes condiciones de control de malezas: ausencia de control (x) y las rodajeas. Se puede observar el concepto de la rodaja y el efecto del uso de la motoguadaña. En las imágenes se observa una rodaja mínima o sea puede ser más grande.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## • USO DE COBERTURAS VEGETALES

Una excelente alternativa para el control de las malezas, previo al establecimiento, es la siembra inicial de cultivos agrícolas de ciclo corto, como el frijol, ayote y otros tubérculos y leguminosas. En el caso del maíz y yuca, depende de la edad fenológica del cultivo para que un cultivo no ahogue al otro y hacer un adecuado manejo preventivo de enfermedades. Aunque se pueden usar coberturas vivas o policoberturas en convivencia con el cultivo principal, tales como la “canavalia” (*Canavalia brasiliensis*) y otras leguminosas que permite una capa vegetal en los primeros meses (Guevara et al., 2018).

Este tipo de coberturas totales tienen el potencial de mejorar la fertilidad y las propiedades del suelo, mejorar el reciclaje de nutrientes, aumentar la cantidad de materia orgánica, reducir la erosión y proporcionar una barrera física contra la escorrentía (Gutiérrez Vanegas et al., 2022). No obstante, es indispensable recordar, que al aplicar este tipo de coberturas siempre se debe aplicar un adecuado control a nivel de la rodaja del abacá para no afectar el desarrollo del cultivo por causa de la competencia (Armechin et al., 2005). Se ha reportado que el cultivo de abacá responde positivamente ante aplicación de coberturas vivas, obteniendo un aumento en las longitudes y diámetro del tallo y por consiguiente del rendimiento de la fibra (Armechin et al., 2005).

Experiencias en Costa Rica, destacan las coberturas espontáneas en el cultivo del banano y señalan principalmente a *Geophila macropoda* (Rubiaceae) y *Arachis pintoi* (Fabaceae), entre otras (Agüero-Alvarado et al., 2018).

## 6.2. PLAN DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

### 6.2.1 MUESTREO DE SUELOS

---

El suelo representa un recurso biológico y mineral que contiene los nutrientes y los microorganismos responsables de la salud y nutrición del sistema productivo, además es el reservorio del agua que necesitan las plantas, por consiguiente, es muy fácil ganar o perder este recurso; de manera que, es importante conocer el estado de nutrición del suelo. El éxito de una aplicación de enmiendas o fertilizantes depende en un 60% de la información que brinda un muestreo de suelos. Es recomendable disponer en todos los casos de un análisis fisicoquímico inicial del suelo.

En cultivos intensivos donde hay extracción de frutos o en este caso de fibras, es recomendable que el estudio de suelos se aplique al menos una vez al año, ya que la disponibilidad de nutrientes cambia con el tiempo, debido al clima, la intensidad de manejo y la especie en sí, debido a que consume los nutrientes, y se sabe que las fibras también contienen nutrientes del suelo (Elizondo, 2019). Se ha reportado para esta especie en particular que el conocimiento actualizado de los niveles de acidez y nutrientes en el suelo es una de las influencias más determinantes, para lograr una producción de fibra de calidad (Bande et al., 2016).

Cada muestreo de suelos debe llevarse a cabo en un área entre 1 a 20 hectáreas, tomando muestras diferentes en secciones del terreno que se consideren homogéneas y tengan el mismo tipo de manejo. Este muestreo es lo que se considera como “compuesto” y se compone de entre 16 a 20 submuestras de suelo de peso y tamaño similar, distribuidas uniformemente en el área mediante puntos de muestreo seleccionados al azar o de manera sistemática. Normalmente, las submuestras se toman a una profundidad de 0 a 20 cm, aunque en algunos casos y para cultivos específicos, puede ser necesario realizar una segunda muestra a una profundidad de entre 20 a 40 cm (Sosa, 2012). Sin embargo, para iniciar un diagnóstico nutricional, una profundidad de 0 a 20 cm suele ser suficiente. La figura 16 ilustra el proceso de muestreo de suelos en una finca, monitoreo constante y remoción manual de estas del local de la cría.



**Figura 16.** Ilustración del método de toma de muestras compuestas de suelo.

**Nota:** 1. Limpieza de la zona que va a extraer la muestra. 2. Extraer la muestra con el barrero o pala. 3. Colocar las submuestras en una bolsa o balde. 4. Cuarteo de las submuestras. 5. Colocar la muestra compuesta en una bolsa. 6. Rotular la muestra.

**Fuente:** Esquivel et al. (2024)

El muestreo puede realizarse con barreno o pala, debidamente desinfectados entre cada submuestra tomada, y se debe aplicar la técnica del cuarteo para obtener una muestra de 0,5 a 1 kg, peso necesario para los análisis de laboratorio. Según Elizondo (2019), los pasos para realizar un adecuado muestreo de suelo son:

1. Limpiar cuidadosamente, con la pala o un cuchillo, la capa de materia vegetal en el punto de muestreo elegido.
2. Introducir la pala o el barreno con cuidado en el punto de muestreo hasta llegar profundidad requerida y volcar la submuestra en un balde o bolsa.
3. Desmenuzar los terrones, y sacar las impurezas (piedras, raíces, insectos, etc.) de la muestra, revolviendo muy bien hasta lograr una consistencia uniforme.
4. Aplicar la técnica de cuarteo para reducir el volumen de la muestra a 0,5 kg, esta técnica consiste en colocar la muestra extendida sobre una bolsa y luego dibujar una cruz sobre el material, para luego eliminar las esquinas opuestas. Con el material restante, se vuelve a revolver y repetir el proceso hasta lograr el volumen deseado para el análisis (Schweizer, 2011).
5. Transferir a una bolsa de plástico bien cerrada, para evitar confusiones, cada muestra de suelo debe ir etiquetada con la información mínima requerida por el laboratorio, incluyendo el tipo de cultivo, ubicación política, análisis requerido, datos de facturación y etiquetas.
6. Si la muestra de suelo no se puede enviar de inmediato, lo importante es colocar las muestras en un sitio fresco en el interior de una bodega o en la casa para que vayan perdiendo humedad.
7. Finalmente, estas muestras pueden ser llevadas a instituciones como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), los laboratorios de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA), el Centro de Investigación Agrícola (CIA) de la Universidad de Costa Rica (UCR) o al Laboratorio de Análisis Agronómicos del Tecnológico en San Carlos (TEC). Es importante mencionar que se pueden enviar por correos de Costa Rica.

Para la interpretación de este tipo de análisis, lo ideal es contactar a un técnico especializado en el área, este profesional puede proporcionar las mejores recomendaciones para la aplicación de enmiendas y fertilizantes, incluyendo detalles como las dosis apropiadas, formulaciones específicas y la forma correcta de aplicación. A continuación, en la figura 17, se presenta un informe de resultados típico correspondiente a este tipo de análisis proporcionado por el laboratorio. Viene información del pH, las bases, la acidez (aluminio) que permite estimar el porcentaje de saturación de acidez. Con este valor se califica el problema de la acidez en el suelo. Si esta acidez no se corrige mediante el encalado, la planta no puede obtener de la mejor manera los nutrientes del suelo. Para una idea rápida, los nutrientes están disponibles en rangos de pH mayores de 5,5. Otras decisiones permiten las recomendaciones sobre fertilización, pero primero hay que corregir la acidez del suelo.



Luego de este primer análisis, se debe calcular la dosis de la enmienda a aplicar. Para ello, es muy importante verificar primeramente que las bases estén balanceadas, evaluando las relaciones entre Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K). Considerando estos resultados y los niveles de Ca y Mg, se realiza el cálculo y la decisión de qué enmienda aplicar. Es importante que no se superen en ningún caso una dosis en una sola aplicación mayor a 1,5 ton /ha es decir a 30 q/ha, ya que podría tener un efecto desinfectante, eliminando del suelo microorganismos benéficos del suelo.

Luego de dividir la dosis recomendada en dos o tres aplicaciones por año, se definen los fertilizantes a utilizar, que se calculan en función a la demanda del cultivo y lo que provee el suelo. Existe una tendencia más reciente que aplica únicamente los elementos faltantes para el cultivo a diferencia de prácticas antiguas que aplicaban todo el fertilizante que el cultivo demanda, lo que podía aumentar la acidez nuevamente dependiendo del tipo de fertilizante.

La aplicación de enmiendas debe considerar que el suelo debe estar húmedo y, en el mejor de los casos, se debe encalar previo al establecimiento de la plantación, preferiblemente un mes antes, de manera tal que después de establecer el cultivo, se puede aplicar fertilizante. El principio de esta práctica es que primero se encala y luego se fertiliza dejando al menos un mes entre una y otra aplicación. Para tener una idea sobre una aplicación de cal en un suelo muy ácido, un primer encalado en fincas con una saturación de acidez mayor al 30% (típico de la región de Horquetas de Sarapiquí) debería considerar al menos utilizar 10 sacos de cal aplicados en una hectárea (450 gr cal/planta en la rodajea, considerando 1100 cepas/ha). Estas rodajas deben cubrir mínimo el 33 y 50 % del área. Además, debe preverse varias aplicaciones al año y en algunas ocasiones se recomienda hasta tres aplicaciones.

En los cantones de Guatuso y Los Chiles, los suelos presentan mayores problemas de fertilidad que merecen la atención antes de decidir establecer un cultivo de abacá en esos lugares. Suelos con estas características de acidez no son recomendables para el cultivo del abacá. En todo caso, se debe contar con el apoyo del personal técnico que guíe a la persona productora en el muestreo de suelos, y la interpretación de los datos del análisis, para evitar desbalances de algunos nutrientes.

Los materiales de encalado utilizados como enmiendas presentan grandes diferencias en costo, efectividad en el control de la acidez y forma de actuación en el suelo. Es importante conocer estas diferencias y utilizar las mejores recomendaciones para obtener el máximo beneficio al menor costo posible. Los diferentes materiales para encalar el suelo pueden mejorar la respuesta a la aplicación de fertilizantes en suelos ácidos. Dependiendo del análisis del suelo, primero se decide si hay que encalar, cuándo y con qué material. En la figura 18, se ilustra la práctica del encalado aplicado directamente en la rodajea.



**Figura 18.** Encalado de una plantación joven de abacá en el área de la rodajea

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 6.4. FERTILIZACIÓN

La fertilización es una actividad muy importante y no se puede omitir, especialmente en los primeros meses. Una combinación de rodajea y encalado primero y la fertilización después de un mes ahorran trabajo. Todo cultivo requiere una cantidad mínima de nutrientes y cuando algún recurso (agua, luz o un nutriente es el limitante, entonces la productividad se verá sacrificada. Para el caso específico del abacá es muy importante el manejo del nitrógeno, fósforo y el potasio después de la siembra.

Al momento de la siembra para plantas *in vitro*, se debe aplicar una primera dosis de fertilizante alta en nitrógeno y fósforo. Es fundamental recordar que el nitrógeno es indispensable para la fotosíntesis y que las hojas en crecimiento necesitan más nitrógeno. En caso de “cormos”, se debe fertilizar un mes después de la siembra para verificar la sobrevivencia y esperar la presencia de un sistema radical que pueda absorber los nutrientes.

El cultivo responde muy bien a las correcciones nutricionales, y un diagnóstico previo a través de la coloración de sus hojas (hojas amarillentas se asocian a déficit de nitrógeno), la observación de las nervaduras de las hojas o el desarrollo de los seudotallos y las raíces es de gran ayuda. Para ello, son importantes las visitas técnicas de control del cultivo y sobre todo la observación del cultivo,

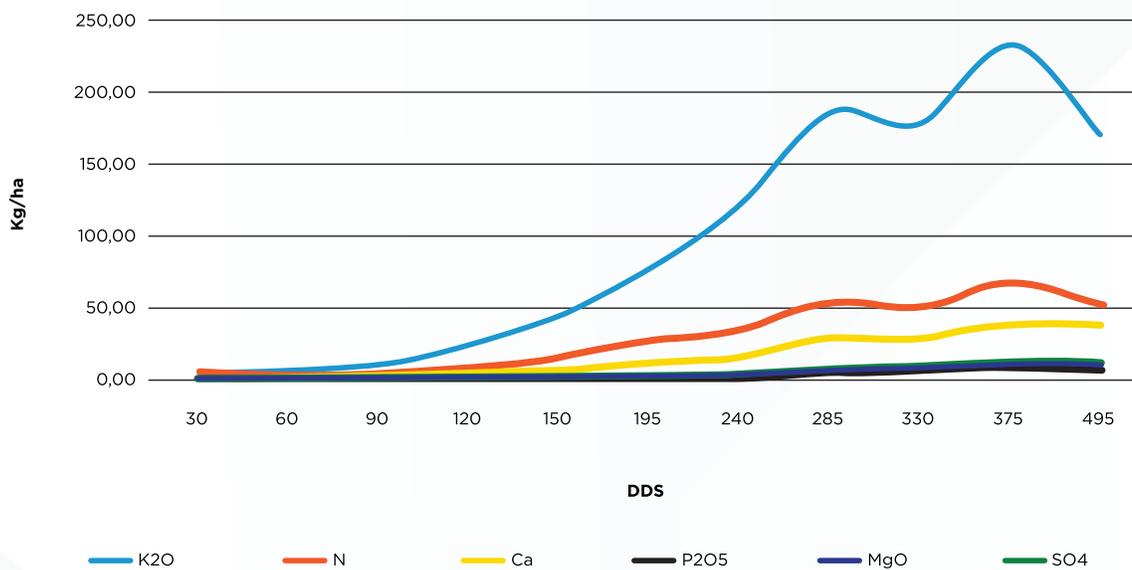
Las personas productoras pueden consultar sobre qué tipo de fertilizantes químicos y orgánicos son recomendables para el cultivo del abacá, ya que esto depende de cada finca. Hay productos a base de gallinaza líquida y bioestimulantes que han dado muy buenos resultados ante la falta de nitrógeno. La materia orgánica siempre será un beneficio, por lo que aprovechar todos los residuos cercanos para compostaje será un beneficio y fortalece la economía circular.

En general, la absorción nutricional en una planta depende directamente del estado fenológico de la planta y de la calidad de manejo y mantenimiento que se aplique durante el ciclo de vida. Tomando esta afirmación en cuenta, a continuación, se presentan las curvas de absorción de nutrientes reportadas en una plantación experimental de la empresa Biotech CR GRM S.A en la finca situada en Río Jiménez de Guácimo, bajo un adecuado manejo convencional.

La prueba inició con la siembra de la plantación en noviembre de 2021 y culminó con la última cosecha comercial en mayo de 2023. Se realizaron muestreos cada 30 días durante el crecimiento de la plantación hasta los 5 meses, y posteriormente, cada 45 días hasta el inicio de la cosecha (PROCOMER, 2023). Estos suelos son de calidad media a alta. El estudio merece la lectura y análisis; en este manual se extraen los resultados más importantes.

Las líneas de colores en la figura 19 sugieren que en los primeros meses se da una fase de establecimiento del cultivo. Las plantas son pequeñas y están desarrollando hijos, nuevas hojas y raíces, por lo que una fertilización inicial con nitrógeno y fósforo será de gran ayuda. Para el cultivo en vitroplanta, el uso de una fórmula como 10-30-10 a razón de 100g por planta en algunos casos es recomendable y puede ser reforzado al mes con una aplicación de urea (46% de nitrógeno) a razón de 50g por planta. Esta recomendación es idónea si el porcentaje de saturación de acidez es bajo (menor que 10%), de lo contrario, primero debe corregirse la acidez con un encalado y un mes después aplicar el fertilizante.

A partir de los 3 meses, se incrementan las necesidades de potasio ( $K_2O$ ) y se mantiene la demanda por nitrógeno. Si el suelo no puede aportar estos nutrientes, se debe considerar una fórmula de fertilizante que aporte nitrógeno (N), bajo fósforo (P) y aporte de potasio (K). Una fertilización con la fórmula 18-5-15 a partir del tercer mes a razón de 100g por planta y repetida al mes 8 y 12 pueden completar un buen paquete de fertilización. El calcio (Ca) y, eventualmente el magnesio (Mg), en caso de ser necesarios, se aportan en el material de encalado, cuando se usa la cal dolomita. Se debe tomar en cuenta la deshija temprana de la cepa a partir del mes 5, ya que esos hijos estarán capturando nutrientes y los fijarán en el seudotallo, que luego en una deshija no producirán fibras para vender.



**Figura 19.** Contenido de macroelementos absorbidos por la planta de abacá durante el ciclo productivo de una plantación de abacá en Guácimo, Limón.  $K_2O$  es una forma de potasio,  $N$  es nitrógeno,  $Ca$  es calcio,  $P_2O_5$  es una forma de fósforo,  $MgO$  es una forma de magnesio y  $SO_4$  es una fuente de azufre. DDS se refiere a días después de la siembra

**Fuente:** PROCOMER (2023)

Adicionalmente, en la literatura se encuentran referencias para la interpretación de los análisis foliares. No hay reportes específicos para el abacá, pero con experiencia se puede tomar como referencia algunas tendencias del cultivo del banano. Ante la ausencia de información se podría recurrir a estas referencias de los rangos deficientes, suficientes y altos de los macro y micronutrientes en el cultivo del banano. Siempre haciendo la salvedad que es una tarea pendiente generar los rangos para el cultivo del abacá en Costa Rica.

No se disponen de otros estudios publicados sobre las curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de abacá, por lo que resultan valiosos los resultados reportados para el experimento en Guácimo de Limón. La tabla 5 hace referencia la cantidad absorbida de nutrientes por la planta madre, según la parte de la planta desde los 30 a los 495 días.

**Tabla 5.** Cantidad de nutrientes absorbidos por cada tejido a lo largo del ciclo productivo del cultivo de Abacá, planta madre.

## CANTIDAD ABSORBIDA

TEJIDO	DÍAS DESPUÉS DE SIEMBRA (DDS)	PLANTA MADRE										
		kg/ha						g/ha				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
HOJA	30	2,32	0,16	0,54	0,19	1,99	0,16	9,32	0,58	2,58	47,25	0,56
	60	1,56	0,09	0,52	0,13	2,00	0,09	13,41	0,39	1,18	48,07	0,46
	90	3,19	0,18	0,96	0,27	3,11	0,21	19,53	1,03	1,95	91,09	0,72
	120	4,55	0,27	1,60	0,39	5,58	0,33	29,21	1,49	2,83	81,09	1,22
	150	7,40	0,46	2,40	0,67	10,11	0,61	18,98	2,49	4,84	86,34	2,56
	195	13,58	0,83	4,19	1,06	17,90	1,07	58,59	3,88	8,98	146,74	6,07
	240	12,73	1,16	2,86	1,06	20,76	1,08	36,35	4,35	11,61	126,66	7,05
	285	18,34	1,52	6,78	1,64	27,92	1,58	334,62	6,19	19,22	236,96	12,08
	330	19,70	2,15	7,18	2,55	29,17	2,12	257,93	6,62	20,08	264,80	12,35
	375	23,73	2,69	9,17	3,05	34,37	2,46	333,22	7,25	24,48	280,89	14,30
495	13,32	2,24	6,09	2,00	24,35	1,46	266,77	4,87	17,30	164,62	10,96	
PSEUDOTALLO	30	1,09	0,14	0,30	0,09	2,51	0,06	17,24	0,41	8,97	15,50	1,14
	60	0,59	0,05	0,20	0,05	2,01	0,03	3,99	0,12	1,86	9,93	0,85
	90	1,33	0,12	0,53	0,12	4,60	0,07	26,91	0,49	3,67	14,21	1,65
	120	2,08	0,21	0,84	0,19	9,03	0,14	27,44	0,98	5,43	14,42	2,92
	150	2,64	0,36	1,82	0,31	17,01	0,23	38,69	1,44	6,33	32,53	6,10
	195	5,54	0,72	4,20	0,54	31,96	0,47	125,70	2,71	13,86	82,89	15,27
	240	5,41	1,03	4,62	0,54	41,55	0,60	177,15	3,51	12,92	104,12	16,58
	285	6,76	1,34	7,00	0,92	52,32	0,77	265,58	6,50	22,15	141,73	28,12
	330	5,98	1,64	7,03	1,08	50,43	0,72	430,48	4,88	22,54	126,43	27,58
	375	10,77	3,61	10,77	1,96	83,91	1,33	545,97	7,60	66,48	184,35	39,63
495	10,98	4,07	11,65	1,99	53,03	1,46	941,28	5,88	46,50	202,50	33,91	
CORMO	30	1,12	0,13	0,31	0,27	1,47	0,08	346,88	1,31	23,24	15,98	2,18
	60	0,60	0,05	0,21	0,10	0,81	0,03	143,31	0,56	8,10	8,98	1,36
	90	0,88	0,09	0,30	0,19	1,80	0,06	164,76	1,04	11,66	14,67	2,46
	120	1,22	0,11	0,46	0,23	3,69	0,08	346,89	1,89	9,56	18,07	5,51
	150	2,15	0,21	1,12	0,45	7,00	0,17	187,64	2,88	7,57	30,43	8,69
	195	2,60	0,26	1,53	0,47	9,57	0,22	431,57	3,68	12,37	37,11	19,25
	240	2,67	0,38	1,80	0,51	11,97	0,35	411,12	4,48	12,66	45,93	21,05
	285	4,84	0,60	3,35	0,98	19,46	0,56	635,68	8,74	21,78	72,89	37,23
	330	4,50	0,66	3,51	1,11	19,30	0,63	695,37	6,98	23,99	72,14	36,80
	375	5,33	0,89	4,44	1,49	23,86	0,80	1183,77	10,03	34,03	89,57	50,51
495	4,05	0,61	3,34	1,10	13,12	0,64	531,54	5,58	22,41	62,47	41,48	
TOTAL	30	4,52	0,42	1,15	0,55	5,98	0,31	373,45	2,30	34,78	78,73	3,88
	60	2,76	0,20	0,92	0,27	4,82	0,15	160,71	1,08	11,13	66,78	2,66
	90	5,40	0,39	1,79	0,58	9,51	0,34	211,21	2,57	17,28	119,97	4,84
	120	7,85	0,60	2,89	0,81	18,30	0,55	403,54	4,36	17,81	113,58	9,64
	150	12,19	1,03	5,34	1,43	34,11	1,00	245,32	6,81	18,75	149,30	17,35
	195	21,72	1,80	9,92	2,07	59,42	1,76	615,86	10,27	35,21	266,74	40,59
	240	20,80	2,57	9,28	2,11	74,29	2,03	624,61	12,34	37,20	276,71	44,67
	285	29,94	3,46	17,13	3,54	99,69	2,91	1235,88	21,43	63,15	451,58	77,43
	330	30,19	4,45	17,72	4,75	98,91	3,47	1383,78	18,48	66,60	463,37	76,73
	375	39,83	7,19	24,37	6,51	142,14	4,59	2062,95	24,89	124,99	554,82	104,44
495	28,35	6,92	21,08	5,09	90,50	3,56	1739,59	16,33	86,21	429,59	86,35	

Fuente: Tomado de PROCOMER (2023)

Por otra parte, tomando el suelo como referencia, los valores frecuentemente utilizados en Costa Rica para la interpretación de los análisis de suelos se presentan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Tabla de interpretación de análisis de suelo para Costa Rica.

		BAJO	MEDIO	ÓPTIMO	ALTO
PH	cmol/L	<5	5 - 6	6 - 7	>7
CALCIO (CA)	cmol/L	<4	4 - 6	6 - 15	>15
MAGNESIO (MG)	cmol/L	<1	1 - 3	3 - 6	>6
POTASIO (K)	cmol/L	<0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 0,8	>0,8
ACIDEZ	cmol/L		0,3 - 1	<0,3	>1
SATURACIÓN ACIDEZ (S.A.)	%		10 - 30	<10	>30
FÓSFORO (P)	mg/L	<12	12 - 20	20 - 50	>50
HIERRO (FE)	mg/	<5	5 - 10	10 - 50	>50
COBRE (CU)	mg/	<0,5	0,5 - 1	1 - 20	>20
ZINC (ZN)	mg/	<2	2 - 3	3 - 10	>10
MANGANESO (MN)	mg/	<5	5 - 10	10 - 50	>50
BORO (B)	mg/	<0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1	>1
AZUFRE (S)	mg/	<12	12 - 20	20 - 50	>50
MATERIA ORGÁNICA % (MO)	%	<2	2 - 5	5 - 10	>10
RELACIONES CATIÓNICAS		Ca/Mg 2-5	Ca/K 5 - 25	Mg/k 2,5 - 15	(Ca+Mg) K 10 - 40

**Fuente:** Tomado de Meléndez y Molina (2002)

## 6.5. CONTROL DE AGUAS

### 6.5.1. DRENAJES

---

La planificación y diseño de la red de drenajes para un cultivo de abacá son esenciales para asegurar un entorno adecuado para el desarrollo de las plantas y prevenir problemas asociados con el anegamiento de aguas en época lluviosa, ya que esta especie en particular requiere de un suelo con buena aireación.

Por tanto, es crucial contar con la asesoría específica de un profesional especializado para obtener recomendaciones sobre drenaje adaptadas a las condiciones del sitio y a las necesidades particulares del cultivo. Los pasos clave a considerar para la construcción de la red son:

- ✓ Estudio topográfico para fincas grandes: Determinar el porcentaje de pendiente natural y la distribución del agua superficial.
- ✓ Identificación de áreas problemáticas: Detectar zonas propensas a la acumulación de aguas superficiales, encharcamientos o inundaciones.
- ✓ Espaciamiento de los canales: Elaborar un croquis que planifique la distancia ideal entre las zanjias, según la pendiente, la distribución de las zonas problemáticas y las condiciones climáticas del sitio.
- ✓ Definición de maquinaria y costos: Seleccionar la maquinaria adecuada y calcular los costos. En fincas pequeñas, se pueden realizar canales con pala para alcanzar profundidades de drenaje superiores a 50 cm (ver figura 20).
- ✓ Profundidad: Ajustar la profundidad de las zanjias según la necesidad de cada área en específico. La profundidad mínima la profundidad efectiva debe ser de 50 cm. Se hace la observación que, por ejemplo, en el cultivo de banano, se considera que una profundidad de 60 a 80 cm es adecuada para el crecimiento saludable de las raíces. Sin embargo, en suelos bien gestionados y con un perfil de suelo profundo, una profundidad de 120 cm puede ser ideal y más beneficiosa. Para abacá no existe una referencia.
- ✓ Plan de monitoreo: Establecer un plan de monitoreo periódico para evaluar la eficacia de la zanja y revisar si se deben realizar ajustes según sea necesario.
- ✓ Plan de mantenimiento: Implementar un programa periódico de mantenimiento de las zanjias para garantizar que no haya obstrucciones o anegamientos.

Al seguir estos pasos y adaptarlos a las condiciones específicas del terreno y el cultivo, se podrá mantener una red de drenaje eficiente en el tiempo para mejorar las condiciones de infiltración en el área de cultivo.



**Figura 20.** Detalle de la construcción de drenajes mediante el uso de pala en a. Siquirres con suelo de alta fertilidad y b. Horquetas con suelo de mediana fertilidad y más arcilloso.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 6.6. DESHIJA

La deshija en el abacá es una práctica continua que consiste en la remoción de seudotallos excedentes en una cepa (Vargas et al., 2017). Este procedimiento se realiza con el propósito de crear espacio entre los ejes principales y que darán la cosecha de fibras. Esta actividad garantiza que los seudotallos más destacados en tamaño, tengan acceso óptimo a la luz y los nutrientes del suelo. El objetivo principal es dirigir el crecimiento y la producción de fibra hacia los seudotallos más robustos, ya que estos permiten un mayor rendimiento en la extracción de la fibra, y facilitan su corte y recolección durante la cosecha. La densidad y calidad de la fibra cosechada se benefician significativamente del grosor de estos seudotallos. Sin embargo, también es crucial considerar la altura, ya que el grosor por sí solo puede ser engañoso. Por lo tanto, es fundamental seleccionar hijos vigorosos y saludables para asegurar un rendimiento óptimo.

Esta práctica comienza aproximadamente a los 5-6 meses después de la siembra, momento en el cual se seleccionan cuidadosamente de 5 a 8seudotallos que estén estratégicamente ubicados dentro de la cepa y son los que se dejarán para la cosecha (ver figura 21). Durante este proceso, con la ayuda de un cuchillo bien afilado y constantemente desinfectado, se eliminan los llamados “hijos de agua” (hijos improductivos que están menos desarrollados) y losseudotallos denominados “prensados”, es decir, aquellos muy juntos que obstaculizan el desarrollo de otrosseudotallos. También se descartan los hijos con escaso vigor, los dañados o aquellos con una forma aplanada. Pero también se pueden presentar situaciones en las que hay dos hijos con buen vigor y forma, pero muy juntos, acá se debe optar por conservar únicamente uno de ellos.



**Figura 21.** (a) Detalle de una cepa típica de abacá de seis meses, (b) observación de los hijos de agua yseudotallos prensados y (c) resultado de la aplicación de una óptima deshija con losseudotallos bien espaciados.

**Fuente:** Imagen propia

Esta práctica desempeña un papel crucial en la producción de fibra a lo largo del tiempo. De su planificación depende la frecuencia de las cosechas anuales, garantizando la corta de losseudotallos más robustos. La ejecución de esta operación se lleva a cabo con un machete bien afilado, prestando especial cuidado de no dañar los hijos previamente seleccionados para la cosecha.

Un aspecto fundamental es mantener las herramientas constantemente desinfectadas, los desinfectantes más efectivos para esta práctica son a base de amonio cuaternario y se aplican con una botella de aspersion a una concentración de 2 g/l para herramientas y de 4 g/l para maquinaria, con una exposición mínima de 30 segundos.

## 6.7. DESHOJA

Para este cultivo, a diferencia del banano o plátano, es muy importante eliminar únicamente las hojas que se encuentran totalmente secas. Esto para evitar heridas en la planta y reducir la posible afectación por hongos y bacterias. No se recomienda cortar hojas en la época lluviosa.

Normalmente, para realizar esta práctica se utiliza un machete bien afilado, al cual es indispensable aplicarle las medidas de desinfección pertinentes cada vez. Es recomendable combinar el deshoje con la deshija, dándole así a la plantación una mejor entrada de luz y mayor aireación (ver figura 22).



**Figura 22.** Cepa de abacá con un manejo inadecuado de los hijos y hojas secas (izquierda) y plantación con una aplicación adecuada de la deshija y deshoja de solamente las hojas secas (derecha).

**Fuente:** Tomada por el autor.

Algunas personas productoras optan por mantener sus plantaciones con el suelo extremadamente limpio, sin cobertura. Sin embargo, es crucial reflexionar sobre el papel fundamental de las hojas en descomposición y el aporte de la materia orgánica en el suelo, ya que previenen la erosión del suelo y reincorporan nutrientes y carbono al sistema.

# 7. CAPÍTULO 6. MANEJO INTEGRADO

## DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

### 7.1. CAUSAS DE APARICIÓN

A partir de la experiencia acumulada por los autores, se ha observado que la aparición y propagación de plagas y enfermedades en las plantaciones de abacá pueden originarse por diversas fuentes. Estas incluyen:

- ✓ Uso de semillas contaminadas.
- ✓ Condiciones ambientales desfavorables (alta humedad, alta acidez del suelo).
- ✓ Afectación por el cambio climático (falta o exceso de agua que debilitan a las plantas)
- ✓ Elevadas cargas de microorganismos patógenos en el suelo (esto es de cuidado).
- ✓ Prácticas de manejo deficientes en las plantaciones (falta de deshija, deficiente control de malezas, cortes con herramientas sin desinfectar, falta de manejo del suelo).
- ✓ Contaminación externa a través del acceso de personas particulares.
- ✓ Ausencia de un plan de monitoreo y vigilancia.

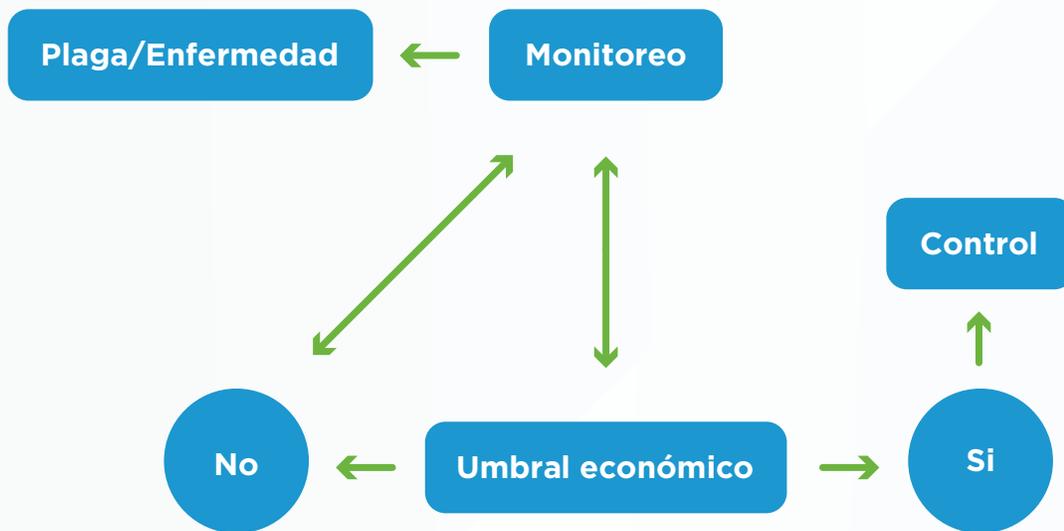
Abordar de manera integral estas causas es esencial y puede lograrse mediante la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, la realización de monitoreo constante y la aplicación adecuada de técnicas de manejo integrado de plagas y enfermedades. El monitoreo consiste en observar las plantas regularmente y documentar cualquier síntoma de alguna enfermedad, anotando la fecha de observación y la localización de la planta o grupos de plantas. En casos importantes, es mejor contactar a los técnicos y enviar imágenes.

## 7.2. CONSIDERACIONES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

El manejo integrado de plagas se define como la implementación de una variedad de medidas comprensivas dentro del sistema productivo, basadas en la evaluación del proceso de toma de decisiones, con el propósito de minimizar de manera efectiva el impacto de los agentes biológicos perjudiciales para el cultivo.

Este enfoque va más allá de la simple aplicación de pesticidas y abarca consideraciones económicas, toxicológicas y medioambientales, teniendo en cuenta las condiciones actuales del cultivo a lo largo del tiempo.

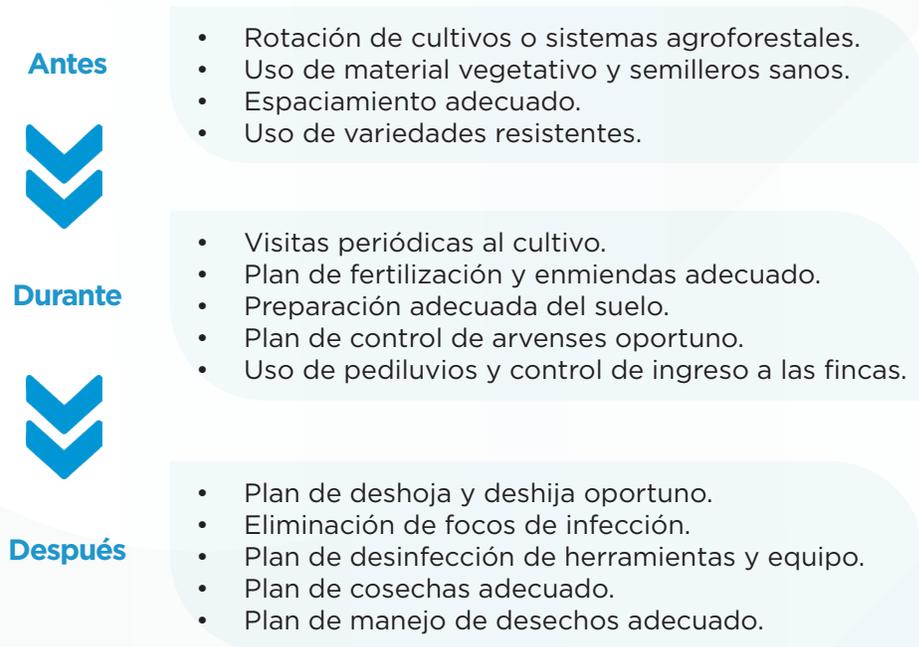
En la figura 23, se presentan los principales parámetros que se deben tener en cuenta para la creación de una estrategia de manejo, donde el umbral económico se refiere a la densidad de la plaga en la cual el ingreso económico o pérdida debido al daño ocasionado por la plaga, se iguala al costo de controlarla.



**Figura 23.** Principios del manejo integrado de plagas en el cultivo del abacá

**Fuente:** Escalona et al. (2009).

Este método busca crear un equilibrio en el ecosistema agrícola, promoviendo la resistencia natural de los cultivos y reduciendo la dependencia de sustancias químicas. Además, se incorporan prácticas sostenibles que no solo protegen la salud de los cultivos, sino que preservan la salud del suelo y del ambiente.



**Figura 24.** Actividades para un buen manejo integrado de plagas por fase del cultivo.

**Fuente:** Jaramillo et al. (2007)

Al adoptar el manejo integrado de plagas, se promueve una gestión más consciente y holística del cultivo, considerando la producción agrícola inmediata, los impactos a largo plazo en la salud del suelo, el bienestar de las personas y la biodiversidad y la sostenibilidad general del sistema productivo.

Particularmente, para el cultivo de abacá se recomiendan las siguientes acciones para consolidar un plan de manejo integrado de plagas:

- La rotación de cultivos puede ser sustituida por la incorporación de árboles maderables en arreglos que no afecten el rendimiento de la plantación (el Gallinazo, el Laurel, el Cedro amargo, son especies que se pueden incorporar).
- Uso del material vegetativo a través de vitroplantas libres de enfermedades.
- Espaciamientos 3 x 3 m o más amplio y buen manejo de las deshijas.

- Variedades resistentes. A pesar de que no se disponen estudios para Costa Rica, las empresas han seleccionado materiales en fincas sanas y productivas.

- Visitas periódicas a la plantación para aprovechar la asistencia técnica en el diagnóstico de la salud del cultivo. Cualquier planta enferma se debe reportar. En cada visita se debe seguir el control de desinfección recomendado. Una opción es el entrenamiento del personal de la finca, para que el propio productor haga las visitas periódicas y así ante una anomalía consulte con un técnico.

- La fertilización y la aplicación de enmiendas son actividades esenciales que, aunque implican un costo, no deben ser descuidadas. Mantener el cultivo vigoroso es crucial para aumentar su resistencia a enfermedades.

- Preparación del suelo es importante, para eliminar toda barrera que vaya a afectar el cultivo.

- El control de malezas es muy importante en las primeras etapas.

- La deshoja del abacá debe limitarse exclusivamente a las hojas secas, mientras que la deshija es una actividad que debe realizarse de manera regular.

- La eliminación de focos de infección es crucial cuando se detectan plantas enfermas. En tales casos, es recomendable consultar a técnicos de las empresas o directamente a CORBANA si se sospecha de síntomas de algún marchitamiento. Deben seguirse las medidas de cuarentena pertinentes.

- La desinfección de herramientas es parte del plan de prevención de la finca según los decretos para evitar el ingreso del FOC Raza 4.

- El plan de cosechas es fundamental, ya que las plantas tienden a degradarse una vez que han producido el fruto, convirtiéndose en focos de enfermedades, especialmente provocadas por insectos picudos y otros.

- El plan de manejo de los residuos vegetales incluye la deshoja y la limpieza, cuyo material puede colocarse en el centro de las calles. Durante la cosecha, los montículos de residuos, con alta humedad, se acumularán en los lugares donde se utilizaron las máquinas descortadoras, así como seudotallos y hojas en toda el área. Es recomendable aplicar preparados comerciales de microorganismos que aceleren la descomposición de la materia orgánica, para lo cual existen diversas formulaciones disponibles.

- Limpieza de residuos contaminantes incluye plásticos, cordeles, botellas y envases plásticos, aceites, repuestos, entre otros. Las buenas prácticas sugieren recoger estos residuos en bolsas y llevarlos a lugares para su disposición final. No deben quemarse ni enterarse esos residuos en el lugar, ya que esto causa un mayor daño ambiental y al suelo.

## 7.3. PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO

Hay pocos estudios referidos a las enfermedades del cultivo del abacá en Costa Rica y lo más usual han sido los reportes de aparición de enfermedades. Uno de los diagnósticos de los agentes causales más completo fue realizado en los laboratorios del INTA y CORBANA. Se lograron identificar los siguientes problemas fitopatológicos: *Sclerotium* sp, *Fusarium* sp, *Helminthosporim* sp, *Marasmiellus troyanus*, *Dreschlera indica*, *Exosporium* sp, *Dactylaria junci*; *Erwinia* sp y *Ralstonia solanacearum*; un complejo hongo-bacteria y los nemátodos fitoparásitos *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Pratylenchus* sp y *Radopholus similis*. Los insectos detectados fueron: *Atta cephalotes*, *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, *Xyleborus* sp y el roedor *Orthogeomys cherriei*. Análisis realizados de biología molecular revelaron la presencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* asociada con el hongo *Fusarium oxysporum* reportado en Filipinas afectando abacá (Gutiérrez, 2016).

A continuación, se detallan las enfermedades y plagas más significativas que impactan la producción de abacá. Es crucial que cada productor esté alerta ante estas amenazas, aplicando las medidas de control pertinentes y reportándolas de inmediato. El propósito principal es mitigar la propagación y minimizar el impacto en otras fincas.

## 7.4. ENFERMEDADES FÚNGICAS

**Marchitez o mal de Panamá**  
(Reportada en CR en otras musáceas)

### 7.4.1. AGENTE CAUSAL: FUSARIUM OXYSPORUM SP. CUBENSE, RAZA 1

---

Vargas Céspedes et al. (2015) describen la capacidad de absorción y translocación de agua y nutrientes por parte de este hongo, lo que conduce a una marchitez gradual en la planta hasta alcanzar un punto crítico que resulta en su eventual muerte. Los síntomas son evidentes en el interior de las raíces y cormos, manifestándose a través de coloraciones café oscuras (ver figura 25). La duración de este proceso puede extenderse a lo largo de varias semanas o meses, dependiendo del grado de afectación en la planta. En relación con esto, Martínez-Solórzano et al. (2020) destacan las posibles causas y estrategias de control.

### Principales causas:

- ✓ Movimiento de cormos infectados dentro y fuera de la finca.
- ✓ Inundaciones y escorrentía que pueden movilizar el hongo.
- ✓ Propagación por insectos hospederos del hongo.

### Estrategias de control:

- ✓ Uso de material vegetativo sano.
- ✓ Desinfección de herramientas y equipo antes y después de cada uso.
- ✓ Uso de variedades tolerantes a esta raza.



**Figura 25.** Manifestación de la enfermedad *Fusarium sp.* Raza 1 en una musácea.

**Fuente:** Tomada por el autor.

### 7.4.2. FUSARIUM RAZA 4 (FOC R4T)

**(No hay reportes en Costa Rica hasta la fecha)**

**Agente causal: *Fusarium oxysporum sp. Cubense*, Raza 4 Tropical**

Este hongo, catalogado como la enfermedad más letal para las musáceas hasta la fecha (Guzmán & Sandoval, 2015), representa una amenaza significativa debido a su capacidad para sobrevivir en el suelo por más de dos décadas y su notable habilidad de dispersión. Con informes que indican que al menos el 85% de la producción se ve afectada por este patógeno, se confirma su impacto devastador en los cultivos.

A pesar de la gravedad de la situación a nivel global, hasta la fecha no se han registrado casos en el país. A nivel mundial, la presencia de este hongo se ha reportado en 23 países de Asia, África y Oceanía. En América, Colombia, Venezuela y Perú han declarado oficialmente su presencia (SFE, 2023).

### Síntomas:

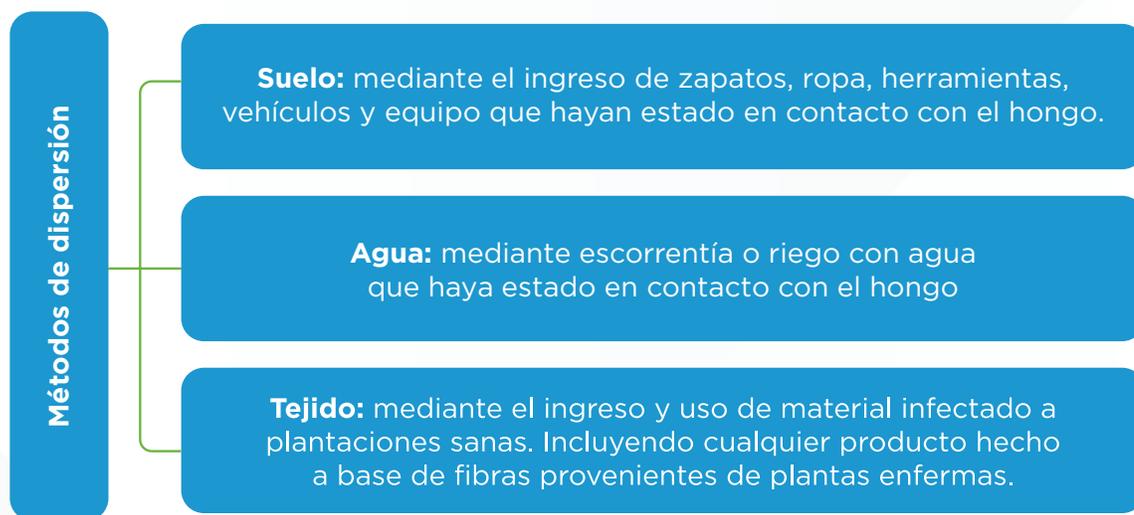
Según Martínez-Solórzano et al. (2020), este hongo ataca la zona vascular de las raíces laterales, donde se produce la infección del rizoma, obstaculizando la absorción de nutrientes y el transporte de agua hacia las partes superiores de la planta, incluyendo el seudotallo y las hojas. En poco tiempo, las hojas más antiguas presentan tonalidades amarillentas y comienzan a marchitarse, colapsando y cayendo alrededor del seudotallo. Además, se genera podredumbre en el seudotallo, contribuyendo aún más a la decadencia de la planta (ver figura 26). La gravedad de estos síntomas subraya la urgencia de implementar estrategias de control efectivas para prevenir la propagación de este patógeno devastador.



**Figura 26.** Manifestación de la enfermedad causada por *Fusarium oxysporum* sp. *Cubense*, Raza 4 Tropical en una musácea.

**Fuente:** CORBANA <https://www.corbana.co.cr/fusarium/wp-content/uploads/2019/09/Rotulo-1-Foc.pdf>

La figura 27 explica los métodos de dispersión más comunes del Foc R4 y hace referencia a la necesidad de la prevención.



**Figura 27.** *Métodos de dispersión más comunes del Foc R4.*

**Fuente:** Servicio Fitosanitario del Estado.

**Nota:** existen algunas especies de arvenses (malezas) que pueden llegar a ser hospederas de este hongo, aunque no hay afectación en las mismas.

### Estrategias de control:

Cumplimiento obligatorio de las medidas fitosanitarias descritas en la Resolución N° 004-2019-NR-SFE (SFE, 2023). A continuación, Guzmán et al. (2015), detallan algunas de las principales recomendaciones descritas en la resolución, para seguir para prevenir la entrada de este patógeno a las plantaciones:

- ✓ Es responsabilidad mantener una cerca que evite el ingreso de las personas.
- ✓ Llevar un registro de visitantes y restringir el ingreso a la plantación únicamente al personal esencial.
- ✓ No permitir el ingreso de personas a la finca que hayan visitado los países declarados como infectados por el patógeno.
- ✓ Uso de material vegetativo sano y certificado.
- ✓ Únicamente se debe utilizar las herramientas y equipo pertenecientes exclusivamente a la finca; las cuales, deben cumplir con un protocolo adecuado de desinfección diario (incluir la limpieza de cubiertas, puntos, limas, entre otros).
- ✓ Disponer de un stock de botas de hule debidamente desinfectado para cada uno de los integrantes del personal.
- ✓ Uso permanente de los pediluvios reglamentarios.
- ✓ Realizar capacitaciones periódicas para los trabajadores en temas de prevención.

### 7.4.3. PUDRICIÓN SECA DEL SEUDOTALLO

(Reportada en Costa Rica en otras musáceas pero con incidencia importante en abacá)

**Agente causal:** *Marasmiellus spp.*

Esta enfermedad causa daños importantes y afecta tanto al plátano como el abacá, ambas pertenecientes al género de las musáceas. Se manifiesta mayormente en plantas debilitadas, por lo que, en plantaciones gestionadas adecuadamente, la incidencia de esta enfermedad es notablemente baja. Aunque su presencia es más evidente en zonas de suelos arenosos, también se ha documentado en terrenos con drenaje deficiente y en suelos con características ácidas (Nelson et al., 2006), como es el caso de la región de Sarapiquí.

#### Síntomas:

Los síntomas reveladores de esta enfermedad se manifiestan a través de la reproducción del hongo en la vegetación en estado de descomposición. Se observan áreas blancas en las hojas y pseudotallos, extendiéndose hacia las venas internas de las hojas (ver figura 28).

#### Estrategias de control:

- ✓ Uso de material vegetal sano.
- ✓ Aplicación de una deshoja oportuna, en donde se recomienda eliminar las hojas completamente secas que se doblan hacia la base de los pseudotallos.
- ✓ Aplicación de una deshoja oportuna, para evitar la creación de un ambiente húmedo en la base de las cepas, que favorece el desarrollo del patógeno. En caso de afectaciones severas, se recomienda consultar de inmediato con el personal técnico.



**Figura 28.** Detalle de la afectación del hongo *Marasmiellus spp*

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 7.5. ENFERMEDADES BACTERIANAS

### Moko

(Reportada en Costa Rica en otras musáceas)

#### 7.5.1. AGENTE CAUSAL: *RALSTONIA* SPP.

Esta bacteria se transmite a través del suelo hacia las raíces y es capaz de sobrevivir por hasta 25 años en los cultivos (Montero, 2020).

#### Síntomas:

Provoca amarillamiento en hojas jóvenes, marchitez en la hoja candela y, posteriormente, decoloración y marchitez en hojas viejas (ver figura 29). En el interior del seudotallo, pedúnculo o el corno se notan lesiones de tonalidad café amarillentas o café rojizas, como puntos o líneas (Senasica, 2023). No obstante, plantas que pueden parecer saludables en su momento, tienen la capacidad de contagiar la enfermedad si llegan a estar infectadas (Montero, 2020).

#### Estrategias de control:

Según Montero (2020) y Senasica (2023), algunas de las medidas de control más relevantes son:

- ✓ Se puede acatar el mismo protocolo utilizado para atacar el *Fusarium*.
- ✓ Control periódico para el manejo de malezas.
- ✓ Solarización del suelo posinfección.
- ✓ Si hay focos de infección, se debe delimitar el área y erradicar las plantas en un radio de 10 m, aplicar dosis recomendadas de herbicidas y eliminación de las plantas infectadas.
- ✓ No desechar el material infectado en fuentes de agua para evitar la dispersión de la bacteria.



Figura 29. Detalle de la afectación de la bacteria *Ralstonia* spp.

Fuente: Senasica, 2023.

## 7.5.2. PUDRICIÓN BACTERIANA DEL CORMO O PUDRICIÓN BLANDA

(Reportada en CR en otras musáceas, pero con incidencia importante en abacá)

**Agente causal:** *Erwinia* spp.

Esta enfermedad se ve beneficiada por condiciones de sequía muy extensas, por deficiencias nutricionales de la planta. Su diseminación se da por lesiones radiculares ocurridas en las prácticas de manejo y por los residuos de plantas infectadas (Manzano, 2013; Vargas Céspedes et al., 2015).

### Síntomas:

Presenta síntomas externos similares a las plantas infectadas con *Fusarium* spp (ver figura 30). En la mayoría de los casos, las hojas jóvenes atacadas son las que primero empiezan a ponerse amarillas, mientras que en Foc R4T las hojas viejas se ponen amarillas primero.

### Estrategias de control:

Según Montero (2020) y Senasica (2023), algunas de las medidas de control más relevantes son:

- ✓ Aplicación de un adecuado protocolo de desinfección de herramientas y equipo.
- ✓ Eliminación de las plantas afectadas.
- ✓ Uso de material vegetal sano.
- ✓ Desinfección con calcio en la zona de siembra (Manzano, 2013).



**Figura 30.** Detalle de la afectación de la bacteria *Erwinia* spp en una musácea.

**Fuente:** NovAgro-AG.

## 7.6. OTROS MICROORGANISMOS E INSECTOS

### 7.6.1. NEMATODOS FITOPARÁSITOS

#### (Reportada en CR)

#### Agente causal:

Los nematodos, parásitos de plantas o fitoparásitos son animales pluricelulares que se encuentran en los suelos (figura 31). En el caso de las musáceas, como el abacá, se reconocen los siguientes géneros por su amplia distribución y rango de plantas hospederas: *Meloidogyne* spp. (nematodos agalladores), *Radopholus* spp. (nematodo barrenador), *Pratylenchus* spp. (nematodo lesionado) y *Helicotylenchus* spp. (nematodo espiral). (Eisenback, 1981; McSorley y Parrado, 1986).

#### Efectos:

Estos nematodos causan daño en raíces y cormo, afectando el crecimiento de las plantas, disminuyendo número y tamaño de hojas y raíces e induciendo el volcamiento de plantas afectadas (McSorley y Parrado, 1986; Jaraba et al., 2020).

#### Estrategias de control:

Según Montero (2020) y Senasica (2023), algunas de las medidas de control más relevantes son:

- ✓ El uso de material de siembra libre de nematodos debe ser utilizado siempre en las nuevas plantaciones y renovaciones. En ese sentido, las plantas de abacá provenientes de cultivo de tejido representan una oportunidad para usar material limpio.
- ✓ En caso de utilizar cormos, la práctica más recomendada es primero la inspección y análisis del lote de semillas y seguidamente es la limpieza y desinfección.
- ✓ Un programa de manejo de nematodos requiere la integración de varios métodos, que estos se ajusten a las condiciones locales y que sean continuamente monitoreados. Entre los métodos se consideran el barbecho, la rotación de cultivos, el uso de nematicidas, el manejo eficiente del agua mediante drenajes, pues las inundaciones pueden distribuir nematodos provenientes de sitios infectados.
- ✓ El uso de nematicidas en el cultivo de musáceas es una práctica extendida dentro del manejo integrado de nematodos fitoparásitos; sin embargo, debido a la alta toxicidad de estos productos, es necesario hacer un uso muy restringido y seguir protocolos de aplicación eficaces para evitar efectos sobre el ambiente y las personas que los aplican.
- ✓ Se recomienda explorar alternativas biológicas como el uso de hongos *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces lilacinus* como controladores biológicos de nematodos.



**Figura 31.** a) Detalle de un nematodo juvenil, huevo y adulto; b) daño a la raíz; c) volcamiento de plantas, en este caso de banano.

**Fuente:** Rodríguez (2014).

## 7.6.2. PICUDO NEGRO

### Agente causal: *Cosmopolites sordidus*

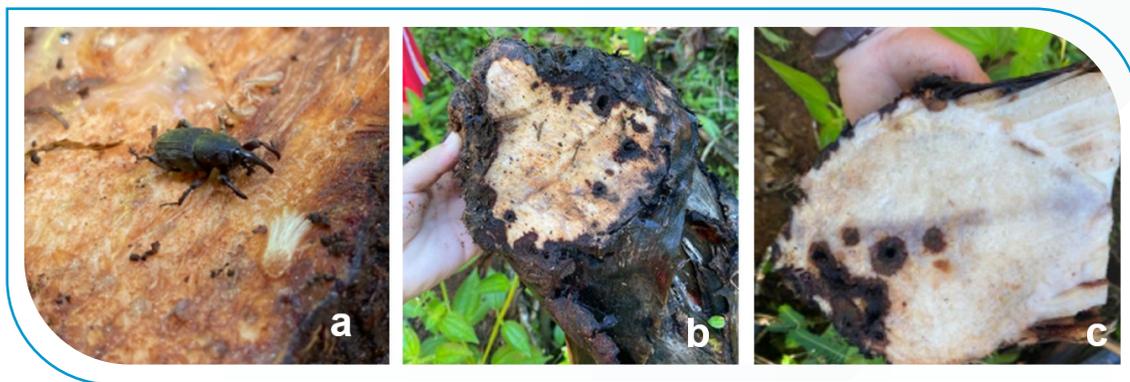
Es el insecto plaga más limitante de las musáceas a nivel mundial y ataca principalmente el cormo (figura 32).

### Efectos:

Este insecto al ingresar en la planta establece galerías o canales que afectan el transporte de agua y nutrientes, lo cual provoca el debilitamiento y volcamiento de las plantas afectadas (Amador et al., 2015). Las larvas causan una destrucción masiva de los bulbos, retoños y raíces (Nelson et al., 2006). Es importante su control preventivo, ya que el picudo es trasmisor de otras enfermedades, especialmente de Foc R4T.

### Estrategias de control:

- ✓ Aplicación de insecticidas según la dosis recomendada. Lo mejor es disponer de la asistencia técnica para la recomendación de productos.
- ✓ Uso de controladores biológicos.
- ✓ Eliminación de los cormos infectados postcosecha.



**Figura 32.** Detalle de a. Picudo negro, b. y c. manifestación de los daños causados en un corno.

**Fuente:** Tomada por el autor.

### 7.6.3. TALTUZAS

**(Reportada en Costa Rica)**

**Agente causal:** *Orthogeomys spp.*

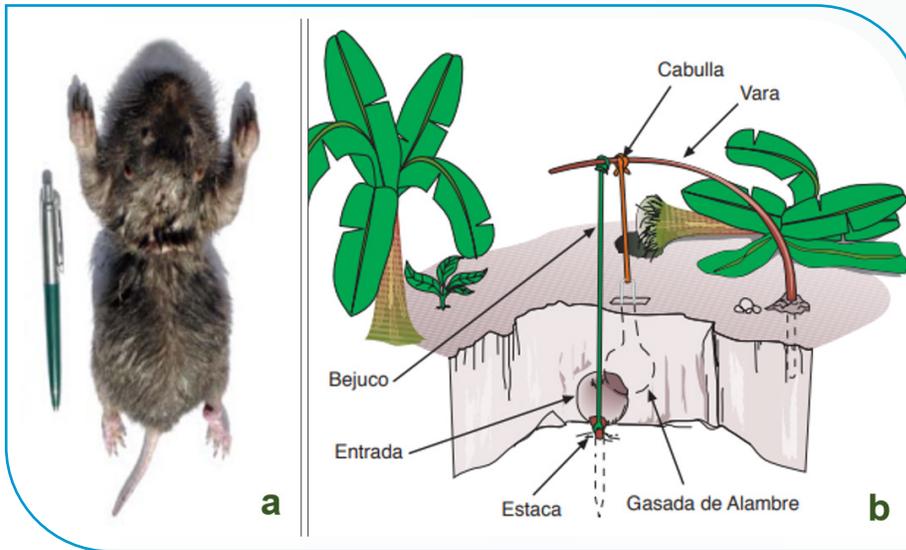
Estos animales son frecuentes en las fincas agrícolas en todo el país y suelen ocasionar daños considerablemente significativos en una amplia variedad de cultivos. Su presencia constituye una preocupación para los agricultores, ya que sus actividades pueden impactarse negativamente tanto en la productividad como en la salud de los cultivos (figura 33).

**Efectos:**

Se caracterizan por construir túneles, que utilizan para movilizarse por el cultivo e ir alimentándose de cuanta raíz vean a su paso, provocando el debilitamiento de las plantas y en última instancia su volcamiento (Coto & Rivera, 2005).

**Estrategias de control:**

- ✓ Limpiar los montículos superficiales de suelo fresco.
- ✓ Realizar un seguimiento de su comportamiento.
- ✓ Evitar dejar rastros de olor humano.
- ✓ Implementar un sistema de trapeo siguiendo el protocolo descrito por Coto et al. (2005).
- ✓ Se aconseja establecer los sistemas de trapeo especialmente durante los picos reproductivos, que suelen ser entre marzo-julio y septiembre-diciembre.



**Figura 33.** Detalle del a. roedor *Orthogeomys* spp. y b. modo de establecimiento de trampa artesanal para la captura de taltuzas.

**Fuente:** Coto et al. (2005).

#### 7.6.4. ZOMPOPAS

**(Reportada en CR)**

**Agente causal:** *Atta* spp

Es una de las plagas más comunes en Costa Rica y es la causante de una alta mortalidad en plántulas recién establecidas (momento crítico del cultivo); por lo cual, se recomienda una implementación constante de medidas preventivas (figura 34).

**Efectos:**

Estos insectos tienen la tendencia de cortar porciones de las hojas en forma de medialuna, lo que, en muchos casos, resulta en una disminución notable en la tasa de crecimiento, llegando incluso a provocar su fallecimiento. Para un control más efectivo de las hormigas cortadoras se debe atacar el nido, es decir, cualquier medida debe ser en función de las hormigas en sí y del hongo (*Leucocoprinus gonglylophorus*) que ellas cultivan, como su alimento. (TEC, 2020).

### Estrategias de control:

- ✓ Monitorear las épocas acarreo de las hojas, que normalmente se dan en época lluviosa.
- ✓ Usar productos agroecológicos que no dañen el ambiente y sean seguros para la salud humana y animal.
- ✓ No usar sólo un tipo de producto. Por ejemplo, se puede alternar entre diferentes productos vistos en este artículo.
- ✓ No hacer una sola aplicación. Después de la primera aplicación se debe supervisar el nido (hormiguero) por lo menos una vez por semana.
- ✓ Crear un cronograma de control y aplicar los productos según la dosis recomendada por un técnico.
- ✓ Hay cebos que son productos sólidos que se colocan al lado del camino o alrededor del nido justo cuando las hormigas están en la labor de acarreo.
- ✓ Se puede preparar un cebo casero con un litro de jugo de naranja, 30 g de azúcar o melaza, 5 kg de avena en hojuelas, 200 g del hongo *Trichoderma* spp. Se mezclan todos los ingredientes hasta que la mezcla quede homogénea y las partículas sean de un tamaño que puedan cargar las hormigas.



**Figura 34.** Detalle de la manifestación de los daños producidos por la hormiga *Atta* spp en un cultivo.

**Fuente:** La Nación (2010)

## 7.6.5. ARAÑA ROJA

(Reportada en Costa Rica en otras musáceas)

**Agente causal:** *Tetranychus urticae*

Se ven favorecidos por altas temperaturas y baja humedad relativa, además se transportan a grandes distancias por medio del viento. Su dispersión se da principalmente por aire (INTA, 2019).

**Efectos:**

Se trata de un ácaro que tiende a establecerse, predominantemente, en la parte posterior de las hojas de la planta de abacá, alimentándose de dicho tejido (figura 35). Este proceso se manifiesta inicialmente mediante la aparición de puntos amarillentos en las hojas, los cuales evolucionan posteriormente hacia tonalidades rojizas. Además de su actividad alimentaria, este ácaro tiene la particularidad de tejer una red delgada, más o menos densa, que sirve como refugio en las hojas.

**Estrategias de control (INTA, 2019):**

- ✓ Realizar monitoreo continuo, enfocándose en el envés de las hojas.
- ✓ Aplicar tratamiento inmediato en caso de detección, repitiéndolo según la evolución de la infestación y el producto utilizado.
- ✓ Mantener el suelo alrededor de las plantas cubierto con mantillo y humedecido para reducir la temperatura y aumentar la humedad.
- ✓ Evitar el exceso de abono nitrogenado, ya que esto favorece el crecimiento excesivo y vulnerable de la planta.
- ✓ Para el control efectivo, aplicar el producto recomendado rociando toda la planta, especialmente el envés de las hojas, y girar hacia arriba el pico del aspersor.



**Figura 35.** Afectación del follaje por *T. urticae* en hojas de abacá.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 7.7. RESUMEN DE LAS RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE EL MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

- ✓ Es muy difícil diferenciar, inclusive a nivel técnico, las enfermedades causadas por hongos, bacterias o nematodos, y en ocasiones se confunde con deficiencias nutricionales de la planta, entonces lo mejor ante una sospecha de enfermedad es contactar a la brevedad a los técnicos de la empresa a cargo de la compra de fibra o personal del MAG, para una valoración de cada caso. En la mayoría de las ocasiones se deben enviar muestras al laboratorio para un análisis microbiológico más detallado.
- ✓ Es importante recordar que los insectos, nematodos y otros animales también actúan como vectores de dispersión de las enfermedades, al igual que los humanos en el momento de ingreso a las fincas.
- ✓ No se debe postergar el tratamiento de una enfermedad, ya a que los síntomas visibles en la planta aparecen después de la infección y puede ser que el grado de avance dificulte el control.
- ✓ La mejor arma para el control de las enfermedades es la prevención. Por ello, es crucial mantener suelos sanos y bien aireados, utilizar semillas libres de patógenos y manejar las plantaciones de manera.
- ✓ Una planta saludable posee defensas propias. Por tanto, es fundamental mantener las plantaciones en óptimas condiciones para promover la productividad y el bienestar general.

## 8. CAPÍTULO 7.

### COSECHA Y POSTCOSECHA

La cosecha de la fibra es la etapa más importante del ciclo de producción de abacá, representando más del 40% de los ingresos por su venta. Por ello, debe planificarse minuciosamente considerando el tiempo de la maduración de la fibra, la preparación de las máquinas, la contratación de trabajadores y los preparativos en la finca (tendederos, carpas, entre otros). Es importante destacar que algunas de las características físicas y mecánicas de la fibra se ven afectadas por la técnica de extracción utilizada (Mamun et al., 2015); lo que impacta tanto la cantidad como la calidad final de la fibra, aspectos claves en la rentabilidad.

## 8.1. COSECHA DEL PRODUCTO

Existe una diferencia entre la primera cosecha, que puede alcanzar a entre los 12 y 18 meses, y las cosechas siguientes, que pueden ser cada 3 a 6 meses. Esta diferencia se debe a la producción de brotes en las cepas; la primera cosecha produce menos fibra y dependerá del deshijado y del mantenimiento inicial. A partir de la segunda cosecha, se tiene más control del deshijado y se pueden planificar los ciclos de cosecha.

Antes de iniciar la cosecha se deben preparar todas las condiciones para el personal que participará en las labores, ya que esta actividad se puede extender desde varios días hasta varias semanas. Para ello, hay que prever el uso de máquinas que facilitan la extracción de las fibras, aunque también se están generando modelos de acopio de las capas de fibras para utilizar máquinas que son estacionarias (núcleos de producción).

En Costa Rica, se pueden identificar dos tipos de máquinas diferentes. La primera, es la más conocida por su uso en la extracción de la cabuya, es la llamada tipo Deco y se fabrica en talleres locales. La otra máquina es de uso muy reciente en Costa Rica y se conoce como Spindle, y ha sido exclusivamente utilizada en Ecuador y Filipinas. Ambas máquinas tienen sus características y formas de uso diferentes que se detallarán más adelante (figura 36).

Algunas recomendaciones que ayudarán al productor a planificar la cosecha de su plantación de abacá se describen a continuación:

- ✓ La operación de cosecha es peligrosa debido al uso de máquinas y herramientas afiladas, por lo tanto, toda previsión debe priorizar la seguridad de las personas trabajadoras.
- ✓ La cuadrilla mínima es de 2 a 3 personas por máquina tipo Deco para un rendimiento diario entre 80 y 100 kilos de fibra seca, esto dependerá de cada condición, pero es un óptimo de rendimiento. Sobre el combustible, normalmente en este tipo de máquina se utilizan motores a gasolina con un aproximado de rendimiento en combustible de un litro por cada 10 a 15 kg de fibra seca.
- ✓ Es indispensable mantener limpios los pediluvios a la entrada de las áreas de corta y extracción porque la mayoría de la plantación tendrá cepas recién cortadas.
- ✓ Las herramientas y accesorios mínimos requeridos para los trabajadores son: machetes, limas, guantes, lentes de protección, orejeras, delantal impermeable, preferiblemente zapatos de seguridad o botas de hule, agua potable, rollos de mecate tipo bananero, rollo de plástico agrícola de varios metros, envases para combustible, aceite de motor, engrasadora, llaves de ajuste, herramientas básicas en función de las máquinas, líquido desinfectante y rociadores plásticos.
- ✓ Las personas responsables de las fincas deben gestionar los seguros para el personal que participará en las labores de cosecha.

✓ La máquina desfibadora debe estar disponible desde el día anterior a la operación de corta, debidamente desinfectada, revisada, calibrada y en óptimo estado de funcionamiento, con el tambor y paletas de metal rectificadas. Asimismo, debe contar con las herramientas básicas, entre las cuales destacan: la engrasadora con grasa, repuestos como tornillos, aceites, fajas de repuesto, toldo o cobertor para proteger el motor.

✓ Sobre el mantenimiento de la máquina tipo Deco, el tambor y la barra se deben rectificar en un taller electromecánico, cada vez que se completen aproximadamente las dos toneladas de fibra procesada, esto es porque la fibra desgasta el metal. El líquido cuando se extrae la fibra es corrosivo y cada día se debe limpiar la máquina eliminando residuos en los ejes y otras partes donde se ha acumulado. Se recomienda un mantenimiento general de la máquina se recomienda cada semana, que consiste en revisar tornillos, fajas, el engrase y se debe anticipar cualquier falla.

✓ En cuanto al cuidado del motor, es aconsejable ponerle un protector estilo tela o plástico impermeable después de cada jornada de trabajo para evitar lluvia o polvo. La calidad del combustible utilizado en el motor debe ser de alta, libre de agua e impurezas. Se debe cuidar el carburador y el escape del silenciador del motor, que tiende a deteriorarse.

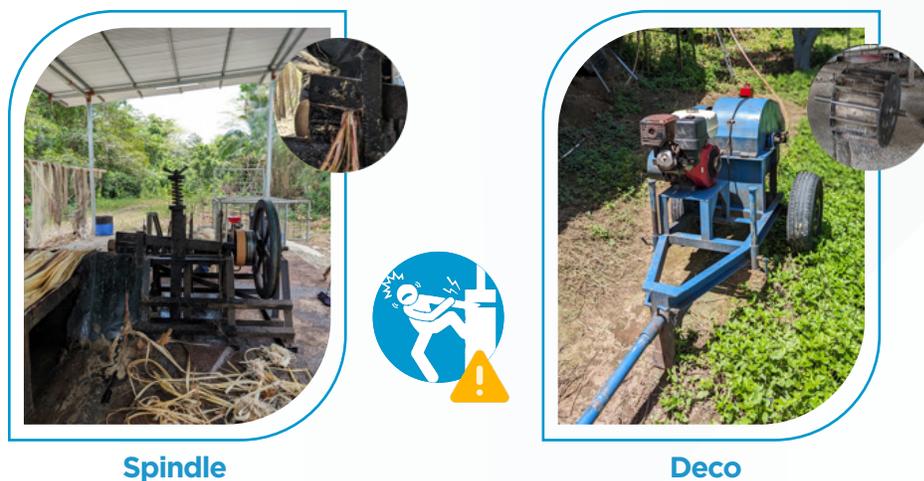
✓ Se debe contar con estacas de madera o de bambú para construir una pequeña estructura de protección contra el sol para la máquina desfibadora y para los trabajadores, es una estructura rústica que se pueda desmontar fácilmente. Una estructura similar también debe funcionar para colocar la fibra recién procesada de manera que no tenga contacto directo con el suelo y pueda funcionar como sitio de secado.

✓ Debe preverse la instalación de los tendedores con mecate bananero que resista el peso de la fibra verde y al terminar la cosecha se puedan retirar.

✓ Debe preverse un lugar de almacenamiento de la fibra seca para evitar que se humedezca y se pueda proteger de la lluvia. Es importante que la fibra quede a una distancia de mínima de 50 cm del suelo. Una de las alternativas para elevar el material, es mediante el uso de tarimas de madera usadas.

## 8.2. LAS MÁQUINAS PARA EXTRAER FIBRA Y SUS CARACTERÍSTICAS

La figura 36 ilustra los dos tipos de máquinas utilizadas en Costa Rica. Ambas tienen sus cuidados y riesgo de accidentes, pero la Deco es la que requiere mayor precaución. Es importante mencionar que ambas máquinas ayudan en el descorticado de la fibra, lo que equivale a un raspado de todo tejido vegetal que no es fibra. A nivel internacional se reconoce la calidad del descorticado, siendo que la fibra procesada mediante la máquina Spindle, la que brinda la mejor calidad de limpieza.



**Figura 36.** Detalle de las dos máquinas que se utilizan en Costa Rica para extraer la fibra de abacá.

**Fuente:** Tomada por el autor.

**Tabla 7.** Comparación entre las dos máquinas que se usan actualmente en Costa Rica para la cosecha de fibra de abacá.

	DECO	SPLINDE
<b>MOVILIDAD</b>	Se puede desplazar y rodar dentro de la finca.	Estacionaria, no es posible su movilización dentro de la finca.
<b>MOTOR</b>	Gasolina	Diésel
<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE</b>	Con 6 litros de gasolina se pueden obtener de 60 a 90 kg de fibra.	Con 6 litros de diésel se pueden obtener 150 a 200kg de fibra seca.
<b>MANTENIMIENTO</b>	Requiere un mantenimiento más constante.	Su mantenimiento es más básico.
<b>SITIO PARA SU USO</b>	Directo en finca	Requiere una galera con techo y un piso de cemento.
<b>RENDIMIENTO POR JORNAL KG DE FIBRA SECA</b>	80 - 100 kg	140 - 210 kg.
<b>PRECIO</b>	\$4000 (Se fabrican en Costa Rica)	\$7500 (Se importan de Ecuador)

**Fuente:** Tomada por el autor

## 8.3. LA PRIMERA COSECHA

La primera cosecha se espera a partir de los 12 y 18 meses posteriores a la siembra, dependiendo de las condiciones de sitio, la variedad y del manejo aplicado. El momento ideal recomendado para decidir cuándo realizar la cosecha de la plantación es cuando hay presencia de floración en la mayoría de las plantas (ver figura 37).

Es importante tener en cuenta que, en la primera cosecha, se deben cortar todos los seudotallos que presenten esta condición. En las cosechas posteriores, además de los seudotallos con floración, también se deben cortar aquellos que presenten una condición de crecimiento y desarrollo similar dentro de la cepa, aunque no presenten floración. Las cosechas posteriores se pueden programar cada 4 a 6 meses, en donde se puede aprovechar entre 2 y 4 seudotallos por cepa (Jones, 2018).



**Figura 37.** Inflorescencia del abacá, indicador de la madurez de la fibra.

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 8.4. PREPARACIÓN DE LOS SEUDOTALLOS PARA LA MÁQUINA TIPO DECO

Previo a la corta, se deben desinfectar todas las herramientas a utilizar y, posteriormente, de manera regular durante el día. Los seudotallos se cortan desde la base (aproximadamente a 10 cm del suelo) y luego en la sección de inserción de las hojas. Esta primera operación debe realizarse con el cuidado de no dañar los hijos de reemplazo. Seguidamente, cada seudotallo se partirá en secciones que a veces coincide en dos y tres cortes, y a cada uno se le realizará en campo un corte a la mitad para proceder a la separación de las capas y clasificándolas por color para procesarlas en la máquina desfibradora. Las capas de color oscuro son las capas externas, y las de colores claros son las capas internas (ver figura 38). Es de suma importancia recordar, que el trabajador debe cuidar no afectar los otros seudotallos en crecimiento, para evitar la aparición de pudriciones y posibles focos de infección.

En cuanto al proceso de desfibrado, la técnica más utilizada en Costa Rica es la de decorticado en verde con una máquina portátil tipo Deco (ver figura 38). Esta consiste en un tambor con platinas accionado por la fuerza de un motor, que realiza el descorticado, es decir, la separación de las fibras primarias y secundarias de cada capa o cáscara (Mamun et al., 2015). Se utiliza a nivel de finca para lograr cosechas más eficientes en términos de rendimiento (hasta 140 kg/día) (Waller & Wilsby, 2019). Existen otras técnicas que permiten la obtención de fibras con diversos rendimientos y niveles de inversión, que van desde sistemas muy rústicos y manuales, como el descorticado manual o con spindle (Muthu & Gardetti, 2020; Araya et al., 2023), hasta máquinas estacionarias más grandes, pero que no han dado el resultado esperado, al menos en Costa Rica.



**Figura 38.** Detalle del deslaminado donde se aprecian las cáscaras externas (calidad 2) (izquierdo) y desfibrado de cáscaras internas (calidad 1) con máquina tipo Deco (derecha).

**Fuente:** Tomada por el autor.

## 8.5. TUXEADO DE LOS SEUDOTALLOS PARA PROCESAR CON MÁQUINA SPINDLE

La máquina tipo Spindle (ver figura 39) es de reciente uso en Costa Rica y requiere de una preparación diferente de los seudotallos.



**Figura 39.** Detalle de una máquina tipo Spindle.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Se inicia el proceso con una deshoja y despunte de la parte de las hojas de los seudotallos maduros (en Ecuador se denomina sunke), de esta manera le queda más fácil al trabajador cortar el tallo completo y colocarlo en el suelo para la labor de separación manual de las capas de las fibras (ver figura 40). Los cortes de los seudotallos se recomienda realizarlos a 10 cm del suelo en ángulo inclinado. En esta actividad normalmente se colocan de 3 a 4 tallos cortados en el suelo los cuales conformarán lo que se denomina una ruma.



**Figura 40.** Detalle de un seudotallo sin las hojas y listo para el tuxeado.

**Fuente:** Tomada por el autor.

El tuxeado consiste en separar la capa externa que contiene las fibras. Para ello, el trabajador acomoda a su conveniencia el seudotallo sobre otros restos de tallos (figura 41). El trabajador inicia su labor con un cuchillo con forma de punta de lanza y afilado en los dos extremos (se le denomina tuxing), separando tiras más delgadas con un ancho entre 5 a 8 cm, cuya longitud depende del tamaño del tallo. Cada una de estas tiras se conoce como tuxis, y de cada vaina se extraen entre 3 y 4 tuxis a lo largo de todo seudotallo. Cada tuxi desprendido se apila al frente del trabajador y se agrupa por calidades según el origen en el seudotallo. Al final se recogen las tiras por grupos de calidad, se amarran con un pedazo de fibra fresca, formando los llamados tonguillos, que se transportan hasta el lugar donde esté la máquina, que en este caso es la Spindle (ver figura 39).



Detalle del cuchillo usado para el laminado



Separación de las capas o tuxis



Detalle de un grupo de capas o tonguillo

**Figura 41.** Detalles de la separación (laminado) de las capas (tuxis) que contienen las fibras y formación de los grupos de capas (tonguillos) que posteriormente serán descortizados. Este proceso produce una fibra más limpia de restos de tejidos vegetales.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Normalmente, la clasificación de la calidad de la fibra se realiza por el operario de la máquina. En Costa Rica, aún se mantiene la calidad 1 y 2. En otros países, se manejan más categorías de calidad según la posición dentro del seudotallo. La clasificación es muy importante, ya que la fibra tiene un valor de acuerdo con la calidad obtenida. La calidad se refiere a la posición en el seudotallo.

## 8.6. SECADO Y ALMACENAMIENTO DE LA FIBRA

Una de las condiciones indispensables para la comercialización y entrega de la materia prima es garantizar un buen proceso de secado (menos del 18% de humedad) y una limpieza adecuada de la fibra, es decir, bien raspada y sin residuos de cáscaras. Cuando la fibra ha sido procesada con la máquina, se coloca inmediatamente en tendedores que se instalan dentro de la misma plantación o en un área que permita la ventilación y entrada de luz para el proceso de secado (ver figura 42).

Para los tendedores en campo, normalmente se usa mecate tipo bananero, que, bien cuidado se puede reutilizar varias veces. Generalmente se utilizan los árboles presentes en la plantación o los postes de las cercas. En la mayoría de los casos, y de forma previa, se deben buscar y preparar estacas de 15 cm o más de diámetro y 2 metros de largo para enterrarlas a intervalos regulares y amarrar el mecate lo suficientemente alto, apuntalándolo con otras estacas más delgadas. El objetivo es crear una línea de tendedores de suficiente longitud y que soporte el peso de la fibra húmeda sin que esta entre en contacto con el suelo.

La fibra puede estar seca al sol en unas 2-3 horas dependiendo de la iluminación y el viento, a veces hay que dar más tiempo. Una forma fácil de determinar la humedad en el campo es mediante la determinación al tacto. Cuando se siente seca se acomoda en bultos no mayores a 15 kg, lo que facilita su manipulación y transporte. La fibra seca se debe almacenar en un sitio donde no corra el riesgo de humedecerse, ya que esto afecta directamente su calidad y puede ser rechazada por el comprador. En las fincas, puede estar almacenada por varias semanas, siempre y cuando esté bien seca y no esté en contacto con humedad o insectos.



**Secado de la fibra en estructura cubierta.**

**Secado de la fibra al pleno sol.**

**Figura 42.** Detalle del secado de la fibra en tendedores (izquierda) y acopio del producto seco y seleccionado para su transporte en bultos (derecha). Ambos casos, procesado con máquina Deco

**Fuente:** Tomada por el autor.

Otra opción para garantizar un secado más rápido y proteger de alguna lluvia eventual es mediante techos plásticos (ver figura 43).



**Figura 43.** Tendedores protegidos con plástico transparente.

**Fuente:** Tomada por el autor.

En ocasiones, después del secado, se realiza otra actividad llamada despunte. Esta se lleva a cabo cuando los extremos de las fibras se oscurecen por el contacto con el suelo, esto se hace para mejorar la calidad estética del bulto de fibra. La intención es evitar esta actividad con el buen cuidado de la fibra.

## 8.7. SELECCIÓN DE LA FIBRA EN EL CAMPO (CALIDADES)

Las dos calidades utilizadas en Costa Rica se apartan desde el momento de la separación de las cáscaras o capas del seudotallo (figura 44). Una vez seca la fibra se procede a su separación y selección según las calidades comerciales.

En el caso de la fibra extraída con la máquina Deco, este proceso consta de seleccionar visualmente la fibra separándola en dos calidades comerciales, procedimiento que se repasa en los tendedores de secado y se separa para el transporte (figura 44 y 45). La fibra con coloraciones más oscuras se clasifica como fibra de segunda calidad (G2) y la fibra más clara se clasifica como de primera calidad (G1). La diferencia en color se debe a la acumulación de taninos y otros compuestos en las capas externas del tallo, que son más oscuras a diferencia de las capas internas que presentan coloraciones más claras.

Normalmente, en una cosecha se obtendrá en promedio un 20% de fibra clasificada como segunda calidad y un 80% de fibra de primera calidad. Sin embargo, estos valores pueden variar si hay presencia de daños en el seudotallo causados por hongos y bacterias, así como por las condiciones del sitio y del manejo.



**Figura 44.** Detalle de las cáscaras de segunda calidad (a), fibra de segunda calidad (b), cáscaras de primera calidad (c) y fibra de primera calidad (d). Los tendedores están colocados directamente en la plantación.

**Fuente:** Tomada por el autor.



**Figura 45.** Detalle del repaso de la selección por calidades en los tendedores (a) y la formación de bultos clasificados y listos para el transporte a prueba de lluvia (b).

**Fuente:** Tomada por el autor.

Otros países como Ecuador y Filipinas utilizan el tuxeado y realizan también la extracción manual de las fibras (caso de Filipinas) y la máquina Spindle. En estos países manejan de 5 hasta 7 diferentes calidades comerciales de la fibra. Es importante que las personas productoras comprendan que las dinámicas del mercado actual presionan por la compra de fibra de mejor calidad, y que actualmente, se logra únicamente con el proceso de tuxeado y la máquina Spindle. Por otra parte, los detalles de los precios de compra de la fibra, los manejan directamente las empresas mediante contratos directos con las personas productoras y pueden ser consultados según sea el caso.

## 8.8. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LA FIBRA

La movilización de las fibras debe realizarse en un medio de transporte cerrado, es decir, a prueba de humedad en caso de lluvia. Las personas productoras tienen diferentes opciones de transporte de la fibra, dependiendo también de las facilidades que brinden las empresas. De manera general, existen las siguientes modalidades:

- ✓ Transporte directamente gestionado por la persona productora y recibido en un centro de acopio (Guápiles o Zona Sur, según la empresa)
- ✓ Coordinación por parte de las empresas para que recojan la fibra en vehículos grandes y cerrados
- ✓ Contratación de un tercero (vehículo cerrado o con manteado impermeable)

En todo caso, el transporte de la fibra tiene un costo que debe ser considerado dentro del balance de los ingresos y costos.

Una vez que la fibra llega a un centro de acopio, lo primero que se revisa es el estado de humedad, si la fibra viene húmeda o le falta secado no se recibe. Por ello es muy importante el control a nivel de la finca para evitar inconvenientes.

La fibra seca es pesada y almacenada en condiciones ambientales normales, para su futura comercialización. En los centros de acopio que pertenecen a las empresas, la fibra es comprimida por una prensa hidráulica en la cual se le da una forma rectangular, formando una paca de 120-125 kg, la cual es amarrada con mecate de la misma fibra de abacá (ver figura 46). Este proceso se realiza después de la clasificación y limpieza de la fibra asegurándose que la misma está a la humedad requerida para la exportación, normalmente se lleva control por finca y productor. Para la exportación se acomodan aproximadamente 194 pacas por contenedor de 40 pies.



**Figura 46.** Detalle de una paca lista para su transporte en contenedor con un peso entre 120 y 125 kg.

**Fuente:** Tomada por el autor.

# 9. CAPÍTULO 8. SALUD Y

## BIENESTAR LABORAL

### 9.1 SEGURIDAD Y RENDIMIENTO DE LAS MÁQUINAS

Actualmente, la actividad que genera mayores costos en relación con los ingresos de cada cosecha de fibra, y que además representa el mayor peligro para las personas trabajadoras, es la extracción de la fibra. La máquina Deco utilizada en Costa Rica presenta los mayores desafíos en seguridad y ergonomía, además del inconveniente de no alcanzar la calidad de fibra demandada por el mercado (calidad en el sentido de menor raspado). Recientemente, Costa Rica ha comenzado a experimentar con la máquina Spindle, que implica un nuevo método de trabajo a nivel de finca. Es crucial que los productores de abacá busquen asesoramiento de las empresas sobre posibles cambios en los métodos de extracción de fibra y se organicen. Además, se están estableciendo alianzas estratégicas entre organizaciones para promover mejoras y adaptaciones en las máquinas, cumpliendo con tres condiciones importantes: seguridad, calidad y rendimiento.

### 9.2 ALMACENAMIENTO DE AGROQUÍMICOS

Los plaguicidas son los agentes biológicos, sustancias o mezcla de sustancias de origen químico o biológico que se usan para combatir, controlar, prevenir, atenuar, repelar o regular la acción de cualquier forma de vida, animal o vegetal, que afecta a las plantas. Se incluye como plaguicidas a los productos que se usan como reguladores del crecimiento, defoliantes y repelentes.

Para un adecuado almacenamiento de plaguicidas, se debe seguir lo dispuesto en el capítulo VIII del Decreto Ejecutivo N° 17557-MAG-STSS. La bodega en donde se almacenan los insumos agrícolas debe estar separada de la casa, oficina, comedores y pozos de agua. Debe tener piso de cemento o de algún material impermeable, y debe contar con buena ventilación e iluminación.

Los plaguicidas deben permanecer en su recipiente original con la respectiva etiqueta adherida, de manera que puedan ser identificados fácilmente. Estos deben ubicarse en un lugar alejado de alimentos o medicinas de uso humano o animal, semillas, fertilizantes o enmiendas, utensilios de uso doméstico o artículos de uso personal como ropa o telas. Los herbicidas deben colocarse separado del resto de plaguicidas, y como buena práctica, se recomienda es tener un balde con arena seca en la bodega, para que, en caso de que se derrame un producto, pueda utilizarse la arena sobre el plaguicida y sea más fácil recoger el producto.

Se debe almacenar la menor cantidad de plaguicidas posible, es decir, que se debe comprar las cantidades necesarias para no tener productos almacenados por mucho tiempo. Además, por seguridad y control, el sitio en donde se almacenan los plaguicidas debe tener algún tipo de cerradura.

Dentro de las medidas de seguridad se debe tener en un lugar visible un rótulo con la clasificación según el riesgo de uso de plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud y la respectiva banda de color (figura 47). Por otra parte, se deben de revisar las obligaciones de la persona empleadora con los colaboradores que realizan labores de manejo y uso de plaguicidas, según el reglamento N° 38371-S - MTSS.

EL COLOR DE LA ETIQUETA	GRADO DE TOXICIDAD	SU PELIGROSIDAD ES
	<b>Ia</b> Extremadamente tóxico	 MUY TÓXICO
	<b>Ib</b> Altamente tóxico	 TÓXICO
	<b>II</b> Moderadamente tóxico	 DAÑINO
	<b>III</b> Ligeramente tóxico	<b>CUIDADO</b>
	<b>IV</b> Precaución	<b>PRECAUCIÓN</b>

**Figura 47.** Clasificación según el riesgo de uso de plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

# 10. CAPÍTULO 9.

## CERTIFICACIONES

La certificación en el sector agrícola y forestal es una estrategia para la promoción y reconocimiento en el mercado de la implementación buenas prácticas agrícolas (BPA). Una de las certificaciones más reconocidas hasta la fecha es la certificación Rainforest Alliance, la cual promueve acciones no sólo para mejorar los cultivos, aumentar la productividad y reducir costos, sino también para adaptarse al panorama actual de la crisis climática (Rainforest Alliance, 2023).

Con las normas de certificación y un proceso de capacitación pertinente, Rainforest Alliance gestiona:

- ✓ La implementación de sistemas de planificación y gestión efectivos.
- ✓ La conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales.
- ✓ El mejoramiento de la calidad de vida.

Cada productor puede certificarse individualmente o como grupo y el cumplimiento de algunos requisitos dependerá del tamaño de la finca. Según la norma de certificación, se consideran fincas pequeñas las que tienen un grupo de mano de obra permanente inferior a 10 trabajadores, mientras que las fincas grandes son las que presentan un grupo con 10 o más trabajadores.

Los requisitos de certificación se dividen en seis grandes grupos:

- ✓ **Gestión:** Orientados a la implementación de un sistema integrado de planificación y manejo, con procesos y sistemas para la mejora continua.
- ✓ **Trazabilidad:** Dirigidos a contar con un sistema robusto y transparente para el rastreo de los productos desde el agricultor a lo largo de la cadena de suministro hasta el nivel del minorista.
- ✓ **Ingreso y responsabilidad compartida:** Enfocados en hacer de la sostenibilidad en la producción agrícola un servicio material por encima del costo del producto básico y de considerar las prácticas de sostenibilidad como un costo de producción asumido por el mercado y por el productor.
- ✓ **Agricultura:** Orientados a prácticas agrícolas acordes con los requerimientos específicos del cultivo y de las condiciones locales, para un uso eficiente de los recursos naturales y de los insumos, en procura de una mayor resiliencia ante el cambio climático y la minimización de los efectos negativos en el medio ambiente.

- ✓ **Social:** Enfocados en la mejora de las condiciones de trabajo y de vida de los productores, trabajadores y sus familias, la promoción de la equidad y el fortalecimiento de la protección de los derechos humanos y laborales en las fincas.
- ✓ **Medio ambiente:** Dirigidos a que la actividad productiva tenga impactos positivos en la restauración y conservación de los ecosistemas naturales, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Para el caso del abacá, en el 2021, un total de siete fincas dedicadas a la producción de fibra de abacá fueron las primeras en certificar su producción sostenible en América Latina y el Caribe (Ojo al clima, 2021).

# 11. CAPÍTULO 10. BUENAS

## PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

### 11.1 ¿QUÉ SON LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)?

La FAO define las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) como “hacer las cosas bien y dar garantía de ello”. Estas prácticas constituyen un conjunto de normas, principios y recomendaciones técnicas adaptables al manejo integral de sistemas de producción agropecuarios con carácter sostenible. Las BPA abarcan las áreas de control de calidad del cultivo (inocuidad) y el manejo de recursos ambientales, personal e instalaciones (FAO, 2012).

Específicamente para Costa Rica existen varios documentos que resumen las buenas prácticas agropecuarias, con los aspectos generales relacionados con la reducción de riesgos de deterioro de los recursos naturales y de la contaminación de los productos agropecuarios; la higiene y seguridad de los trabajadores; y los elementos necesarios para la trazabilidad de los procesos productivos (MAG, 2008).

Estas metodologías surgieron de la necesidad de los productores agropecuarios de adaptarse a las transformaciones y demandas globales cambiantes, orientándose hacia enfoques más eficientes y sostenibles (Vásquez-Gallo, 2020). Aunque estas medidas son obligatorias, se recomienda ampliamente su implementación debido a que permiten la obtención de productos competitivos que cumplen con las normas de calidad fitosanitarias y de trazabilidad.

#### 11.1.1. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA EVITAR EL INGRESO *FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. CUBENSE*, RAZA 4 TROPICAL

Costa Rica sigue las directrices del decreto ejecutivo N° 42392-MAG, el cual regula el trasiego de semillas de musáceas como mecanismo de prevención contra la enfermedad del banano “*Fusarium oxysporum f. sp. cubense* raza 4 tropical (Foc R4T)”. La primera medida para evitar el ingreso de la enfermedad a su finca es utilizar semilla sana, como se explicó anteriormente.

Aunque esta enfermedad aún no ha ingresado a Costa Rica, se debe prevenir responsablemente. Actualmente, el control de esta enfermedad es completamente preventivo y, por normativa, se debe brindar capacitación y aplicar actividades de prevención que van desde los aeropuertos hasta las fincas. Por ello, es muy importante usar material de siembra sano y certificado, así como aplicar las medidas de control para impedir el movimiento del material vegetal infectado a otras áreas de la finca o del país. La economía costarricense está en peligro por esta enfermedad.

Adicionalmente, se recomienda las siguientes prácticas para mantener sana su finca:

- ✓ Disponer de un pediluvio o sea un sistema para desinfectar el calzado en la entrada a la plantación y así evitar el ingreso de hongos y bacterias (figura 48). Para ello hay que construir una caseta para evitar el lavado o pérdida de producto por la lluvia y cambiar constantemente la solución del desinfectante utilizado.
- ✓ Tener botellas rociadoras de plástico para desinfección de herramientas y el calzado.



**Figura 48.** Detalle del pediluvio estándar debidamente rotulado (a) y el correcto funcionamiento de este (b).

**Fuente:** Tomada por el autor.

Los productos comerciales recomendados tanto para la desinfección de herramientas como para el calzado en los pediluvios se detallan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Moléculas recomendadas para la desinfección de herramientas y pediluvios aplicado a cualquier zona de cultivo.

<b>INFORMACIÓN DEL PRODUCTO</b>		<b>ML (CC) POR LITRO DE AGUA</b>	
<b>INGREDIENTE ACTIVO</b>	<b>CONCENTRACIÓN DEL PRODUCTO (5)</b>	<b>DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS</b>	<b>DESINFECCIÓN DE PEDILUVIOS</b>
Amonio cuaternario	42,5	4,75	9,5
Amonio cuaternario (Gen V)	12,5	16,0	32,0
Amonio cuaternario (Gen V)	20,0	10,0	20,0
Lodo 2,5%, ácido fosfórico 12,5%, ácido sulfúrico 8%	23,0	8,7	17,4
Yodóforo	2,5	80,0	160,0
Glutaraldehído	50,0	2,0	6,0

**Fuente:** Corbana (<http://reseachgate.net/publication/336207718>)

El uso de herramientas como el machete o la motoguadaña, son la mejor recomendación para el control de las malezas durante el primer año de establecimiento del cultivo. Se deben desinfectar regularmente las herramientas. Con la poda de las hojas secas se debe tratar de cubrir y proteger el suelo, de esta manera todos los nutrientes y la fertilización son aprovechados por el abacá.

En la figura 49 de ilustran todas las recomendaciones sobre el uso de equipos de protección personal.



**Figura 49.** Equipo de protección personal recomendado para el uso y manejo adecuado de plaguicidas.

**Fuente:** Servicio Fitosanitario del Estado

(<https://www.sfe.go.cr/SitePages/Residuosdeagroquimicos/Infogramas.aspx>)

## 11.1.2. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

### Manejo en sistemas agroforestales

Los Sistemas Agroforestales son una estrategia para enfrentar el cambio climático, pues contribuyen a un uso más eficiente del agua, promueven el reciclaje de nutrientes y generan condiciones de temperatura y humedad más favorables para el cultivo. El abacá es un cultivo que se ve favorecido por los niveles de sombra parcial especialmente durante la época seca.

Está demostrado, por las investigaciones del TEC, que la sombra favorece el establecimiento del cultivo del abacá por lo que al momento de preparar un terreno en donde existen árboles, es posible mantener algunos de ellos en el sitio. Asimismo, es posible introducir árboles de especies maderables tales como el Cedro Amargo, Laurel, Gallinazo, árbol de Hule, Melina, Cebo, Balsa, Pilón entre otros, donde el porcentaje de sombra no supere el 40%. Para esto los árboles pueden ser plantados en hileras considerando distanciamientos de 5 m entre ellas.

En la figura 50 se ilustran arreglos de siembra líneas de árboles con el cultivo del abacá.



**Figura 50.** Siembra de árboles de melina en los linderos de la plantación de abacá (izquierda) y siembra en líneas cada 5 metros dentro de la plantación (derecha)

**Fuente:** Tomada por el autor.

En un sistema agroforestal, la persona productora puede cosechar continuamente abacá y producir madera cada cierto tiempo, lo cual mejora los ingresos económicos y contribuye a un mayor beneficio ambiental. La sombra inicial favorece el desarrollo del cultivo del abacá.

Otra alternativa más reciente para diversificar el cultivo del abacá es mediante la combinación con el cultivo del árbol del hule. Actualmente, hay procesos de investigación y validación de la siembra del árbol de hule natural en Costa Rica. El producto (látex) tiene valor comercial para exportación. Se está estudiando la caracterización molecular, plagas y enfermedades, fertilización, crecimiento y la respuesta en combinación con el abacá (ver figura 51). Los árboles de hule se siembran a 6 x 4 metros lo que permite el crecimiento y cosecha del abacá y se inicia a cosechar el látex a partir del año 5.



**Figura 51.** Plantación del árbol del hule donde se aprecia los espacios para cultivar abacá.

**Fuente:** Tomado de <https://www.heveacr.com/>

## Manejo de residuos de la biomasa producida en campo

### Compost

Durante el proceso de extracción de las fibras de abacá en el campo, se generan una serie de residuos con potencial de ser aprovechados incluso en la misma plantación. Estos residuos, compuestos por hojas, parte superior del tallo, peciolos, frutos y restos generados en el desfibrado, pueden ser sometidos a compostaje utilizando diferentes técnicas. Campos et al. (2023) obtuvieron un compost con buenas características mediante la técnica Takakura, la cual consiste en inocular el material que se desea compostear con una mezcla de microorganismos fermentativos (incluyen bacterias, actinomicetos, hongos y levaduras). Para iniciar el compostaje se mezcla a razón de 3 partes de residuos de abacá por 10 partes de microorganismos en peso, es decir, si se usa 3 kg de residuos de abacá, debe inocularse con 10 kg de microorganismos fermentativos. La mezcla se voltea todos los días y se agregan otras 3 partes de residuos cada semana hasta completar cuatro semanas. Posteriormente, el compost se deja reposar para que se enfríe y pueda ser usado en cultivos.

Para agilizar el proceso de compostaje, lo conveniente es picar los residuos de abacá previamente. El inóculo puede hacerse a partir de residuos de frutas fermentadas, alimentos e incluso residuos lácteos. Otra forma de realizar compost es agregar a los residuos de abacá, los llamados pellets de madera, aunque esto requiere de una inversión adicional. Los pellets además de favorecer la descomposición de los residuos, contribuyen con el mantenimiento controlado de la humedad, la temperatura y el pH. En este caso, se mezclan 10 partes de residuos de abacá por 2 partes de pellets de madera en peso para iniciar el proceso, y una vez a la semana se agrega la misma cantidad de la mezcla manteniendo las proporciones indicadas, esto por tres semanas (Campos et al., 2023). Transcurridas las cuatro semanas, el compost se deja enfriar para su posterior uso.

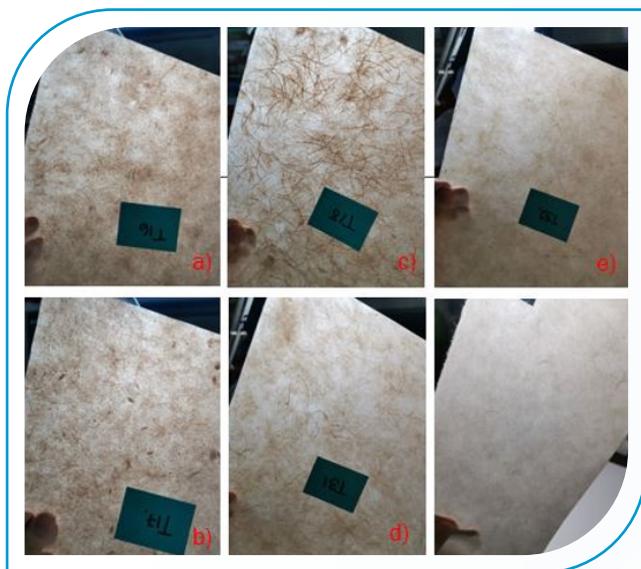
### **Sustrato para cultivo del hongo ostra**

Estudios preliminares evidencian el uso potencial de los residuos del abacá, tanto de partes de la planta como de la fibra, como sustrato para el cultivo de hongo ostra (*Pleurotus spp*). Sin embargo, se debe estudiar más sobre el tratamiento previo que debe dársele al sustrato, específicamente en la desinfección (Valenciano, 2019), incluyendo metodologías o formas de aprovechar los residuos orgánicos del proceso.

### **Papel artesanal**

Las fibras extraídas de las fincas son una materia prima que requiere de otros procesos para obtener productos más elaborados. En el caso de papel artesanal, los residuos de fibra que quedan el campo tras el descorticado y las fibras cortas, mal procesadas o de calidad inferior, son una excelente materia prima para formar lo que se llama una pulpa celulósica básica (Arias, D. y Araya, M., comunicación personal, 17 de junio del 2024). Para ello, la fibra se somete a un proceso de secado a una temperatura de 70 °C por un periodo de 72 h, hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 12%. Posteriormente, se dimensionan las hebras a un tamaño medio de 20 ± 2 mm de longitud.

El material dimensionado se somete a un proceso de pulpeado, donde las fibras se cocinan con agua y soda cáustica (NaOH al 18%, p/p) a una temperatura de 120 ± 5 °C durante 3 h. Una vez finalizada la cocción, se drena el licor negro y se enjuaga la pulpa residual, cribándola manualmente con un tamiz de malla de 1 mm<sup>2</sup>; y seguidamente, se deja el material durante 12 horas en agua a temperatura ambiente, con el fin de eliminar las fracciones solubles residuales de álcali y neutralizar la solución (con vinagre). Posteriormente, se aplica un proceso de refinado parcial, desintegrando el material con una licuadora industrial durante 3 minutos a alta velocidad; para luego enjuagar de nuevo el material. El resultado es una pulpa similar al cartón cuando es cortado y disuelto en agua. A partir de este punto, se aplica alguno de los métodos artesanales para fabricar papel (ver figura 52).



- a) Prototipo IB16
- b) Prototipo Ia17
- c) Prototipo IR18
- d) Prototipo GP31
- e) Prototipo SP32
- f) Prototipo comercial

**Figura 52.** Ejemplos de diferentes prototipos de papel elaborados a partir de fibras residuales de abacá en Costa Rica.

**Fuente:** Tomada por el autor.

### Fibras como material compuesto

Las fibras residuales también pueden tener un uso potencial para utilizarlas en matrices compuestas tales como fibra-madera, fibra-plástico y fibra-cemento. En todos los casos, la fibra pasa por un proceso de dimensionado y reducción a longitudes de 0,5-1,0 mm o, en el caso de fibrocemento, se debe utilizar la fibra procesado como pulpa.

Según Arias y Araya (comunicación personal, 17 de junio del 2024), existen pruebas en el país de combinación de fibra de abacá con aserrín de madera de Melina. Los resultados indican que mezclas de 60 % madera y 40% fibra de abacá cumplen con las especificaciones mínimas requeridas para los tableros de baja densidad de grado LD-2. Para fabricar estos tableros ambos materiales deben moler y pasar por un tamiz de malla N° 50; con el fin de obtener partículas con dimensiones promedio de  $5 \pm 2$  mm de largo para *Musa textilis*, y  $2 \pm 1$  mm de ancho/espesor con  $5 \pm 2$  mm de largo para la especie *Gmelina arborea*. El material procesado se seca a  $50 \pm 2$  °C por un periodo de dos semanas, hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio de alrededor del  $4 \pm 1\%$ .

En cuanto a la fabricación, los tableros consisten en una sola capa con dimensiones de 350 x 350 x 12 mm y una densidad estándar objetivo de  $0,65 \text{ g cm}^3$ . Se utiliza el adhesivo disponible en el país; el cual corresponde al adhesivo Melamina Urea Formaldehido (MUF) con su respectivo catalizador (AkzoNobel 1247/2526, AkzoNobel Wood Coatings, USA), con una carga de adhesivo del 12% basado en el peso seco de las partículas en una relación 5:1 (adhesivo: catalizador) según instrucciones de la casa fabricante. La viscosidad de dicho adhesivo se caracterizó por presentar un valor promedio de 17500 MPa y un pH de 9,5 a 10,7 (todos los valores a  $25 \pm 2$  °C).

La figura 53 muestra los prototipos de tableros madera-fibra ensayando diferentes combinaciones.



**Figura 53.** Muestra de los tableros realizados en laboratorio considerando diferentes mezclas de madera de Melina y fibra de Abacá.

**Fuente:** Tomada por el autor.

Existen resultados de laboratorio, en proceso de publicación, sobre el uso de fibras de abacá con plástico reciclado para elaborar productos de plástico extrusado. Según Arias y Muñoz (comunicación personal, 17 de junio del 2024) para probar este proceso, las fibras de abacá se secan hasta un contenido de humedad (<20%). Luego, se muelen hasta obtener dimensiones similares al plástico reciclado para pasar por un tamiz de 9 mm. La fibra de *Musa textilis* es utilizada como agente reforzante.

El proceso de mezclado se realizó de forma mecánica con un solo barril mezclador de 100 cm de largo. Posteriormente, se llevó a cabo el perfilado con una extrusora industrial ajustada con una temperatura inicial fijada para PE de 275°C y 277°C para el PP. Durante la fase de perfilado, la temperatura aumentó 370°C para PE y 380°C para PP. Se estudiaron diferentes combinaciones de fibra-plástico en perfiles con dimensiones de 20 x 125 mm x 200 cm.

A nivel de laboratorio, se demostró que es posible obtener un material compuesto mediante el método de extrusión utilizando termoplásticos reciclados tipo PP y PE con refuerzo de fibra de *Musa textilis*. Aunque las propiedades físicas asociadas a la estabilidad dimensional en condiciones de humedad pueden verse afectadas, se recomienda su uso en interiores, en ambientes con baja exposición al agua o utilizando tratamientos hidrofóbicos. Además, la incorporación de la fibra mejoró la mayoría de las propiedades mecánicas; una carga de fibra del 30% obtuvo los mejores resultados para ambos termoplásticos.

En el país, existe otro potencial de uso de las fibras como elemento en la fabricación de fibrocemento. Se han realizado pruebas y la fibra de abacá cumple con los requerimientos técnicos (investigaciones en proceso); no obstante, un obstáculo es que se requiere llevar la fibra a la condición de pulpa celulósica.

Otra posibilidad que no se ha investigado en el país es la fabricación de redes de pesca a partir de las fibras de abacá dada su resistencia al agua de mar.

## 12. CAPÍTULO 11. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS INICIALES DE UNA PLANTACIÓN DE ABACÁ

En el Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense se detallan los costos de producción para las principales actividades agrícolas. En el registro se cuenta con información detallada de los costos de producción del abacá para la región Huetar Caribe, con información recopilada en el 2019, elaborado por la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria. Este registro, disponible en línea, proporciona como referencia los jornales o unidades de insumos para establecer y mantener una plantación de abacá. Es una información muy útil que cada productor puede actualizar.

A manera de ejemplo, se han extraído los detalles de cantidades de jornales e insumos que requiere una hectárea de abacá. Conforme aumenta el área a plantar, se reducen los costos por producción en escala. No obstante, cada finca es un proyecto particular que, dependiendo de las condiciones, necesitará más o menos insumos. La tabla 9 sirve de guía para estimar los costos iniciales; lo que se debe actualizar es el costo actual del jornal, así como la cotización de los insumos requeridos.

**Tabla 9.** Detalle de los jornales e insumos requeridos para una plantación de abacá de una hectárea en la región Huetar Caribe.

TAREAS INSUMOS	CATEGORÍA	MEDIDA	CANTIDAD
<b>LABORES MANUALES</b>			
Drenaje	Drenaje	jornales	10,00
Aplicación de herbicidas	Control químico de malezas	jornales	1,50
Alineada, estaquillada, hoyada	Preparación de terreno	jornales	6,00
Encalado	Fertilización manual	jornales	1,00
Siembra	Siembra	jornales	7,00
Rodaja	Labores culturales	jornales	9,00
Chapea	Control manual de malezas	jornales	3,00
Control de Plagas	Control de plagas y enfermedades	jornales	3,00
Resiembra	Siembra	jornales	0,35
Fertilización	Fertilización manual	jornales	3,00
Deshija/ deshoja/ cormo	Mantenimiento de cultivos	jornales	4,00
<b>INSUMOS</b>			
Semilla de siembra	Semilla	unidad	1111
Semilla resiembra	Semilla	unidad	56
Enmienda	Enmiendas/cal	quintal	10
Herbicida	Herbicida	litro	1
Insecticida	Insecticida	kilo	2
Fertilizante	Fertilizantes	quintal	15
<b>OTROS</b>			
Transporte de semilla	Transporte de plantas	unidad	1166,67
Análisis de suelos	Análisis de suelos	unidad	1
Alquiler de terreno	Alquileres	global	1
Servicios contables	Servicios profesionales/mes	unidad	12

**Fuente:** <https://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Paginas/default.aspx>

## 13. CONSIDERACIONES FINALES

El cultivo de abacá es una opción productiva que si es bien manejada, brindará opciones económicas. Pocos cultivos ofrecen la posibilidad de un precio estable y una oferta de compradores. La productividad depende del manejo que se le brinde a la plantación. Hay actividades que no pueden dejarse de hacer como el control de malezas, la deshija, el encalado y la fertilización. La prevención de enfermedades es un proceso continuo y el abandono estas actividades aumenta el riesgo de enfermedades. La etapa de cosecha conlleva una planificación de labores que debe analizarse muy bien para optimizar los costos. El mercado internacional demanda fibras con mejor calidad de descorticado y las empresas que compran la fibra están procurando introducir las mejoras en los métodos de extracción de la fibra y contribuir a la solución de dificultades que, como todo cultivo, van surgiendo con el tiempo. La diversificación del cultivo a través de la incorporación de especies maderables es una inversión a futuro y conlleva mejores beneficios ambientales para las exigencias de certificación de productos a futuro.

# 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abonal, L. (2006). ABACA (FIBER) - PHILIPPINES. Luis R. Villafuerte and Apples of Gold Publishing. 295 p.
2. Agüero-Alvarado, R., Rodríguez-Ruiz, A. M., González-Lutz, M. I., Portuguez-García, P y Brenes-Prendas, S. (2018). Abundancia y cobertura de arvenses bajo manejo convencional y orgánico de café y banano. *Agronomía Mesoamericana* 29(1):85-93. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/28053/31691>
3. Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., & Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *Cosmopolites sordidus* en condiciones *in vitro*. *Agronomía Costarricense*, 39 (3), 47-60. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/oai>
4. Araya-Salas, M., Arias-Aguilar, D., Valverde-Otárola, J., Arias-Ceciliano, K., Muñoz Acosta, F., Camacho-Calvo, A. & Mora-Molina, J. (2022). Avances en las investigaciones realizadas en cultivos de abacá establecidos en Costa Rica con especial referencia a los sistemas agroforestales. *Revista Tecnología en Marcha*, 35, 50-59. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i6.6235>
5. Araya, M., Aguilar, D., Otárola, J., Ceciliano, K., & Molina, J. (2022). Crecimiento y desarrollo inicial de *Musa textilis* Née y su interacción con las especies maderables *Cordia alliodora*, *Hieronyma alchorneoides* y *Dipterix panamensis* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 35(2), 40-49. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i6.6234>
6. Araya, D., Garro, G., Jiménez, K., Arias, D. & Quesada, R. (2023). Abaca: a general review on its characteristics, productivity, and market in the world. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 76(1):10263-10273. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n1.101710>
7. Arias, D. (2023). Experiencias del TEC en la generación de conocimiento sobre el cultivo de abacá en acompañamiento a las personas productoras de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica. *Revista Investiga.TEC* Vol. 16 Núm. 46. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga\\_tec/article/view/6633/6405](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/6633/6405)
8. Armecin, R., Seco, M., Caintic, P., & Milleza, E. (2005). Effect of leguminous cover crops on the growth and yield of abaca (*Musa textilis* Née). *Industrial Crops and Products*, 21(3), 317-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.028>
9. Bande, M., Grenz, J., Asio, V., & Sauerborn, J. (2013). Morphological and physiological response of Abaca (*Musa textilis* var. Laylay) to shade, irrigation and fertilizer application at different stages of plant growth. *International Journal of AgriSciencei*, 3(2), 157-175.
10. Bande, M., Asio, V., Sauerborn, J., & Römheld, V. (2016). Growth Performance of Abaca (Née) *Musa textilis* Integrated in Multistrata Agroecosystems. *Annals of Tropical Research*, 38(1), 19-35. <http://dx.doi.org/10.32945/atr3813.2016>
11. Batra, S. (1985). Other Long Vegetable Fibers\*: Abaca, Banana, Sisal, Henequen, Flax, Ramie, Hemp, Sunn, and Coir. *Handbook of fiber science and technology*, 4, 727-807.
12. Baudoin, A. (2017). Manual técnico de producción de tomate con enfoque de buenas prácticas agrícolas (No. CIDAB-SB3 49-B3m). Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia). Dirección General de Producción Agropecuaria y Soberanía Alimentaria. <https://www.bivica.org/files/tomate-manual-tecnico.pdf>

13. Blanco-Valdés, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos tropicales*, 37(4), 34-56. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10964.19844>
14. Bielich Nash, J. (1953). Algunas observaciones sobre el sistema radicular del abacá (*Musa textilis*, tNeé). (Tesis de Maestría). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA, Turrialba (Costa Rica). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/206>
15. Borchert, R., Calle, Z., Strahler, A., Baertschi, A., Magill, R., Broadhead, J., Kamau, J., Njoroge, J., & Muthuri, C. (2015). Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. *New Phytologist*, 205(1), 7-13. <https://doi.org/10.1111/nph.12981>
16. Campos-Rodríguez, C., Brenes-Peralta, L., Jiménez-Morales, M., & Masís-Céspedes, J. (2023). Aprovechamiento de residuos sólidos de abacá por medio de compostaje. In *Actas del X Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos: Hacia la circularidad y el residuo cero*. Castelló de la Plana, 20, 21 y 22 de junio de 2023 (p. 32). Servei de Comunicació i Publicacions.
17. Chen, J., Chang, H. & Chen, S. (2006). Simulation study of a hybrid absorber-heat exchanger using hollow fiber membrane module for the ammonia-water absorption cycle. *International journal of refrigeration*, 29(6), 1043-1052. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2006.02.002>
18. Copeland, E. (1911). Abaca. *Philipp Agric Forester*, 1(4), 64-73.
19. Decreto Ejecutivo N° 41960. [MAG-MINAE]. Establecimiento de la metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras agroecológicas de Costa Rica. 18 de julio de 2019.
20. Dejando Huella (18 de marzo 2024). Impacto Proyecto Kane Dejando Huella. <https://dejandohuellacr.org/impacto/>
21. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH & Department of Agriculture Philippine Fiber Industry Development Authority (PhilFIDA). (2016). Abaca sustainability manual. <https://philfida.da.gov.ph/images/Publications/abacasustainabilitymanual/ASM.pdf>
22. Durán N. y Piñar, J. (2019). Análisis de inversión y ruta crítica para desarrollar industrias de productos de un solo uso renovables y compostables a base de biofibras. Estrategia Nacional para la sustitución de plásticos de un solo uso por alternativas compostables y renovables. MINAE, Ministerio de Salud, Fundación Crusa, PNUD. [https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/240-84d7f721131e47824e330000a022214\\_INVERSION\\_Y\\_RUTA\\_PARA\\_EL\\_DESARROLLO\\_DE\\_LA\\_INDUSTRIA\\_DE\\_PRODUCTOS\\_A\\_BASE\\_DE\\_BIOFIBRAS\\_WEB.pdf](https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/from-crm/240-84d7f721131e47824e330000a022214_INVERSION_Y_RUTA_PARA_EL_DESARROLLO_DE_LA_INDUSTRIA_DE_PRODUCTOS_A_BASE_DE_BIOFIBRAS_WEB.pdf)
23. Eisenback, D. (1985). Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp). In: An advanced treatise on Meloidogyne. Vol I, Biology and Control. International Meloidogyne Project. Sasser, J. and C. Carter. (eds) North Carolina State University Graphics. U.S.A. pp. 95 - 112
24. Elizondo, M. (2019). Guía para la toma de muestras de suelo y foliares para el diagnóstico de la fertilidad [Recurso electrónico] (No. FORMATO DIGITAL). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, San José (Costa Rica). [http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2019/Muestreo\\_de\\_Suelos\\_min\\_ed.pdf](http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2019/Muestreo_de_Suelos_min_ed.pdf)

25. Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). Manual de cultivo de Tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.). Nodo Hortícola IV Región. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
26. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; Instituto Nacional de Formación Profesional (INFOP) y Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC). (2015). Manual del huerto familiar con enfoque biointensivo. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. 88 p. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/items/efd5464e-3a1f-447c-bf1d-5ff197b32926> (junio, 2024).
27. Esquivel-Segura, E., Guevara-Bonilla, M., Jiménez-Montero, M. y Araya-Salas, S. 2024. Manual de Buenas Prácticas para el Diagnóstico y Manejo de la Fertilidad del Suelo en Plantaciones Forestales de Teca (*Tectona grandis* L.f) y Melina (*Gmelina arborea* Roxb). Instituto Tecnológico de Costa Rica. 34 p
28. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Fibras del futuro: Abacá. <https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/abaca0/es/>
29. García, A. (2020). Análisis de la presencia de plaguicidas en las mezclas iniciales y compost maduros de productores agroecológicos de la Comunitat Valenciana. El rol del compostaje en su eliminación. Escuela Politécnica Superior de Orihuela.
30. Göltzenboth, F. & Mühlbauer, W. (2010). Abacá-cultivation, extraction and processing. Industrial applications of natural fibres, 8, 163-179. <https://doi.org/10.1002/9780470660324.ch7>
31. Guevara, M.; Arguedas, M.; Arias, D.; Briceño, E.; Esquivel, E. (2018). Utilización de cultivos de cobertura como alternativa para el control de malezas, aumento de la fertilidad y maximización del crecimiento en plantaciones forestales comerciales recién establecidas. Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Tecnológico de Cartago. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11074>
32. Gutiérrez Vanegas, A., Correa Pinilla, D., Gil Restrepo, J., Monsalve García, D., Martínez Atencia, J., Córdoba Gaona, O., & Amado Saavedra, G. (2022). Modelo productivo para el cultivo de caucho natural (*Hevea brasiliensis*) en el bajo Cauca antioqueño y en el sur de Córdoba. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7405828>
33. Gutiérrez, A. I. (2016). Inventario de plagas y enfermedades en abacá (*Musa textiles* NEE Costa Rica). LXI PCCMCA Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales.
34. Guzmán M., Sandoval J. (2015). Recomendaciones para prevenir el ingreso de Foc RT4 en fincas bananeras de Costa Rica. CORBANA. Hoja divulgativa N°6. 2p. [https://www.wur.nl/upload\\_mm/e/5/5/266b07ad-8373-4a7d-b8b2-00fb061cc309\\_HD%20n.%206-2015%20\(Recomendaciones%20fincas%20Foc\).pdf](https://www.wur.nl/upload_mm/e/5/5/266b07ad-8373-4a7d-b8b2-00fb061cc309_HD%20n.%206-2015%20(Recomendaciones%20fincas%20Foc).pdf)
35. Halos, S. (2008). The Abacá. Department of Agriculture - Biotech. Progr. Office, Biotech. Coalition Phil., Inc. and Phillipine Rice Research Center, Quezon City.
36. Hillman, J. (2004). Plant resources of South-East Asia No 17. Fibre plants. Edited by M Brink and RP Escobin. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publisher (2003), pp. 456, Eu 120.00. Experimental Agriculture 40(2), 271-272. <https://doi.org/10.1017/S0014479704281790>
37. Hirono, M., Hirono, L., Mataya, K., Francisco, E., Mazon, A., Natal, P., & CatajyMani, M. (2020). Abaca Fiber (*Musa textilis* Nee) and Plastic Post-Consumer Wastes (A/PCW) as Potential Building Material. Journal of Environmental Science and Management, (1). [https://doi.org/10.47125/jesam/2020\\_sp1/02](https://doi.org/10.47125/jesam/2020_sp1/02)
38. INTA. (2019). La arañuela roja en los cultivos de nuestras huertas. Manual Fitosanitario. <https://manualfitosanitario.com/noticias/2232>

39. Jácome-Gómez, L., Martínez, M., De La Cruz-Chicaiza, M., Chica-Solórzano, H., & Valencia-Enriquez, X. (2023). Rendimiento de fibra de dos variedades de Abacá (*Musa textilis*) en tres densidades de Siembra. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 3866-3878. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5615](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5615)
40. Jaraba, J.; Combatt, E; Jarma, A y Rodríguez, L.(2020). Nemátodos fitopatógenos asociados al cultivo de plátano (*Musa aab simmonds*) clon hartón en el Alto Sinú, Córdoba. Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas. 122 p. Disponible en: <https://largoescience/nematodos.pdf>
41. Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Medellín, Colombia: CTP Print Ltda.
42. Lalusin, A., & Villavicencio, M. (2015). Abaca (*Musa textilis* Nee) breeding in the Philippines. *Industrial Crops: Breeding for BioEnergy and Bioproducts*, 265-289. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1447-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1447-0_12)
43. McSorley, R., & Parrado, J. (1986). *Helicotylenchus multicinctus* on banana: an international problem. *Nematologica*, 16(1), 73-91.
44. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2008). Buenas prácticas agropecuarias - San José, C.R. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P01-4955.PDF>
45. Mamun, A., Heim, H., Faruk, O. & Bledzki, A. (2015). Chapter 8 - The use of banana and abaca fibers as reinforcements in composites. pp 236-272. In: Faruk O and Sain M. (eds.). *Biofiber reinforcements in composite materials*. First edition. Woodhead Publishing, Cambridge. 772 p. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.2.236>
46. Manzano A. (2013). Identificación de los causales de enfermedades bacterianas en banano (*Musa AAA*) en zonas productoras seleccionadas del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 97p
47. Martínez-Solórzano, G., Rey-Brina, J., Pargas-Pichardo, R., & Manzanilla, E. (2020). Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía Mesoamericana*, 259-276. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37925>
48. Meléndez, G. y Molina. E. (2002). Tablas de interpretación de análisis foliares en cultivos. Laboratorio de Suelos y Foliares CIA/UCR. <https://www.cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/05%20Tablas%20Interpretaci%C3%B3n%20An%C3%A1lisis%20Foliar.pdf>
49. Montero, F. (2020). Moko en banano (*Ralstonia solanacearum*). Universidad de Costa Rica. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/09/BoletinMoko.pdf>
50. Muthu, S., & Gardetti, M. (Eds.). (2020). *Sustainability in the Textile and apparel industries: Sustainable textiles, clothing design and repurposing*. Argentina: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37929-2>
51. Muñoz, E., Ramos, F., Collaguazo, O., Encalada, E., & Toro, M. (2021). Evaluación de las propiedades físicas de la fibra de Abacá (*Musa textilis*) Evaluation of the physical properties of the Abaca fiber (*Musa textilis*). *Revista Biorrefinería* Vol, 4(4).
52. Nelson, S., Ploetz, R., & Kepler, A. (2006). *Musa* species (banana and plantain). *Species profiles for Pacific Island agroforestry*, 15(2), 251-259.
53. Ojo al clima. (24 de setiembre del 2021). Productores ticos de fibra de abacá certifican su producción como sostenible. <https://ojoalclima.com/articulos/productores-ticos-de-fibra-de-abaca-certifican-su-produccion-como-sostenible>

54. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para el Productor Hortofrutícola (2ª Ed.). Santiago de Chile, 72. <https://www.fao.org/3/as171s/as171s.pdf>
55. Pelzer, K. (1948). The Philippine abaca industry. *Far Eastern Survey*, 17(6), 71-74.
56. Philippine Council for Agricultura and Fisheries (2020). Philippine Abaca Industry Roadmap 2021-2025. <https://pcaf.da.gov.ph/index.php/cir-abaca/>
57. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. (Octubre, 2023). Determinación de la curva de crecimiento y absorción de los diferentes macro y micronutrientes para el cultivo de abacá (*Musa textilis*) en la zona de Guácimo, Limón, Costa Rica. Informe Técnico de la empresa Biotech CR GRM S.A. <https://www.descubre.cr/wp-content/uploads/2024/01/Curva-de-Crecimiento-y-Absorcio%CC%81n-de-Abaca%CC%81.pdf>
58. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. (2024, 18 de marzo). Ficha Técnica Abacá. Disponible en <https://www.descubre.cr/wp-content/uploads/2023/04/Ficha-Tecnica-Descubre-Abaca-Mar23.pdf>
59. Puschmann, S. (2016). Mystery solved? Ants Protect Young From Infection By Cocooning Them in Fungus. *Smithsonian Insider*. <https://insider.si.edu/2016/08/ants-may-protect-young-infection-cocooning-fungus/>
60. Putra, A., Abdullah, Y., Efendy, H., Farid, W., Ayob, M. & Py, M. (2013). Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber. *Procedia Engineering*, 53, 632-638. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.081>
61. Rodríguez, A. (2014). Evaluación del efecto de cepas nativas de *Bacillus* sp, aisladas de un suelo supresivo a nemátodos, sobre el nematodo barrenador banano, *Radopholus similis* (thorne), y el crecimiento de plantas de banano (*Musa aaa*) bajo condiciones de vivero. Trabajo final de graduación. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 204 p. Consultado 16 de junio del 2024. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/60992929.pdf>
62. Roschewitz, I., Gabriel, D., Tschardt, T., & Thies, C. (2005). The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of applied ecology*, 42(5), 873-882.
63. Shahri, W., Tahir, I., & Ahad, B. (2014). Abaca fiber: A renewable bio-resource for industrial uses and other applications. *Biomass and Bioenergy: Processing and Properties*, 47-61. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07641-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07641-6_3)
64. Senasica. (2023). *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith, 1896): Moko del platano. Ficha Técnica N° 4/RSR2/CNRF. México. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Moko%20del%20platano.pdf>
65. Servicio Fitosanitario del Estado. (Diciembre, 2023). *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Raza 4 Tropical. [https://www.sfe.go.cr/SitePages/FocR4T/Inicio\\_FocR4T.aspx](https://www.sfe.go.cr/SitePages/FocR4T/Inicio_FocR4T.aspx)
66. Spencer, J. (1953). The abaca plant and its fiber (Manila hemp). *Economic Botany*, 7(3), 195-213.
67. Schweizer, L. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnósticos de fertilidad. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://images.app.goo.gl/YkBKp11N9AYKtFbU6>.
68. Sistema de Información del Sector Agropecuario Costarricense. Costos de Producción de abacá para región Huetar Caribe (2019). Disponible en <https://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/CostosProduccion/Paginas/default.aspx>

69. Rainforest Alliance (2023). Estándar de agricultura sostenible Rainforest Alliance. Requisitos para fincas. SA-S-SD-1. Versión 1.3.
70. Richter, S., Stromann, K., & Müssig, J. (2013). Abacá (*Musa textilis*) grades and their properties—A study of reproducible fibre characterization and a critical evaluation of existing grading systems. *Industrial Crops and Products*, 42, 601-612.
71. Valášek, P., D'amato, R., Müller, M. & Ruggiero, A. (2018). *Musa textilis* cellulose fibres in biocomposites—An investigation of mechanical properties and microstructure. *BioResources*, 13(2), 3177-3194. <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/musa-textilis-cellulose-fibres-inbiocomposites-an-investigation-of-mechanical-properties-and-microstructure/>
72. Valenciano Zúñiga, C. (2019). Análisis del potencial de los residuos sólidos remanentes del procesamiento de Abacá (*Musa textilis*), como sustrato para la producción de hongo ostra (*Pleurotus spp*), Zona Huetar Norte y Atlántica, Costa Rica.
58. Valverde, J., Araya, M., Arias-Aguilar, D., Masís, C. & Muñoz, F. (2022). Evaluation of the Optimal Uses of Five Genotypes of *Musa textilis* Fiber Grown in the Tropical Region. *Polymers*, 14(9), 1772. <https://doi.org/10.3390/polym14091772>
59. Vargas, A., Watler, W., Morales, M., & Vignola, R. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Ficha Técnica-Cultivo de Banano. CATIE, Costa Rica.
60. Vásquez Gallo, L. A. (2020). Buenas prácticas agrícolas (BPA). En J. A. B. Estrada & C. A. D. Díez (2ª Ed.), Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (pp. 379-408). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>
61. Waller, V. & Wilsby, A. (2019). Abaca in the Philippines. An overview of a potentially important resource for the country. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1352495/FULLTEXT01.pdf>
62. Zambrano-Muñoz, D. (2015). La organización logística para la exportación de fibra de abacá por la empresa Furukawa Plantaciones. (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaquil. Guayaquil. 84. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6927>