

► **Guía Regional de
Sostenibilidad
Ambiental
para el Sector
de palma aceitera
en la Ecorregión
del Arrecife Mesoamericano**



**Guía Regional
de Sostenibilidad Ambiental
para el Sector de Palma aceitera
en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano**

La preparación de la Guía Regional de Sostenibilidad Ambiental para el Sector Palmero en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano se realizó bajo la Coordinación de la dirección ejecutiva del Proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano, como parte de las herramientas que el proyecto pone a disposición de los países de la Ecorregión para la mejora de las prácticas y asegurar la sostenibilidad de las acciones dentro de la misma.

Elaboración Técnica:

Luis Alonso García Castillo – consultor Senior en Palma

Colaboración y revisiones:

Daniel Ayes Valladares

David Eduardo Ayes Panchamé

**Diseño Gráfico:
Mauricio Ponce**

Junio de 2023



**Guía Regional
de Sostenibilidad Ambiental
para el Sector de Palma aceitera
en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano**



Contenido

Introducción..	10
Contexto ..	12
El Arrecife Mesoamericano (SAM) ..	12
Marco conceptual “ridge to reef” ..	13
El sector de palma aceitera, resumen del diagnóstico de la Ecorregión ..	14
Gremiales del sector palma aceitera en la Ecorregión ..	18
México ..	18
Guatemala ..	18
Honduras ..	18
Las buenas prácticas en el cultivo de palma aceitera ..	21
Aspectos clave para la sostenibilidad a tomar en cuenta en el desarrollo de la guía ..	22
Manejo sostenible de tierras ..	22
Gestión integral del recurso hídrico ..	22
Mitigación al cambio climático ..	22
Adaptación al cambio climático ..	22
La Palma Aceitera, conociendo su entorno para el manejo sostenible ..	23
Aspectos relacionados al clima ..	24
¿Que son los Trópicos? ..	24
¿Que Define el Clima en los Trópicos?..	25
Clasificación Climática de Köppen ..	25
¿Por qué es importante el clima en el cultivo de la palma aceitera? ..	26
¿Cuáles son los requisitos del cultivo y la influencia de los distintos factores climáticos en la producción? ..	26
Conocer la Palma Aceitera para lograr su sostenibilidad..	28
Origen ..	28
Botánica ..	28
Aspectos relacionados al Suelo ..	51
Generalidades ..	51
¿Qué es el suelo? ..	52
Papel de diversos actores en el suelo y su importancia para mantener la sostenibilidad del cultivo ..	61
Apreciaciones sobre el uso de materia orgánica en los suelos cultivados con palma ..	63

Consideraciones para el establecimiento de una Plantación de Palma Aceitera Sostenible.. 65

Siembra – resiembra, renovación de plantación y nueva siembra	66
Procedimientos de Nueva Plantación (NPP) de la RSPO..	66
Consideraciones en el Proceso de Inicio de la Plantación - Escenario de Nueva Plantación..	67
Consideraciones en el Proceso de Inicio de la Plantación - Escenario de Resiembra de la Plantación..	71
Condiciones previas	72
Siembras en Áreas con Pendientes.	74
Construcción de Caminos, puentes y pasos de alcantarillas..	78
Drenaje del Terreno.	80
Medidas Precautorias en el Acondicionamiento del Suelo..	82
Consideraciones generales para la siembra.	83
Alineamiento de las Palmas.	83
Siembra de Plantas..	83
Medidas especiales precautorias en la siembra.	86

Consideraciones para el Manejo Integrado y sostenible de la Plantación 87

Consideraciones de las prácticas productivas y mantenimiento de la plantación para asegurar sostenibilidad	89
Consideraciones sobre el manejo de arvenses denominadas normalmente como malezas	89
MIP (Manejo Integrado de Plagas)	93
Manejo Integral de Enfermedades más Comunes en Palma Aceitera en la Ecorregión del SAM	102
Nutrición	114
Fertilización Orgánica y Mineral	123
Consideraciones de la información suplementaria para decidir las dosis finales de nutrientes a aplicar	123
Cosecha de racimos de fruta Fresca (rff)	124
Reciclaje de nutrientes.	128
Seguridad ocupacional..	128

Caso de Éxito. 129

Gremial de Palmicultores de Guatemala –GREPALMA	130
--	-----

Bibliografía. 132

Ilustraciones

Ilustración 1.	Descripción del Proyecto MAR2R	14
Ilustración 2.	Productividad de la tierra en palma	15
Ilustración 3.	Productividad de RFF promedio en Latinoamérica	17
Ilustración 4.	Impactos de descargas en la ecorregión	19

Ilustración 5.	Ejemplos de buenas prácticas a implementar en la ecorregión.	20
Ilustración 6.	Clima tropical, área comprendida entre el trópico de cáncer y trópico de Capricornio.	25
Ilustración 7.	Ejemplo de una palma aceitera	28
Ilustración 8.	Morfología de la palma aceitera.	29
Ilustración 9.	Sistema radical fasciculado monocotiledóneas.	29
Ilustración 10.	Modelación y simulación de la arquitectura y desarrollo del sistema radicular de la palma aceitera	30
Ilustración 11.	Inicio de la diferenciación de la plúmula (pl), futuro tallo y la radícula (ra), futura raíz.	30
Ilustración 12.	Características del sistema radical de la palma aceitera.	31
Ilustración 13.	Palma Joven < de 3 años.	32
Ilustración 14.	Esquema mostrando la relación raíz - parte aérea de la planta.	33
Ilustración 15.	Tronco de la palma sosteniendo hojas y racimos.	34
Ilustración 16.	Tronco desnudo de la palma, sin las bases peciolares.	34
Ilustración 17.	Comparación de una palma (A) y un tallo de roble (B) en sección transversal, con detalle de un solo haz vascular de palma (C).	35
Ilustración 18.	Región Meristemática o punto de crecimiento.	36
Ilustración 19.	Dosel Foliar de la palma aceitera.	37
Ilustración 20.	Partes de la hoja.	37
Ilustración 21.	Corte transversal del Pecíolo.	37
Ilustración 22.	Imagen de la hoja de la palma aceitera.	38
Ilustración 23.	Filotaxia derecha. Filotaxia Izquierda.	39
Ilustración 24.	Hoja #1.	40
Ilustración 25.	Filotaxia.	40
Ilustración 26.	A) Medición del ancho del área transversal del pecíolo. B) Medición de la altura del área transversal del pecíolo.	41
Ilustración 27.	Arriba Izquierda. Flor masculina- Arriba derecha. Flor femenina. Abajo. Flor femenina receptiva.	44
Ilustración 28.	Fases de desarrollo de la inflorescencia.	45
Ilustración 29.	Anatomía de la Palma	46
Ilustración 30.	Composición del racimo de la palma aceitera.	47
Ilustración 31.	Partes del fruto.	48
Ilustración 32.	Racimo de palma aceitera en Malasia.	48
Ilustración 33.	Polinizadores más comunes en la palma aceitera.	49
Ilustración 34.	Esquema gráfico del tiempo transcurrido desde el primordio floral a cosecha del racimo en palma aceitera y las brechas de rendimiento que causa cualquier tipo de estrés.	50
Ilustración 35.	Perfil de suelo.	51
Ilustración 36.	Descripción de la composición aproximada del suelo	52
Ilustración 37.	Texturas de los suelos - clasificación.	53
Ilustración 38.	Descriptivo de los tipos de suelos.	54

Ilustración 39.	Diagrama del contenido de agua en el suelo a Capacidad de Campo. Especificando su contenido volumétrico (θ). El punto de marchitez permanente (pmp) y la altura de agua (H).	55
Ilustración 40.	Densidad del suelo.	56
Ilustración 41.	Visión esquemática de la capacidad de intercambio catiónico (CIC).	57
Ilustración 42.	Disponibilidad de nutrimentos respecto al pH del suelo.	58
Ilustración 43.	Saturación de bases.	59
Ilustración 44.	El perfil del suelo.	59
Ilustración 45.	Viveros de palma con buen manejo (alineamiento, sistema de riego, coloración y uniformidad de las plantas).	68
Ilustración 46.	Plano en curvas a nivel, adecuando caminos y drenajes a la topografía del terreno.	68
Ilustración 47.	Cálculo de pendiente.	69
Ilustración 48.	Diseño de plantación sobre un terreno plano, indicando la posición de la infraestructura necesaria.	69
Ilustración 49.	Apertura de trochas de acceso a nuevo terreno de siembra.	69
Ilustración 50.	Sistema de siembra triangular o tresbolillo para aprovechar el terreno al máximo.	70
Ilustración 51.	Trazo de siembra usando las calles alternas (azimuts) para los apilamientos de restos vegetales en función del diseño de drenaje, pero siempre respetando la dirección de siembra norte – sur.	70
Ilustración 52.	Izquierda: despeje manual de terreno, por lo general usado en pequeñas plantaciones. A la derecha, despeje mecánico liviano, con rolo o cilindro usado en vegetación baja o pastizales.	71
Ilustración 53.	Izquierda, subsolador profundo. Derecha, rastra liviana para nivelación superficial.	71
Ilustración 54.	Izquierda, picudo de la palma (<i>Rynchophorus palmarum</i>). Derecha, daño directo en el tronco por las larvas del picudo, as que permanecen de 45 a 60 días haciendo galerías en el tronco, mientras se alimentan del tejido vascular.	72
Ilustración 55.	Botada de palma previamente envenenada con excavadoras. Arriba en acción de botar la palma. Abajo. Apilamiento de material vegetal y el terreno sin disturbar, listo para siembra entre arrumes o apilamientos.	73
Ilustración 56.	Botada de palma sin envenenar previamente. Izquierda, botando la palma. Derecha, picando la palma en el sitio. No se hacen apiles.	73
Ilustración 57.	Siembra sin botar las plantas, después de envenenarlas, dejándolas que se descompongan en el sitio.	74
Ilustración 58.	Underplanting, o siembra de la nueva plantación abajo de la que se va a renovar, mientras la vieja se sigue cosechando.	75
Ilustración 59.	Construcción de plataformas y veredas peatonales de un mero de ancho para conectar las plataformas, siguiendo las curvas a nivel.	76
Ilustración 60.	Marcando curvas a nivel o en contorno.	77

Ilustración 61.	Siembra de palma aceitera en terrazas.	77
Ilustración 62.	Protección del suelo con cobertura leguminosa.	78
Ilustración 63.	Izquierda, camino de acceso; derecha, camino primario a la plantación.	78
Ilustración 64.	Diseño sencillo de plantación, tratando de disminuir al mínimo la construcción de infraestructura.	79
Ilustración 65.	Construcción de drenes abiertos.	80
Ilustración 66.	Izquierda. Suelo sano, permite un buen desarrollo radical. Derecha. Suelo enfermo, mal drenado, raíces muertas por falta de oxígeno (anoxia).	81
Ilustración 67.	Microrganismos presentes en un suelo mal drenado y sin cobertura orgánica.	82
Ilustración 68.	Sistema de siembra triangular o tresbolillo para aprovechar el terreno al máximo.	83
Ilustración 69.	Manejo de arvenses en palma joven. Izquierda, predominio de gramíneas mantenidas con chapeadora mecánica. Derecha, siembra de cobertura de kudzu.	89
Ilustración 70.	Técnica del cojinete.	90
Ilustración 71.	Comunicación química bajo tierra.	91
Ilustración 72.	Plantas melíferas más atractivas de entomo-fauna benéfica.	92
Ilustración 73.	Plagas más comunes en la Eco región del SAM. - Elaboración propia	95
Ilustración 74.	Fases del defoliador de la palma aceitera (<i>Opsiphanes cassina</i> Felder) A y B: adultos hembra y macho, C: huevos, D: larvas del I y II, E: III y IV y F: V instar, G: pre-pupa, H: pupa.	96
Ilustración 75.	Daño severo de defoliación provocado por <i>Opsiphanes cassina</i>	97
Ilustración 76.	Parasitoides de <i>Opsiphanes</i>	98
Ilustración 77.	Parasitoides y depredadores de <i>Opsiphanes cassina</i>	99
Ilustración 78.	Trampa para <i>Opsiphanes</i>	100
Ilustración 79.	Pájaros depredadores de <i>Opsiphanes</i>	100
Ilustración 80.	Imagen de Google Earth, mostrando área perdida de una plantación, presumiblemente por el picudo de la palma.	101
Ilustración 81.	Síntoma clásico de anillo rojo en palma aceitera.	103
Ilustración 82.	Izquierda. Daño en las hojas, en la fase de rápida elongación aun dentro del cogollo de la palma afectada. Derecha. Hojas ya emitidas mostrando el daño que fue causado cuando estaban en la fase de elongación.	104
Ilustración 83.	Gama de síntomas en el tronco y el peciolo de hojas de palma infectadas por el nematodo del anillo rojo.	105
Ilustración 84.	Muestras de la PC.	106
Ilustración 85.	Variación en la sintomatología de la PC.	107
Ilustración 86.	Alternativa de siembra de maíz - frijol en rotación, y cero labranzas, para mantener el suelo cubierto durante los primeros años de siembra.	108
Ilustración 87.	Izquierda. foliolos afectados por pestalotiopsis. Derecha. Palma mostrando un ataque severo de Pestalotiopsis.	109
Ilustración 88.	Insectos que favorecen la entrada del hongo Pestalotiopsis.	109

Ilustración 89.	Arqueo foliar en palma joven en el campo.	110
Ilustración 90.	Palma con síntomas de pudrición basal húmeda.	111
Ilustración 91.	Palma afectada por pudrición basal seca.	111
Ilustración 92.	Pudrición	112
Ilustración 93.	Sintomatología de ataque de Ganoderma y fructificación del hongo. . .	113
Ilustración 94.	Eliminación de una planta afectada por Ganoderma.	114
Ilustración 95.	Fotosíntesis.	115
Ilustración 96.	Nutrientes para las plantas.	116
Ilustración 97.	Barril de Liebig.	121
Ilustración 98.	Ley de los rendimientos decrecientes.	122
Ilustración 99.	Izquierda. Frutos Nigressen, color negro cuando están verdes y rojizos al madurar. Derecha. Frutos virescens. Color verde cuando están verdes y anaranjados al madurar.	125
Ilustración 100.	Racimo maduro mostrando cambio de coloración y desprendimiento natural de frutos.	125
Ilustración 101.	Área recién podada y apilamientos de peciolo o raquis foliares entre palmas y el resto de las hojas dispuestas en las calles de cosecha	128

Tablas

Tabla 1.	Descripción de las áreas de cultivo en la ecorregión	16
Tabla 2.	Clasificación climática de Köppen	26
Tabla 3.	Requisitos del cultivo y la influencia de factores climáticos en la producción ..	27
Tabla 4.	Absorción de la solución del suelo (agua + nutrientes)	32
Tabla 5.	Bioestimulación de varios procesos específicos con microorganismos del suelo	62
Tabla 6.	Bioestimulación de varios procesos específicos con microorganismos del suelo.	63
Tabla 7.	Dimensiones recomendadas de caminos a construir.	80
Tabla 8.	Conductividad hidráulica para diferentes texturas de suelo	81
Tabla 9.	Trastornos de las plántulas de palma aceitera, síntomas, causas y posible acción	84
Tabla 10.	Descripción de una finca hipotética para apoyar acciones para manejo integrado en una finca	88
Tabla 11.	Macronutrientes esenciales para las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas	118
Tabla 12.	Micronutrientes esenciales para las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas	120
Tabla 13.	Balance de nutrientes y fertilizantes para producir 30 Tm ha de rendimiento anual de racimos de fruta frescas. Adaptado de Ng <i>et al.</i> (1999)	123
Tabla 14.	Recomendaciones para poda	127

1. Introducción

La ecorregión del arrecife mesoamericano (SAM) compartido por Belice, Guatemala, Honduras y México incluye la barrera de arrecifes transfronterizos más grande del mundo, que abarca más de 1,000 km de costa y cubre un área de 464,263 km² de océano, costas y cuencas. El territorio pertenece a las eco-regiones más ricas con los más diversos arrecifes de coral en el Atlántico occidental. Sus cuencas hidrográficas albergan un rango de ecosistemas forestales, desde bosques nubosos en la cima de sus montañas hasta selvas latifoliadas y manglares en zona costeras. Grandes ríos sinuosos, sistemas hidrogeológicos kársticos, lagunas y humedales conectan la tierra con lechos de pastos marinos y arrecifes de coral.

La ecorregión sostiene a más de 12 millones de personas que viven a lo largo de la costa y las islas, pero también en el interior de grandes centros urbanos como la ciudad capital de Belice, Guatemala y Honduras. Sus recursos naturales proporcionan medios de vida y contribuyen a la economía nacional de los cuatro países a través de insumos provenientes de la agricultura (plátanos, cítricos, aceite de palma, piña, caña de azúcar, etc.), acuicultura de camarón, pesca comercial (concha, pescado, langosta, etc.), y un sector turístico grande que se encuentra en rápido crecimiento. Además, el SAM tiene una importancia ecológica, estética y cultural para sus habitantes. La pesca productiva apoya a las pesquerías comerciales y artesanales. Millones de turistas, atraídos por las playas de arena con abundantes arrecifes y con una biodiversidad única aportan importantes ingresos económicos a las personas y sus gobiernos.

Debido al crecimiento rápido del cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), en la ecorregión del SAM en donde existen, 423,222 ha, al cierre del 2021, que comprende los países de México, Guatemala y Honduras, de las que Honduras representa el mayor impacto al SAM con 202,518 has., cuyos vertidos y lixiviados agroindustriales amenazan la integridad del arrecife de coral mesoamericano, el Proyecto Manejo integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del arrecife Mesoamericano (MAR2R) decidió elaborar guías de mejores prácticas agrícolas y ambientales como una ayuda a la cadena de valor de la palma en la palma y mitigar el impacto ambiental y así mismo ayudando al incremento de productividad.

La elaboración de las guías de buenas prácticas agrícolas y ambientales (BPA-A), están basadas en una revisión de literatura disponible y aplicable a la temática y objetivos trazados. Para su mejor comprensión y revisión se dividió la temática en tres temas: a) La palma y su entorno ambiental, en el que se resume la interrelación de la palma como un todo y cada uno de sus componentes morfológicos con las condiciones climáticas y de suelo, especialmente su componente biótico (biota del suelo). b) Establecimiento de la plantación, que pretende que el productor, desde un inicio integre su plantación, en el marco de la sostenibilidad, y c) Manejo integrado de plantaciones, que invita al productor al manejo sostenible y altamente productivo con un uso racional mínimo o nulo de agrotóxicos y una nutrición inteligente y equilibrada. La Guía además, se basa en la experiencia y juicios de expertos de los diferentes países que conforman la ecorregión. Algunas Gremiales consultadas son la Asociación Industrial de Productores de Aceite de Honduras (Aipah), la Gremial de Palmicultores de Guatemala, Grupo Jaremar de Honduras, la Federación Mexicana de palma de aceite, y Dinant de Honduras.

1. Contexto

1. El Arrecife Mesoamericano (SAM)

La ecorregión del arrecife mesoamericano (SAM) compartido por Belice, Guatemala, Honduras y México; incluye la barrera de arrecifes transfronterizos más grande del mundo, que abarca más de 1,000 km de costa y cubre un área de 464,263 km² de océano, costas y cuencas. El territorio pertenece a las eco-regiones más ricas con los más diversos arrecifes de coral en el Atlántico occidental. Sus cuencas hidrográficas albergan un rango de ecosistemas forestales, desde bosques nubosos en la cima de sus montañas hasta selvas latifoliadas y manglares en zona costeras. Grandes ríos sinuosos, sistemas hidrogeológicos kársticos, lagunas y humedales conectan la tierra con lechos de pastos marinos y arrecifes de coral.

La ecorregión sostiene a más de 12 millones de personas que viven a lo largo de la costa y de las islas, pero también en el interior de grandes centros urbanos como las ciudades capitales de Belice, Guatemala y Honduras. Sus recursos naturales proporcionan medios de vida y contribuyen a la economía nacional de los cuatro países a través de insumos provenientes de la agricultura (bananos, cítricos, aceite de palma, piña, caña de azúcar, etc.), acuicultura de camarón, pesca comercial (concha, pescado, langosta, etc.), y un sector turístico grande que se encuentra en rápido crecimiento. Además, el SAM tiene una importancia ecológica, estética y cultural para sus habitantes. La

pesca productiva apoya a las pesquerías comerciales y artesanales. Millones de turistas, atraídos por las playas de arena con abundantes arrecifes y con una biodiversidad única aportan importantes ingresos económicos a las personas y sus gobiernos.

En 1997, debido a la importancia nacional, regional y global de la región SAM, los cuatro países que lo conforman, identificaron al territorio como eco-región transfronteriza compartida, y lo declararon como un área de conservación prioritaria, expresando su compromiso de trabajar juntos para mejorar su conservación y manejo al firmar la declaración de Tulum. La Declaración de Tulum fue reconfirmada y fortalecida en 2006, a través de la declaración conocida como Tulum+ 8, en la que los jefes de estado de los cuatro países también ratificaron su compromiso de coordinar actividades a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Tulum+ 8 dejó a cargo a la CCAD para actualizar el Plan de Acción Regional para el SAM, que fue aprobado por cada ministro de Medio Ambiente de cada país en abril de 2007.

El plan de acción regional para SAM preparado en 1998 y el plan de acción actualizado en 2007, han sido usados como fundamento para varias acciones desarrolladas en los últimos años por diferentes organizaciones que trabajan en la eco-región.



2. Marco conceptual “ridge to reef”

El enfoque eco-regional y el enfoque de la cuenca al arrecife en el SAM data de 2002 cuando WWF dirigió la primera evaluación que analizó los paisajes terrestres, costeros y marinos del SAM como una eco-región (Kramer y Kramer). En 2004, el proyecto de la Alianza Mesoamericana de Arrecifes de Coral (ICRAN-MAR) abordó el deterioro de los ecosistemas de arrecifes de coral y la sostenibilidad económica y ambiental del SAM en tres áreas: gestión de cuencas hidrográficas, pesca y turismo marino. Luego, en 2008, *The Nature Conservancy* lideró el esfuerzo que actualizó la evaluación eco-regional (TNC 2008). Las evaluaciones definieron objetivos estratégicos prioritarios para abordar las principales amenazas para la eco-región con un enfoque de la cuenca al arrecife que incluye estrategias para reducir las fuentes terrestres de contaminación y mejorar la gestión de cuencas hidrográficas, la planificación del uso de la tierra, la pesca comunitaria y las áreas marinas protegidas (AMP). En este marco, TNC apoyó la creación de *Reef Resilience Network* (Red de resiliencia de arrecifes) para el SAM y grupos de trabajo para los sitios de agregación de desove en México, Belice y Honduras, que todavía están activos. El análisis y diseño de amenazas del proyecto MAR2R se basa en estas y otras evaluaciones, como el análisis de WRI en 2006 sobre las cuencas hidrográficas del SAM.

El estudio del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) sobre el análisis hidrológico de las cuencas hidrográficas del SAM (WRI-ICRAN MAR 2006) evaluó el impacto de los sedimentos y nutrientes descargados en los ecosistemas marinos y costeros de la SAM en las más de 400 cuencas hidrográficas de la eco-región. El análisis estimó un aumento en la entrega de sedimentos y nutrientes resultante de las actividades humanas y ofreció predicciones de la descarga futura de sedimentos y nutrientes para 2025. Los convincentes resultados del estudio llevaron a un análisis específico de cuencas hidrográficas claves y son la base de algunos esfuerzos para un manejo sostenible en la eco-región.

El razonamiento se deriva de su interconexión, si el agua que llega a los hábitats costeros y marinos es contaminada y llena de sedimentos, impactará la integridad ecológica de los ecosistemas costeros y marinos. Los efluentes que llegan al SAM serán pesados en sedimentos y contaminados si la agricultura y el uso no sostenible de la tierra continúan siendo la norma, generando consecuencias significativas para el mismo ecosistema de la cuenca, perturbando su ciclo hidrológico, y las comunidades humanas. La integridad ecológica de las zonas costeras y los ecosistemas marinos no solo se ven comprometidos por los efluentes de agua dulce, sino también por el uso inadecuado de la tierra y el insostenible turismo masivo en la costa y la pesca insostenible están contribuyendo en el deterioro de la integridad ecológica de los sistemas marinos y costeros con consecuencias negativas para los medios de vida de sus habitantes.

Ilustración 1. Descripción del Proyecto MAR2R



De la Cuenca al Arrecife

El enfoque de la cuenca al arrecife consiste en una visión amplia en planificación, restauración e implementación de buenas prácticas en las actividades humanas y económicas a lo largo de toda una cuenca para obtener de forma sustentable sus beneficios y evitar el deterioro y pérdida de los recursos.

Reforestación en zonas altas

Contribuye a contrarrestar el cambio climático
El bosque captura el Carbono
Permite el hábitat para las especies
Contribuye a la captura de agua

Restauración

Las zonas restauradas disminuyen el impacto en el deterioro de la cuenca y renueva los recursos ambientales para su uso sustentable. Esto incluye restauración en el paisaje forestal, en zonas agrícolas, en manglares y arrecifes de coral.

Buenas prácticas de agroforestería

Disminuye los sedimentos en los ríos

Evita los sedimentos en las represas hidroeléctricas

Ahorra en actividades de azolve en las represas

Buenas prácticas en cultivos de tierras altas

Evita las escorrentías por erosión
Evita la pérdida de suelos

Mantiene un suelo saludable

Disminuye el uso de fertilizantes

Contribuye a la captura de agua de calidad

Capturas de agua para consumo humano

Disminuye el costo en la obtención de agua potable

Buenas prácticas en agricultura

Disminuyen los fertilizantes y químicos en vertientes

Permite el agua para riego

Permite la práctica de la acuicultura

Permite abastecer de agua con calidad a poblados

Buenas prácticas

Las actividades humanas y económicas requieren adoptar buenas prácticas de los sectores productivos, con el involucramiento de las partes interesadas, así como asistencia técnica para evitar la degradación de los recursos de las cuencas, innovar en una visión sustentable, mejorar su productividad y participar de los beneficios a largo plazo.

Buenas prácticas en las industrias

Tratamiento adecuado a las descargas en vertientes

Agua de calidad para consumo humano y procesos industriales

Disminuye la contaminación superficial y subterránea

Permite a los ríos mantener un hábitat para las especies

El proyecto MAR2R está alineado con las estrategias de WWF en el Arrecife Mesoamericano, y es prioridad regional dentro del marco de su programa global.

Buenas prácticas en la industria turística

Adecuado tratamiento de descargas al océano

Permite mantener los hábitat en costas y humedales

Costas saludables proporcionan una economía turística

Restauración de manglares

Disminuye la cantidad de sedimentos y contaminantes que ingresan al océano

Permite el hábitat para especies terrestres y aves migratorias

Permite el hábitat para el desove de las especies marinas

Protección de costas ante inundaciones

Ahorro en reparaciones de infraestructuras por inundaciones

Permite un ambiente saludable para el ecosistema del arrecife de coral

Buenas prácticas de pesca

Contribuye a contrarrestar el cambio climático

Los pastos capturan el Carbono

Permite el desarrollo de los pastos marinos

Aumenta la cantidad de especies de valor comercial

Proporciona alimento para el 25% de la vida marina

Aumenta la reserva alimenticia de especies y el ser humano

Multiplicación de beneficios

Los impactos positivos debido a la restauración del paisaje y la implementación de buenas prácticas en las actividades humanas se multiplican a las zonas aledañas o bajas de la cuenca.

Los beneficios y servicios ambientales que se generan en la parte alta de la cuenca se trasladan a las partes bajas, permitiendo a su vez aprovechar los recursos.

Esta dinámica continúa hasta beneficiar las costas y manglares, restaurando las especies que son fuente de alimento para el ser humano y el ecosistema marino.

Interacción entre las partes

Las cuencas contienen espacios de asentamientos humanos, zonas agrícolas, áreas de pastoreo, parques industriales, poblados, ciudades, áreas de actividad turística y espacios de pesca y acuicultura. Todos ellos dependen de alguna manera de los recursos de la cuenca: zonas forestales, recargas acuíferas, vertientes, reserva de alimentos, entre otros.

El enfoque de la cuenca al arrecife se viabiliza cuando los actores involucrados crean espacios para interactuar sobre la manera más eficiente de gestionar los recursos de la cuenca, favoreciendo los procesos de gobernanza a todo nivel, con un compromiso a largo plazo de sostener la salud de la misma.

Proyecto MAR2R

El proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano contribuye a la conservación y uso sostenible de los recursos compartidos de agua dulce, costeros y marinos de la ecorregión transfronteriza SAM, mediante la implementación del enfoque de la cuenca al arrecife, asegurando beneficios económicos y medios de vida sostenibles para los países y sus comunidades.

3. El sector de palma aceitera, resumen del diagnóstico de la Ecorregión

El consumo de aceites vegetales está registrando en los últimos años un fuerte crecimiento. Los atractivos precios internacionales del aceite, junto con la mejora en los márgenes brutos al productor, están siendo factores clave en el aumento de área de cultivo principalmente en países como Ucrania, Rusia y Argentina.

Destacar que entre las campañas 2002/03 y 2021/22, el incremento en el consumo global de aceites vegetales ha sido de un 124%, destacándose los aceites de palma (+186%), girasol (+172%), colza (+123%) y soja (102%), resaltó la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca (BCBB).

El aceite de palma y otros aceites vegetales. El aceite de palma es el aceite vegetal más sostenible. La productividad de la palma de aceite puede llegar a aproximadamente 4 t/ha. Este número es mucho más

alto que el de la canola (0,7 t/ha), el girasol (0,6 t/ha) y la soja (0,4 t/ha). Con la productividad por hectárea puede verse que la materia prima de la palma de aceite necesita la menor cantidad de tierra para producir aceite vegetal. Reemplazar el aceite de palma con otro aceite vegetal requerirá enormes despejes de tierras.

La palma de aceite requiere la menor cantidad de tierra adicional para satisfacer la demanda futura de aceite vegetal. Se proyecta que la demanda mundial de aceite vegetal continuará creciendo con el aumento en el consumo humano y se predice que para el 2050 llegará a los 361 millones de toneladas. Se requiere producción adicional de opciones de materias primas para satisfacer la necesidad futura de aceite vegetal, y la palma de aceite es la materia prima más viable para satisfacerla, ya que requiere la menor cantidad de tierra adicional.

Ilustración 2. Productividad de la tierra en palma

Productividad de la tierra de materias primas de aceite vegetal

Total de uso de la tierra de los aceites vegetales en el mundo: 277 millones de ha		Productividad de aceite vegetal en el mundo	Productividad / ha
 <p>Soja</p>	122 millones de ha	45,8 millones de t	0.4 t /ha
 <p>Girasol</p>	25 millones de ha	15,9 millones de t	0.6 t /ha
 <p>Canola</p>	36 millones de ha	25,8 millones de t	0.7 t /ha
 <p>Palma de aceite</p>	16 millones de ha	65 millones de t	4 t /ha
Uso de la tierra para otros aceites vegetales 77 millones		Otras producciones 46 millones de toneladas	

Fuente: Revista Palmas. Bogotá (Colombia) vol. 40 (2) 76 - 84, abril - junio 2019

El cultivo de la palma de aceite en Centroamérica se inició en la década del 40, pero su mayor impulso lo tuvo a partir de la década de los 70 en Honduras, de los 80 en Costa Rica, del 2000 en Guatemala y México y del 2010 en Nicaragua; actualmente se han plantado aproximadamente 638,000 ha, en la zona centroamericana y México.

En la región del SAM que comprende los países de México, Guatemala, Belice y Honduras, se reportan 423,222 ha (Belice no reporta siembra de palma aceitera), de las que Honduras representa el mayor impacto al SAM.

Tabla 1. Descripción de las áreas de cultivo en la ecorregión

País	Región	Estado o Departamento	Municipio	Superficie (has)	Área de impacto al SAM (has)
México (*)		Chiapas	24	51,165	
		Campeche	6	30,783	
		Tabasco	9	27,520	
		Veracruz	17	8,066	
Total		4	56	117,534	0
Guatemala (**)	Sur	Escuintla	7	11,519	
		Quetzaltenango	4	10,032	
		Suchitepéquez	9	6,357	
		Retalhuleu	6	6,245	
		San Marcos	4	5,813	
		Chimaltenango	1	112	
	Total	6	31	40,078	
	Nororiental	Izabal	5	31,300	31,300
		Alta Verapaz	1	4,878	4,878
	Total	2	6	36,178	36,178
	Norte	El Petén	6	87,400	
		Alta Verapaz	5	14,878	
		Quiché	1	2,079	
	Total	2	12	104,358	
Total		10	49	180,614	36,178
Honduras (***)	Aguán	Colón	7	80,666	80,666
	Planicie costera	Atlántida	8	65,585	65,585
	Sula/Oloman/Aguan	Yoro	5	33,312	33,312
	Sula	Cortés	12	22,374	22,374
	Gracias a Dios	Gracias a Dios	1	397	397
	Lago de Yojoa	Comayagua	1	96	96
		Santa Bárbara	1	88	88
	Catacamas	Olancho	1	12	
Total		8	36	202,530	202,530
Total Ecorregión		24	116	423,222	238,696

(*) Fuente: FEMEXPALMA, 2021; SIAP 2021. (**) Fuente: Elaborado por GREPALMA con información proporcionado por empresas asociadas, información de Satelligence y DIGEGR, 2021. (***) Fuente: Solidaridad Network/Datos del autor

En el caso de México las descargas y vertidos son al Mar Pacífico o al Golfo de México, sin interacción con el SAM; Guatemala descarga al Mar Pacífico y la mayor área, la Norte, descarga al Golfo de México a través del Río Usumacinta y solo la región nororiental descarga al mar Caribe. Honduras, por estar las siembras ubicadas al norte del país cuya zona costera colinda con el mar Caribe y por la dirección de las corrientes marinas, toda el área sembrada tiene un impacto sobre el SAM.

La producción de palma aceitera y la posterior extracción y comercialización del aceite, incluye a diversos actores, con quienes se requiere promover el crecimiento y uso del aceite de palma sostenible, evitando la destrucción de bosques de alto valor ecológico, favorecer la biodiversidad, evitar la contaminación atmosférica y los conflictos sociales. En este contexto, los pequeños productores del rubro, que representan más del 50% del área en producción, son actores estratégicos, y con quienes es clave la implementación de diferentes prácticas agrícolas que, aplicadas a nivel de campo, coadyuvan al incremento de la productividad, reducción de costos y a la producción sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental.

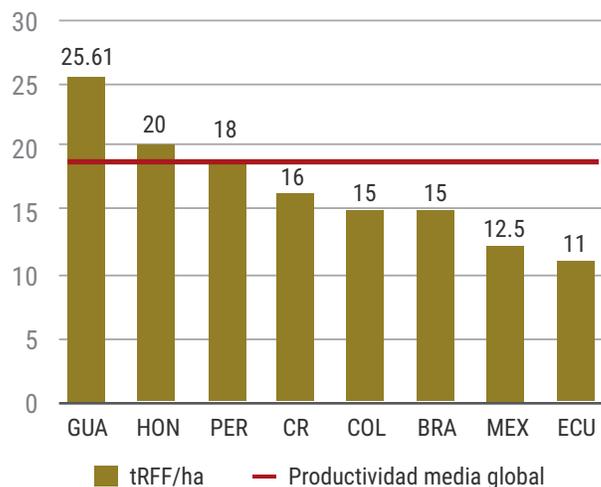
Se estima que más del 60 % del área plantada está certificada con algún estándar de sostenibilidad y el 40% restante que corresponde a productores independientes u organizaciones de los mismos (cooperativas, empresas asociativas, ejidos, etc.), están conscientes aunque de manera informal o asesorados por alguna extractora u ONG sobre la importancia de la sostenibilidad del cultivo, después de 10 años de haber iniciado de manera voluntaria con la puesta en marcha de principios y criterios sostenibles.

A pesar de que la ecorregión SAM, está situada entre los 15° y 18° latitud norte, sobrepasando, en el caso de la región norte de Guatemala y la mayor parte de México, los 16° latitud norte que los teóricos del cultivo ponen como límite para la obtención de productividades rentables, considerando que la ubicación geográfica de las zonas de producción afecta el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite mediante la influencia que ejerce sobre los factores ecológicos determinantes de las condiciones climáticas. La longitud de un hábitat no tiene significación eco-fisiológicos sobre el clima, mientras que la latitud es muy importante, ya que **afecta el comportamiento anual de la radiación solar, temperatura ambiente y precipitación pluvial de una región.**

La zona norte de Centro América, donde se concentra más de la mitad del área plantada en CA y México, se presentan importantes fluctuaciones mensuales y anuales en la productividad de campo, tasa de extracción de aceite y una marcada estacionalidad en la producción, debido principalmente a los factores anteriormente mencionados, pero a pesar de estas limitantes tenemos a Guatemala como referente mundial de producción de racimos de fruta fresca (rff)/ha al igual que excelentes extracciones. Obteniendo productividades de 5.6 Tm de aceite crudo (acp)/ha como media nacional; la mejor a nivel mundial.

Ilustración 3. Productividad de RFF promedio en Latinoamérica

Productividad promedio nacional tRFF/ha
Países productores de América Latina



Fuente: Elaborado por GREPALMA, con información de Oilworld, 2021; FEMEXPALMA,

2021; FEDEPALMA, 2021; PROPALMA, 2020.

4. Gremiales del sector palma aceitera en la Ecorregión

México

Federación Mexicana de Palma de Aceite (FEMEX-PALMA): Fundada en el 2016 por productores y empresas líderes de la agroindustria en el sector palmero mexicano, FEMEXPALMA agrupa y representa a los dos primeros eslabones de la cadena del aceite de palma: Palmicultores y Extractores.

Guatemala

Gremial de Palmicultores de Guatemala (GREPALMA): Se estableció en el año 2008, como una asociación no lucrativa que reúne a los pequeños, medianos y grandes productores de palma de aceite de Guatemala y que unieron esfuerzos visualizando a la palmicultura sostenible como una opción viable para generar oportunidades y contribuir con el desarrollo de la nación. La gremial enfoca su trabajo en 4 áreas operativas:

- (i) fortalecimiento de capacidades;
- (ii) fomento de alianzas estratégicas;
- (iii) ejecución de programas y proyectos sectoriales; y,
- (iv) generación de información y estadística sectorial.

Honduras

La Asociación Industrial de Productores de Aceite de Honduras (AIPAH): La AIPAH es una organización de Primer Grado, de responsabilidad limitada y duración indefinida que se rige por la Legislación del Sector Social de la Economía de Honduras. La Asociación está conformada por nueve socios, actuando en la figura jurídica de organización sin fines de lucro, cuyo objeto (según sus Estatutos) es proporcionar una red para facilitar armonía entre las iniciativas existentes de las distintas organizaciones, agroindustria de productores de Aceite Palma Africana y sus derivados, orientadas a la unificación del Sector Palmero en Honduras, su ordenamiento y fortalecimiento integral, identificando los vacíos donde se requieran nuevas iniciativas y promoviendo la movilización de los recursos necesarios para satisfacer el bien común entre todos los agremiados.

Federación Nacional de Productores de Palma Africana de Honduras (FENAPALMAH): Fundada el 02 de septiembre del 2002 por La Secretaría de Industria y Comercio, bajo las normativas de la ley y reglamento del Sector Social de la Economía, para la unificación de los productores de palma africana. Aglutina aproximadamente 5,100 productores, distribuidos en 5 asociaciones de base que cuentan con una extensión de 70,000 hectáreas de palma, trabajando arduamente en alcanzar certificaciones ambientales sostenibles. También cuenta entre sus miembros 5 plantas extractoras, tres de ellas con certificaciones internacionales de sostenibilidad ambiental.

Ilustración 4. Impactos de descargas en la ecorregión

Descargas y Vertidos en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano

El exceso de toxinas, nutrientes agrícolas, químicos, metales pesados y demás patógenos provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias en las cuencas, ponen en riesgo el ecosistema de la cuenca y los arrecifes de coral.



Las descargas de aguas mieles del proceso de despulpado y retiro de mucílago en los beneficios húmedos de café, vertidos en aguas superficiales afectan negativamente la calidad de las aguas.



La erosión de los suelos debido a la deforestación vierte materiales de sedimento en los afluentes que afectan la calidad del agua y pueden obstruir el cauce de los ríos.



Los vertidos industriales que exceden el máximo permitido, generan un deterioro que disminuye la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.



Las zonas turísticas a lo largo de la ecorregión del SAM requieren una armonización en sus descargas a la costa para disminuir el impacto negativo en el ecosistema marino.



Los nutrientes disueltos (fósforo y nitratos) de origen agrícola que alcanzan los cuerpos de agua por escorrentía o erosión, causan la destrucción del ecosistema en los ríos por falta de oxígeno disuelto en el agua.



Las descargas de alcantarillas y aguas negras no tratadas correctamente y vertidas en los ríos, reducen la capacidad de uso y calidad del agua para la vida marina en las costas.

Acciones:
El proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R) impulsa:

- Políticas hídricas que favorezcan el enfoque "de la cuenca al arrecife".
- Armonización de estándares de calidad de aguas residuales que drenan hacia el sistema arrecifal.
- Gestión de conocimiento en el manejo de plantas de tratamiento para impulsar buenas prácticas en los sectores doméstico, agrícola, industria y turismo para disminuir el impacto en los arrecifes de coral.

Las descargas directas a las aguas en la zona de la costa tienen un efecto dañino sobre el ecosistema marino, reduciendo su capacidad de regeneración y resiliencia.



Aguas negras y grises no tratadas



Aguas de lastre

Principales contaminantes del arrecife provenientes de las descargas

Nutrientes de fertilizantes

Toxinas

Patógenos

Sedimentos de suelo

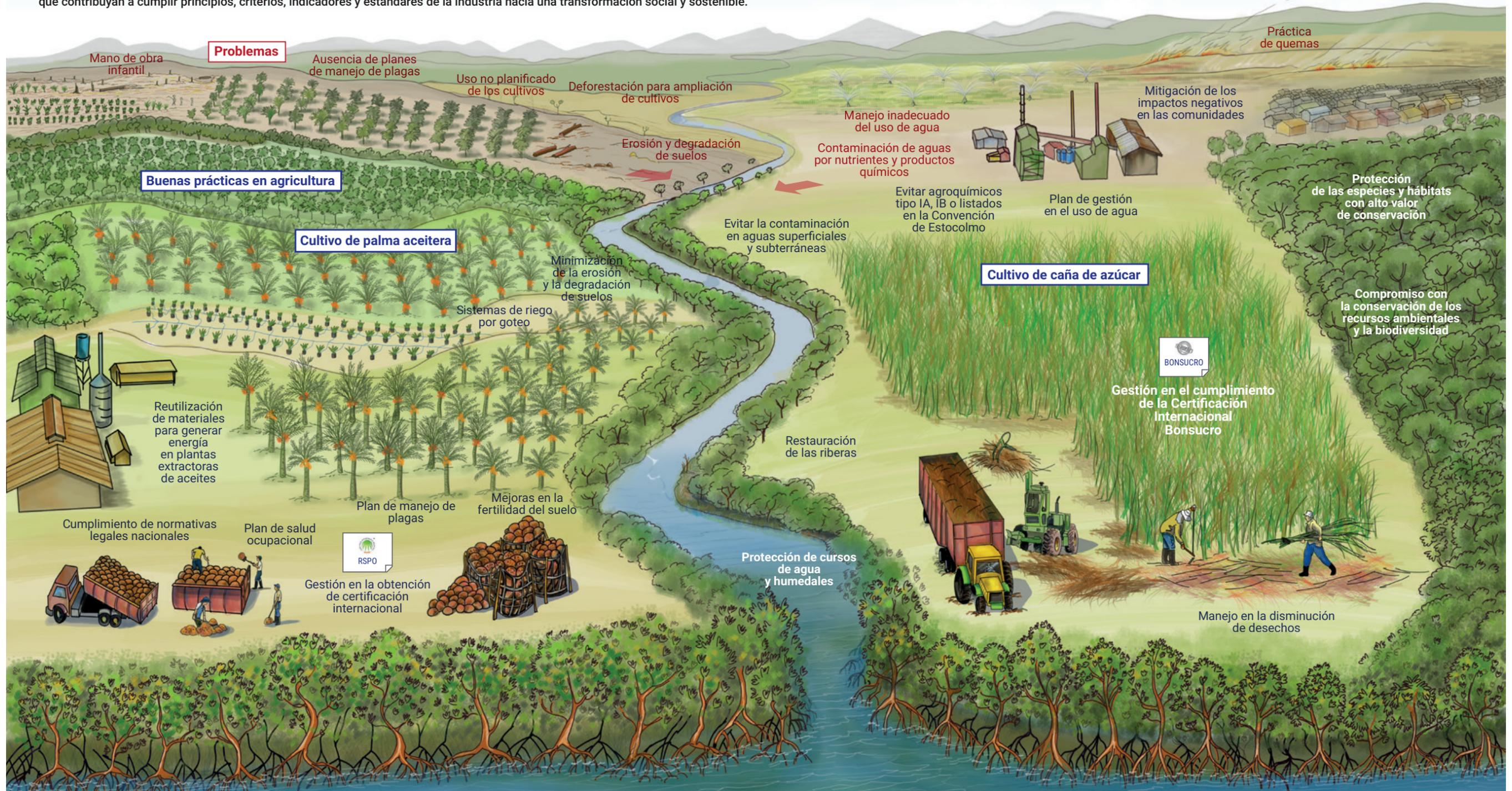
Arrecifes de coral

Ilustración 5. Ejemplos de buenas prácticas a implementar en la ecorregión

Buenas Prácticas en la Industria de la Agricultura

Cultivo de caña de azúcar y palma aceitera en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano

El proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R/CCAD/GEF-WWF) colabora con la difusión y capacitación de buenas prácticas en la agricultura, y con la realización de estudios de alto valor de conservación que contribuyan a cumplir principios, criterios, indicadores y estándares de la industria hacia una transformación social y sostenible.



5. Las buenas prácticas en el cultivo de palma aceitera

Las buenas prácticas agrícolas son todas aquellas medidas que se deben implementar en la producción de un cultivo y que tienen por objetivo asegurar que el alimento sea inocuo para el consumidor y al mismo tiempo incluyen las medidas para la protección del medio ambiente, la salud, la seguridad y mejora las condiciones laborales de todas las personas involucradas en la cadena de valor.

Las iniciativas para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en Palma de Aceite están buscando soluciones con las cuales se puedan cerrar las brechas en el rendimiento para mejorar productividad y rentabilidad, con un enfoque sostenible. En este y otros cultivos, las buenas prácticas agrícolas no solo buscan el producir mayor cantidad y calidad en alimentos con una relación costo beneficio positiva, sino que también se convierten en un aliado para la manutención y protección ambiental, condiciones laborales y buenas relaciones comunales.

Como es del conocimiento, la expansión del cultivo ha traído consigo el cambio en el uso de la tierra y las prácticas agrícolas inadecuadas, causan sedimentación y contaminación, que a su vez afectan la calidad del agua dulce de los ríos que se origina en las montañas y en los acuíferos de tierras bajas y que se dirige hacia las costas y el mar.

Debido a esto es necesario realizar acciones que garanticen una producción sostenible sin fomentar el avance de la frontera agrícola. El énfasis, por lo tanto, debe estar en la adopción e implementación de buenas prácticas, pero también en la creación de plataformas y planes de acción regionales; en el apoyo a

pequeños productores para la adopción de prácticas de producción sostenible y libre de deforestación; en la implementación de esquemas de certificación y trazabilidad que garanticen una producción libre de deforestación y en fomentar la comercialización de productos diferenciados en mercados nacionales e internacionales.

En este contexto, se propone la elaboración de guías de BPA regional que debería presentar una serie de recomendaciones teóricas y prácticas sobre el manejo del cultivo, enfocándose en la necesidad de promover sistemas de producción que sean sostenibles, tanto ambientalmente, económicamente y socialmente. Además, recopilar una serie de buenas prácticas de la actividad que se desarrollan en los países de la Ecorregión, basadas en revisiones bibliográficas y en las experiencias nacionales, buscando que la actividad de palma contribuya con el mantenimiento o mejora de la calidad del ambiente, mejore la producción, reduzca los costos, aumente las utilidades para los productores y sean socialmente aceptadas en la cadena de valor.

Aunque las guías son de carácter general, están dirigidas especialmente a gestores de grupos de productores independientes o equipos de gestión en las empresas, como material de apoyo a utilizar en las capacitaciones. Se presentan temas y enfoques técnicos que necesitan de metodologías de aprendizaje específicas, por ejemplo, charlas demostrativas en días de campos de la filotaxia y medidas de crecimiento; identificación en el campo de plantas melíferas atrayentes de entomofauna benéfica, etc. Ello dará mejor comprensión al tema.

6. Aspectos clave para la sostenibilidad a tomar en cuenta en el desarrollo de la guía

Manejo sostenible de tierras

Es un modelo de trabajo adaptable a las condiciones de un entorno específico, que permite el uso de los recursos disponibles en función de un desarrollo socio económico que garantice la satisfacción de las necesidades crecientes de la sociedad, el mantenimiento de las capacidades de los ecosistemas y de recuperación de distorsiones causadas por fuerzas externas, por el estrés continuo o por una perturbación mayor.

Gestión integral del recurso hídrico

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) constituye el paradigma actual de la gestión del agua a nivel mundial, haciéndose explícito en políticas nacionales para la gestión del agua a nivel global. La gestión integral del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas. Este concepto ha evolucionado pasando por diversas etapas de desarrollo; sin embargo, sigue pendiente la elaboración de una propuesta universalmente consensuada de definición y conceptualización.

Mitigación al cambio climático

La mitigación del cambio climático se refiere a los esfuerzos para reducir o prevenir las emisiones de gases de efecto invernadero. Puede referirse al uso de nuevas tecnologías y energías renovables, al aumento en la eficiencia energética de equipos antiguos o el cambio en las prácticas de gestión o el comportamiento de los consumidores.

Las acciones de mitigación pueden ser tan complejas como un plan para una nueva ciudad, o tan simple como las mejoras en el diseño de una estufa.

Adaptación al cambio climático

La adaptación basada en los ecosistemas es una estrategia de adaptación al cambio climático que aprovecha las soluciones basadas en la naturaleza y los servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, la protección de los hábitats costeros, como los manglares, proporciona defensas naturales contra las inundaciones; la reforestación puede frenar la desertificación y recargar las reservas de agua subterránea en tiempos de sequía; y las masas de agua, como los ríos y los lagos, proporcionan un drenaje natural para reducir las inundaciones.

2. La palma aceitera, conociendo su entorno para el manejo sostenible



1. Aspectos relacionados al clima

La palma Aceitera o también Palma Africana, es un cultivo tropical procedente del Gofo de Guinea en África de donde se dispersó, llegando hasta las costas de América a través de barcos pilotados por portugueses tratantes de esclavos africanos quienes traían semillas de plantas, base de su alimentación, y entre ellas la palma africana.

En la actualidad es un cultivo cuyo producto, el aceite crudo de palma (ACP), es de gran aceptación en el mercado internacional, constituyéndose en el aceite vegetal más vendido por lo que es una excelente alternativa de negocios para productores agrícolas grandes o pequeños; lo anterior ha conllevado en los últimos 20 años, a un crecimiento acelerado del área cultivada con palma, especialmente en el oriente asiático en donde con las siembras realizadas han prácticamente duplicado el área existente a inicios del milenio.

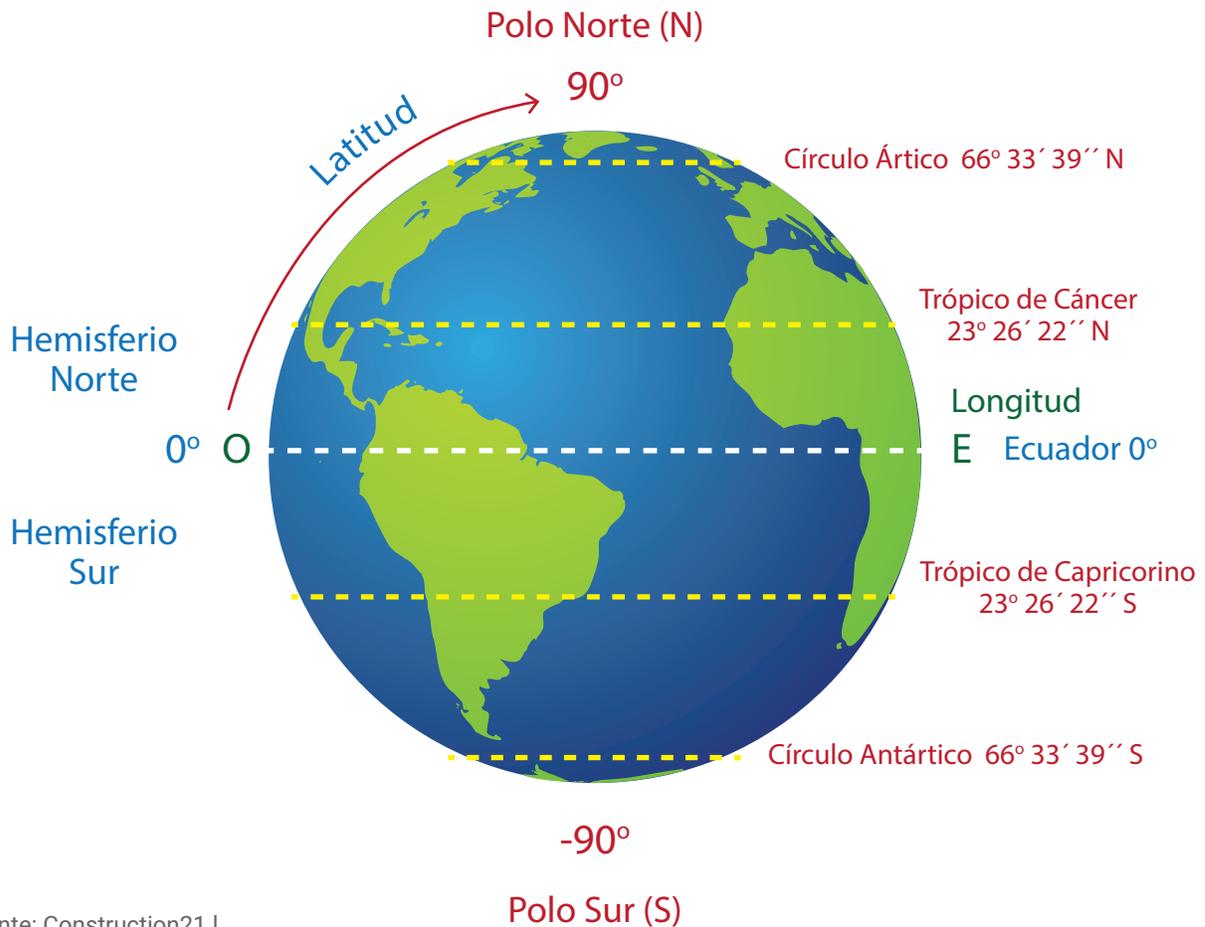
Considerando que la expansión del cultivo de palma de aceite podría conllevar al desplazamiento de bosques tropicales de gran biodiversidad (Gaveau *et al.*, 2014), las estrategias más convenientes para satisfacer la demanda global de aceite de palma son la obtención de mayores cifras de productividad junto con una expansión del área de siembra hacia zonas

previamente degradadas o intervenidas (Fairhurst & McLaughlin, 2009). Aumentar la productividad del cultivo no lleva, per se, a una reducción en las tasas de deforestación, a menos que se implementen políticas de apoyo adecuadas (Angelsen, 2019), por lo que esta medida se convierte además en un paso necesario para reducir la presión que ejerce la palmicultura sobre el suelo. Por lo anterior, se hace urgente contar con una comprensión y cuantificación robusta de los diferentes factores de producción que influyen en la productividad del cultivo, a fin de estimar el alcance de los programas en curso orientados a incrementar la productividad del cultivo y de los proyectos de siembra y renovación de siembras.

¿Que son los trópicos?

El Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio son latitudes al norte y al sur del Ecuador. La latitud es una línea invisible que recorre la circunferencia de la Tierra (como un anillo). Estas líneas están expresadas en grados: las latitudes van de este a oeste y se describen por su posición al norte o al sur del ecuador, donde el ecuador es 0° y los polos norte y sur son 90°.

Ilustración 6. Clima tropical, área comprendida entre el trópico de cáncer y trópico de Capricornio



Fuente: Construction21 |

¿Que Define el clima en los trópicos?

El clima se define por diferentes datos meteorológicos (temperatura, humedad, viento, presión, etc.). Las temperaturas y las precipitaciones son, pues, decisivas a este respecto y permiten definir grandes zonas climáticas.

El clima Tropical es el tipo de clima que se da entre los trópicos (Cáncer y Capricornio), hasta 14 grados de latitud norte y sur, y en el que la temperatura media mensual no baja de 18°C durante todo el año. Por definición, el clima tropical todavía se caracteriza por su humedad, que refuerza la sensación de calor. Así pues, son esencialmente las precipitaciones las que definen las estaciones del clima tropical.

Otras características del clima tropical son los vientos casi permanentes (llamados vientos alisios), especialmente en las costas, y la vegetación de bosques medianamente densos, praderas y sabanas.

Clasificación Climática de Köppen

Creada inicialmente por el climatólogo alemán Vladimir Köppen en 1884 y revisada posteriormente por él mismo y por Rudolf Geiger, describe cada tipo de clima con una serie de letras, normalmente tres, que indican el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones. Es una de las clasificaciones climáticas más utilizadas debido a su generalidad y sencillez.

El sistema de Köppen se basa en que la vegetación natural tiene una clara relación con el clima, por lo que los límites entre un clima y otro se establecieron teniendo en cuenta la distribución de la vegetación. Los parámetros para determinar el clima de una zona son las temperaturas y precipitaciones medias anuales y mensuales, y la estacionalidad de la precipitación.

Tabla 2. Clasificación climática de Köppen

GRUPO A	CLIMAS TROPICALES (Clasificación climática de Köppen) Húmedos, ningún mes con temperaturas medias inferiores a 18°C	
Af: Ecuatorial	Cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones. Es el clima de la selva lluviosa.	Se da en el ecuador hasta los 10° de latitud, hasta los 25° en algunas costas orientales. Es el clima de la cuenca Amazónica, cuenca del Congo o parte de la zona Indo-malaya en Asia, el de la faja costera del Litoral Atlántico, desde Panamá hasta Cancún.
Am: Monzónico	Cálido todo el año, con una estación seca corta seguida por una húmeda con fuertes lluvias. Es el clima de los bosques monzónicos.	En el oeste de África y sobre todo en el sudeste asiático es donde mejor está representado este clima: Tailandia, Indonesia.
Aw: Sabana	Cálido todo el año, con estación seca. Es el clima propio de la sabana.	Este clima aparece conforme nos alejamos del ecuador, a continuación de la zona Af: Es el clima de Cuba, de amplias zonas de Brasil, del África tropical y de gran parte de la India, el de las llanuras de Campeche, Tabasco y Veracruz en México.

Fuente: <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm#:~:text=Divide%20los%20climas%20del%20mundo,subgrupo%20en%20tipos%20de%20clima>

¿Por qué es importante el clima en el cultivo de la palma aceitera?

El crecimiento, desarrollo y producción normales de la palma de aceite son, el resultado de las interacciones adecuadas de los principales recursos eco-fisiológicos de la zona de producción (radiación solar, precipitación, humedad relativa y suelos). Si en determinadas etapas de desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las palmas alterarán su desempeño productivo y la capacidad de resistencia al ataque de plagas y enfermedades.

La variación que se observa en los rendimientos de palma de aceite entre los diferentes años es un buen ejemplo de la dependencia que tiene la producción del clima, pero, en general, es relativamente poco lo que se conoce sobre el efecto de los factores ambientales sobre las distintas fases de desarrollo del cultivo.

La alta producción de biomasa que genera la palma aceitera africana es un indicativo de sus exigencias en cuanto a factores ecológicos. Las condiciones óptimas de suelo y clima se pueden definir como “aquellas donde la palma con un manejo adecuado expresa su potencial de producción”.

¿Cuáles son los requisitos del cultivo y la influencia de los distintos factores climáticos en la producción?

En la tabla 3 se resumen los requerimientos climáticos generales necesarios para el cultivo óptimo de la palma.



Tabla 3. Requisitos del cultivo y la influencia de factores climáticos en la producción

Factor	Requisito	Efecto en el Rendimiento	Referencias
Horas Sol	>5.5 horas/día o 2000 hr/año	<ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones a la productividad si < 5,5 h/día. • Una h/día adicional resulta en 15-20 kg adicionales de rff/palma/año en comparación con la productividad bajo condiciones de nubosidad. • Afecta la emisión de las inflorescencias, la fotosíntesis, la maduración de los racimos y el contenido de aceite en el mesocarpio. 	Hartley (1988) Kraalingen <i>et al.</i> (1989) Paramanathan (2003) Surre y Ziller 1963
rff = racimos de fruta fresca. hr= horas kg= kilogramos			
Radiación solar	Promedio de 15-23 mJ de radiación total m/día. ±450 a 500 calorías-g/cm ² al día	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementos modelados de 1,7-2,1 t rff/ha/ año por mJ m/día adicional. • Pérdida de rendimiento modelada de 15-20 % después de una reducción de 15 a 2 mJ m/día de radiación total durante dos meses debido a condiciones de niebla. • Afecta la tasa de extracción de aceite 	Paramanathan <i>et al.</i> (2000) Henson (2000) Goh (2000) Caliman <i>et al.</i> (1998) Kraalingen <i>et al.</i> (1989)
Caloría. = cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en 1°C. mJ = mili Julio = El julio es una unidad del Sistema Internacional que se emplea para medir el trabajo, el calor y la energía t rff = toneladas de racimos de fruta fresca.			
Temperatura	Temperatura Media entre 26 °C y 28°C Mínima >21°C Máxima <32°C	<ul style="list-style-type: none"> • Fuertes reducciones no definidas en el rendimiento a un promedio de temperatura mínimo mensual inferior a 18-19 °C. • Crecimiento de las plántulas inhibido a 15 °C, siete veces más lento a 17,5 °C y tres veces más lento a 20 °C con respecto a 25 °C. • Periodo inmaduro prolongado hasta 1 año más en condiciones frías. • Afecta la maduración del fruto • Temperaturas altas produce cierre de estomas y como consecuencia reducción de la fotosíntesis. 	Hartley (1988) Henry (1958) Olivin (1986)
°C = Grados Celsius, unidad vigente termométrica en el Sistema Internacional de Unidades; anteriormente grados Centígrados.			
Precipitación pluvial	>2000 mm/año <3 meses con lluvias menores de 100 mm/mes	<ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento reducido con precipitaciones de < 2.000 mm/año o > 3.500 mm/año. • Reducciones en relación con el déficit de agua: • Ninguna si el déficit es menor al umbral de 50-200 mm/año, dependiendo de otras condiciones locales. • Pérdida de 10-20 % por un déficit de 100 mm fuera del umbral. • Reducción exponencial hasta < 10 t rff/ ha/año con un déficit de > 500 mm 	Dufrène <i>et al.</i> (1990) Hartley (1988) Paramanathan (2003) Goh (2000) Olivin (1986)
mm = milímetros			

Fuente: Adaptado de Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2018). Brechas de rendimiento en el cultivo de palma de aceite: una revisión cuantitativa de factores determinantes (Carlos Arenas, trad.). Palmas, 39(1), 16-68.

2. Conocer la palma aceitera para lograr su sostenibilidad

Origen

Hay indicios fósiles, históricos y lingüísticos del origen africano de la palma de aceite. Se ha supuesto, además, basándose en la evidencia de un análisis hecho por Friedel, que la grasa encontrada en un jarrón de una tumba en Abydos, Egipto (alrededor de 3,000 años A. C.) pudo haber sido de aceite de palma.

Ilustración 7.
Ejemplo de una palma aceitera



Fuente: Fotografía tomada por LG consultorías

Clusius (1,605) expuso que la palma se encontraba en la costa de Guinea y que el fruto, después de añadirle la harina de cierta raíz era usado por los portugueses de Saint Thomé, Islas Vírgenes, para alimentar a sus esclavos durante todo el viaje a América; Sloane (1,696) informaba que las palmas de aceite de Jamaica vinieron de Guinea; Miller, en su *Gardners Dictionary* de 1,768; expresaba que los negros habían llevado frutos de la palma de aceite desde África hasta América, no hay descripciones antiguas de la palma de aceite que provengan del Brasil.

La palma aceitera no tolera mantos freáticos permanentemente altos en suelos impermeables, pero pa-

rece ser tolerante en su lugar natural a mantos freáticos fluctuantes y al agua en movimiento en suelos arenosos o limosos, cerca de los cauces fluviales. En pocas palabras, parece lo más probable que las palmas de aceite crecen naturalmente cerca de los ríos, en donde estarán sujetas a menor competencia de la flora selvática, por lo tanto, penetrará más luz y donde habiendo mucha humedad, ésta no es excesiva para la planta.

Etimología¹

Elaeis: nombre genérico que deriva del griego Eleia = "oliva" por sus frutos ricos en aceite- *guineensis*: epíteto geográfico que alude a su procedencia de su zona de origen en Guinea, África.

Taxonomía²

Reino: Plantae

Familia: Arecaceae

Subfamilia: Coryphoideae

Género: *Elaeis*

Especie: *E. guineensis* Jacq. 1897

Botánica

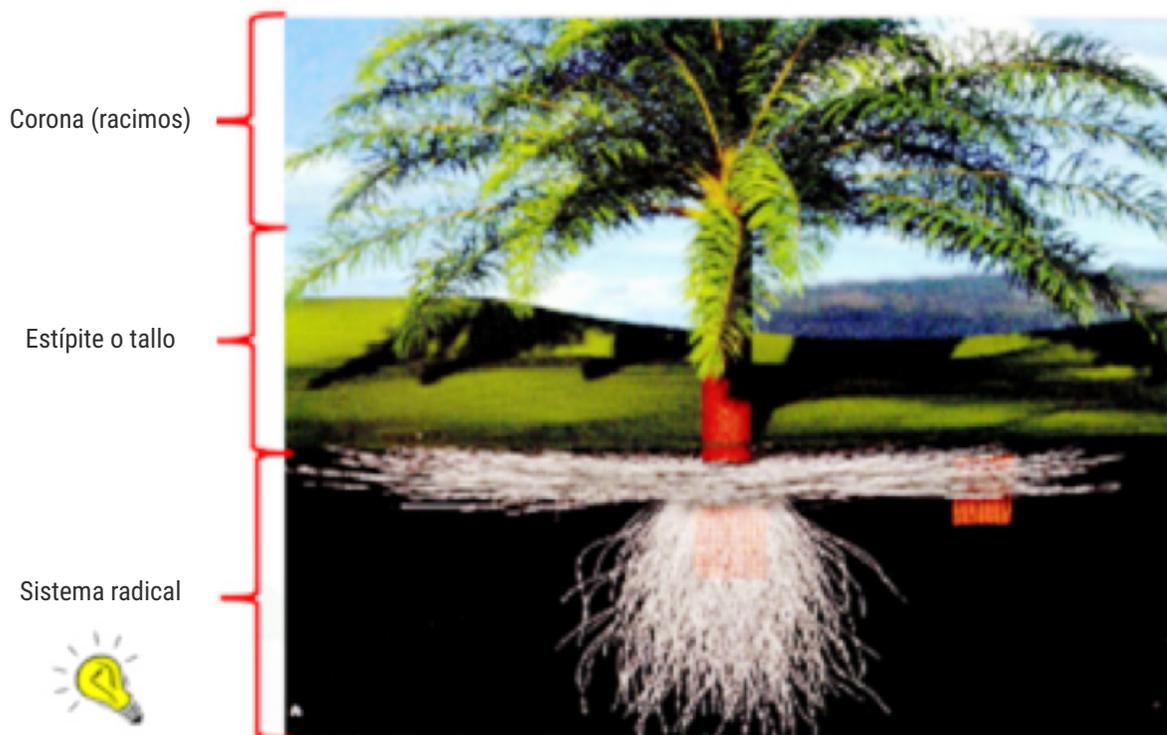
Descripción Botánica

Palmera monoica (ciclos femeninos y masculinos alternos de manera que no ocurren autofecundaciones) con tronco solitario de 10 -20 metros de altura y 30-60 cm de diámetro con cicatrices de las hojas viejas. Hojas pinnadas de 7a 9 metros de longitud después de 8 años, con 200-150 pares de folíolos de 50-100 cm de longitud. Se insertan en el raquis en varios planos, dándole a la hoja aspecto plumoso, de color verde en ambas caras. Pecíolo de 1-1.5 m de longitud con los folíolos de la base convertidos en espinas y con fibras. Inflorescencia corta pero muy densa, de 10-30 cm de longitud. Frutos ovoides, muy abundantes, en racimos con brácteas puntiagudas. Son de color rojizo y de hasta 4 cm de diámetro.

¹ Etimología. Estudio del origen de las palabras individuales, de su cronología, su incorporación a un idioma

² Taxonomía (del griego taxis, "ordenamiento", y nomos, "norma" o "regla") es, en un sentido general, la clasificación ordenada y jerárquica de organismos

Ilustración 8. Morfología de la palma aceitera



Fuente H Albertazzi

Es Alógama, pues su polinización es cruzada y además es una planta perenne. Se describe detalladamente cada una de sus partes a continuación:

Sistema Radical

- Las raíces de la palma aceitera están generalmente bajo el terreno a excepción de ciertas raíces adventicias de la base de la palma, no obstante, las raíces absorbentes en algunas oportunidades quedan expuestas por la erosión debido a la labranza del suelo. Las funciones principales de este órgano son:
 - » Absorción de agua y minerales del suelo.
 - » Anclaje del cuerpo de la planta.
 - » Translocación del agua y minerales al tallo y de algunos productos fotosintéticos más allá del tronco.
 - » Almacenamiento de oxígeno (aerénquima).
 - » Formación de reguladores de crecimiento (auxinas).

Ilustración 9. Sistema radical fasciculado monocotiledóneas

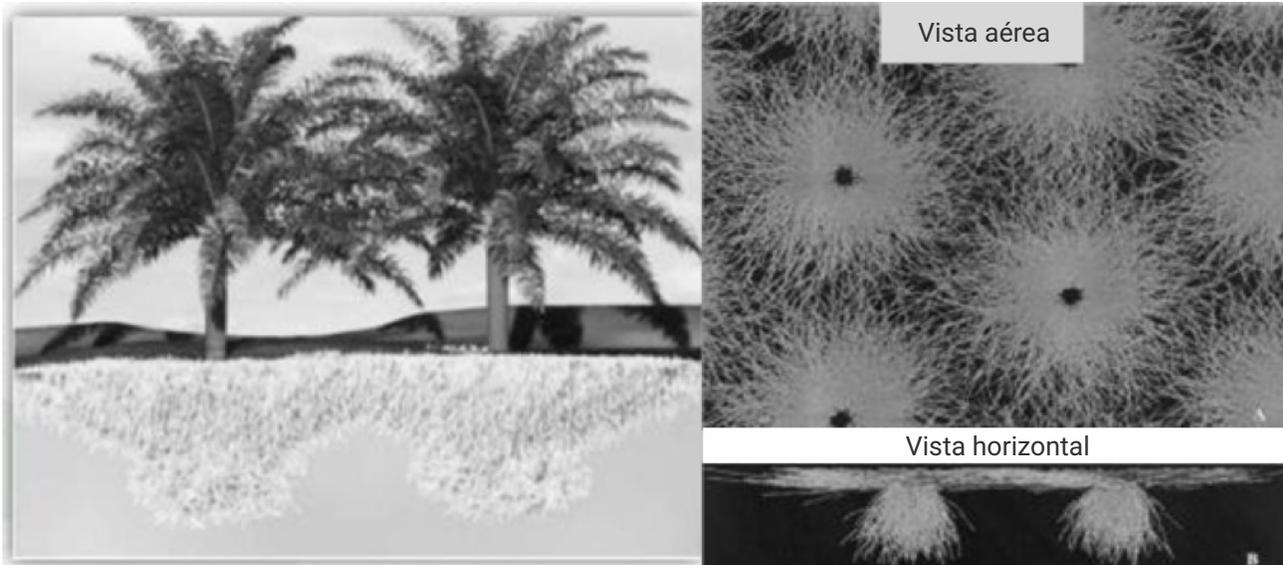


Fuente: A. Carmona

- **Sistema radical primario.** La radícula de una plántula de palma aceitera rápidamente es reemplazada por raíces primarias que se origina en la base de la lígula (li) (hoja modificada en forma de vaina que sirve de protección). Las raíces primarias más viejas se producen continuamente a partir de los nudos más bajos de la base del tronco. Las raíces adventicias también se producen a partir de los nudos más bajos del tronco, pero sobre el terreno. Generalmente, estas raíces se secan antes de que lleguen al suelo y por esta razón no son funcionales.

dos más bajos de la base del tronco. Las raíces adventicias también se producen a partir de los nudos más bajos del tronco, pero sobre el terreno. Generalmente, estas raíces se secan antes de que lleguen al suelo y por esta razón no son funcionales.

Ilustración 10. Modelación y simulación de la arquitectura y desarrollo del sistema radicular de la palma aceitera



Fuente: Jourdan y Rey. 1997. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. 2. Estimation of root parameters using the RACINES post processor. Plant and Soil 190(235):235-246

Ilustración 11. Inicio de la diferenciación de la plúmula (pl), futuro tallo y la radícula (ra), futura raíz



Fuente: P. Hormaza (2010)

En una palma adulta se diseminan hacia afuera (crecimiento radial) a partir de la base miles de raíces primarias. Cuando las raíces primarias más viejas mueren son reemplazadas inmediatamente por nuevas. La profundidad vertical del sistema radicular depende de las características físicas del suelo y especialmente de la profundidad de la tabla de agua.

El mayor volumen de raíces de la palma aceitera está en los 45 cm superficiales del suelo.

Las raíces primarias se encuentran a distancias superiores a los 19 m de cada palma.

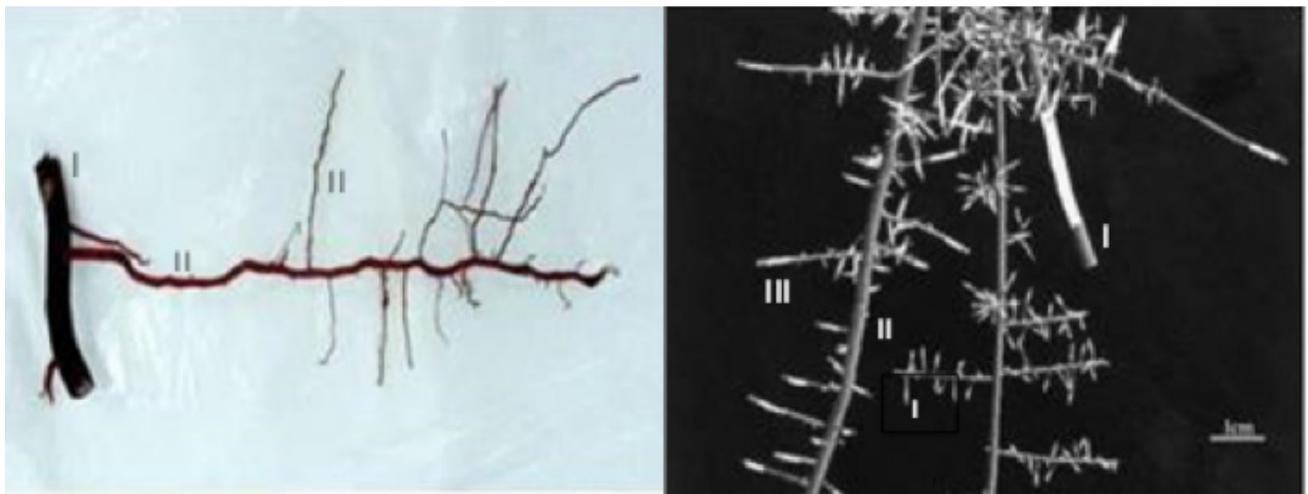
En suelos de tipo arenoso, sin problemas de drenaje, las raíces primarias se extendieron a gran profundidad.

Raíces primarias descendentes o verticales, son pocas en número, poseen escasas raíces secundarias, de características correosas, su función es únicamente de anclaje.

Raíces primarias radiales, son las que conforman el mayor número. Presentan una dirección más o menos horizontal y llevan en si la mayor parte de raíces secundarias.

Ilustración 12. Características del sistema radicular de la palma aceitera

Clasificación anatómica	Tipología	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Longevidad (meses)	Ramificación
Primarias (I)	horizontales	5	600	> 6	+
	verticales	6.5	2500	1 - 6	+
Secundarias (II)	horizontales	2	200	1 - 6	+
	geotropismo +	2.2	600	1 - 6	+
	geotropismo -	1.5	50	1 - 6	+
Terciarias (III)	superficiales	1	20	< 1	+
	profundas	1	10	< 1	+
Cuaternarias (IV)	---	0.5	1.5	< 1	-



Fuente: Adaptado de presentación Power Point, Rizosanidad y desempeño productivo de la palma aceitera, H. Albertazzi.

- **Sistema radicular secundario, Terciario y Cuaternario.** Las raíces secundarias parten de las primarias ya sea en forma ascendente o descendente. Tienen un diámetro de 2-4 mm y algunos metros de largo. Las raíces terciarias parten de las secundarias y tienen una posición más o menos horizontal, estas raíces terciarias tienen un diámetro que oscila de 0.7-1.2 mm y hasta los 15 cm de longitud. Las raíces cuaternarias parten de la terciaria y tienen de 0.1 - 0.3 mm de diámetro y hasta los 4 cm de largo.
- **Otras características.** La densidad total de raíces disminuye conforme aumenta la distancia del eje central de la palma, pero la densidad de raíces absorbentes se incrementa con la distancia del tallo, hasta un máximo de 3.5 m. La mayor parte de raíces y sobre todo de raíces absorbentes se localizan en los primeros 30 cm del suelo.

Todas las raíces muestran tropismo positivo hacia el agua y las fuentes de nutrientes.

Altas densidades de raíces cuaternarias se localizan en acumulaciones de materia orgánica en descomposición en la superficie del suelo. Las cantidades de raíces disminuyen en los centros fruteros o en cualquier parte que exista compactación del suelo.

- **Sistema radical en palmas inmaduras.** El desarrollo del sistema radicular en palmas jóvenes es de considerable importancia práctica, especialmente con respecto a la ubicación del fertilizante. La recomendación usual para localizar el fertilizante es en forma circular en palma jóvenes, sin embargo, la extensión del sistema radicular aumenta con la edad de la palma. La ubicación de las principales raíces “absorbentes” en palmas jóvenes aún no ha sido bien estudiado, aunque en los primeros años la mayor concentración radicular crece hasta la proyección de las hojas de la copa palma.

Ilustración 13. Palma Joven < de 3 años

Izquierda: Foto aérea del follaje de la palma.

Derecha: Simulación del crecimiento radicular, se proyecta hasta donde llegan las hojas



Tabla 4. Absorción de la solución del suelo (agua + nutrientes)

Tipo de Raíz	Superficie (m ² / ha ⁻¹)		Superficie Absorbente (%)	
	Total, de sistema radical	Zona de raíces absorbentes	Total (%)	% por tipo de raíz
RI	1887	119	1.86	6.28
RII	1445	122	1.91	8.44
RIII	1594	427	6.69	26.81
RLV	1461	812	12.71	55.58
Total	6388	1481	23.17	100

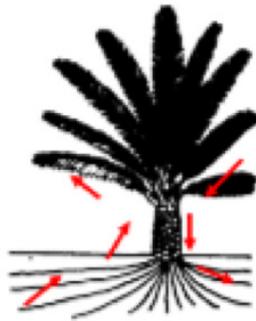
82.39

Fuente: Adaptado de presentación Power Point, Rizo sanidad y desempeño productivo de la palma aceitera, H. Albertazzi.

Se aprecia que más del 80% de la absorción de agua y nutrientes que la planta necesita para su desarrollo y producción está en función de las raíces terciarias y cuaternarias que están dispuestas en los primeros 30 a 40 cm del suelo y su desarrollo y eficiencia va a depender de las condiciones agrícolas del suelo (humedad, altura del nivel freático, compactación, etc.).

Ilustración 14. Esquema mostrando la relación raíz - parte aérea de la planta

- Parte aérea: fotoasimilados
- Raíces: agua, nutrientes, reguladores de crecimiento
- Fuente-Sumidero: raíces demandan hasta un 35% fotoasimilados



Fuente: Adaptado de presentación Power Point, Rizo sanidad y desempeño productivo de la palma aceitera, H. Albertazzi.

Reflexión

“Si abajo (raíces) está bien, arriba (follaje) estará bien”

¿Cómo percibes que está el sistema radical en tu parcela?

¿Conoces o has mandado a hacer un análisis físico químico de tu lote?

¿Está bien drenado o aireado tu suelo?, ya sea de manera natural o artificialmente;

¿Hay suficiente humedad para el crecimiento saludable de tu sistema radical?;

¿Tienes suficiente materia orgánica en tu suelo?

Factores que afectan un buen desarrollo y eficiencia radicular

- **Relacionados con el suelo.** En el módulo dedicado al suelo, se analiza todo lo concerniente al suelo en más detalle, pero todo aquello que limite la oxigenación del suelo afecta negativamente al desarrollo radicular y al de la planta en general.
 - » Compactación
 - » Nivel freático alto
 - » Suelos poco profundos (esqueléticos)
 - » Texturas extremas (gravosos o arcillosos)
 - » pH de los suelos
- **Relacionados con prácticas de cultivo.** Aplicación de agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas) de forma no racional. Periodos de producción altos (desbalances energéticos). Cantidad de Materia Orgánica en el suelo.

El Tallo (Tronco, Estípite o Estipe³)

El tallo de la palma aceitera posee un único eje columnar, el cual tiene las siguientes funciones:

- La translocación del agua, minerales y productos de la fotosíntesis.
- El soporte de las hojas y su disposición o arreglo característico y sistemático (filotaxia) para maximizar la intercepción de la luz (Richards y Schwabe 1969).
- El soporte de las inflorescencias masculinas y femeninas.
- En la palma de aceite, al igual que en otras palmáceas, el meristemo de crecimiento vegetativo está situado en una depresión en el ápice del tronco (Rees 1964),
- El almacenamiento de los fotosintatos⁴ y otros productos metabolitos⁵.

³ En botánica, el término estípite o estipe es el nombre que recibe la estructura de soporte que puede comportarse como un tallo en diferentes partes de una planta: El tronco de un árbol sin ramificación lateral, como en las arecáceas (palmas) y en los helechos arborescentes.

⁴ Productos químicos resultantes de la fotosíntesis.

⁵ Biología y química Cualquier molécula utilizada o producida durante el metabolismo.

Ilustración 15. Tronco de la palma sosteniendo hojas y racimos



Fuente: Dreamstime

El tronco requiere para su crecimiento de unos cuatro a seis años y se forma una vez ha ocurrido la mayor parte del crecimiento transversal del sistema de raíces. En los primeros dos años de crecimiento, el engrosamiento del tronco parece ser predominante, dando lugar a una base amplia que puede tener más de 60 cm de diámetro; después, el tronco se vuelve un poco más estrecho, de unos 40 cm de diámetro y el crecimiento en altura es más rápido. Normalmente, el tronco crece 35 a 75 cm cada año, dependiendo de las condiciones ambientales y el origen genético del material (Corley y Gray 1982).

Las bases foliares se adhieren al tronco durante (12-16 años). Cuando las bases empiezan a caer, se desprenden primero las de la mitad del tronco, quedando las secciones basal y distal con bases foliares.

La pérdida de las bases foliares no daña a la palma, y su pérdida temprana puede ser ventajosa en la determinación de la pudrición alta del tallo, la cual es una enfermedad que no puede observarse con bases foliares intactas.

Ilustración 16. Tronco desnudo de la palma, sin las bases peciolares



Fuente: Infoagro

Cuando las bases foliares caen se marca una cicatriz en el tronco. Sin embargo, estos nudos están marcados externamente por la base de la hoja, ya que no hay internamente ningún distintivo anatómico de la región del nudo.

Las palmas de la misma edad tienen variaciones de altura considerables.

Las plantas sujetas a déficits hídricos incrementan más lentamente su altura en comparación con aquellas que no tienen déficit.

La cantidad de luz solar que recibe una palma también afecta el incremento en la altura del tronco. En las palmas que crecen en la oscuridad de un bosque tropical, el desarrollo del tronco es muy lento; por otro lado, las palmas que crecen con poca luz solar debido al efecto de una elevada densidad de siembra

y competencia por la luz, se etiolan⁶ y la tasa de crecimiento es mucho mayor que la de las plantas en condiciones normales.

Generalmente el incremento de la longitud del tronco es de 30 a 60 cm/año, sin embargo, esto varía considerablemente entre los diferentes materiales genéticos y factores edafoclimáticos.

En un corte transversal del tallo de la palma aceitera se pueden observar las siguientes zonas concéntricas:

- **Peridermis:** constituida por células lignificadas y suberizadas de la periferia.
- **Corteza:** es una banda angosta de tejido parenquimatoso no especializado con fibras longitudinales.

- **Zona de esclerénquima periférica:** separando a la corteza y el cilindro central, se encuentra un complejo sistema vascular separado uno del otro por una capa angosta de tejido parenquimatoso. Esta zona forma el soporte mecánico principal de la palma.

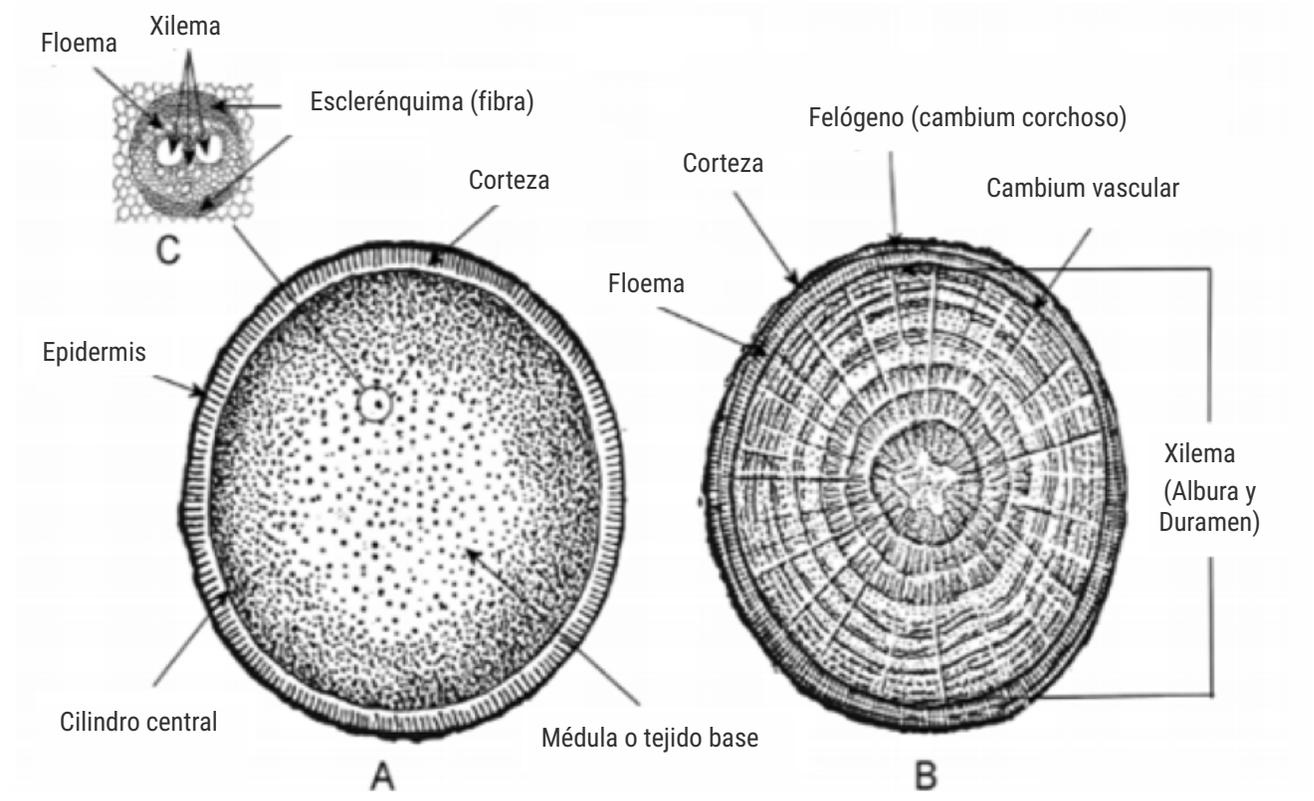
- **Cilindro central:** es la porción central del tallo, con un manajo de conductos vasculares ampliamente distribuidos hacia la parte interna, llegando a ser progresivamente más concentrada hacia afuera. La estructura y distribución de los conductos vasculares como se observa en un corte transversal del tallo están relacionadas con su trayectoria a través del tallo antes de que ellos salgan a los nudos como el tejido vascular de las hojas.

El tejido vascular de las raíces está insertado en el tejido vascular de la periferia de la base del tallo, por lo tanto, la corriente de la transpiración se completa desde el ápice de las raíces hasta las venas foliares.

Ilustración 17. Comparación de una palma (A) y un tallo de roble (B) en sección transversal, con detalle de un solo haz vascular de palma (C)

En las palmas no hay cambium vascular, y no hay anillos de crecimiento. Los haces vasculares están dispersos por todo el cilindro central, generalmente en mayor densidad en la periferia, y duran la vida de la palma.

La epidermis y la corteza a menudo se conocen como “falsa corteza”



Fuente: Ornamental Palm Horticulture

⁶ La etiolación es un proceso en plantas de flores cultivadas en ausencia parcial o total de la luz. Se caracteriza por tallos largos y débiles; hojas más pequeñas debido a entrenudos más largos; y un color amarillo pálido. Wikipedia

- **Región Meristemática o punto de crecimiento.** Es a partir de la región meristemática primaria que los primordios de las hojas y las flores se inician. Las células se colocan debajo del punto de crecimiento para el desarrollo del tallo en esta región. Es importante o crítico en el estudio del desarrollo de la planta detallar los eventos que ocurren en esta zona meristemática.

Ilustración 18. Región Meristemática o punto de crecimiento



Fuente: F. Sterling

A diferencia de otras plantas, el meristemo apical de las palmas está localizado en el centro de una depresión superficial del ápice del tronco. Es a partir de la región meristemática primaria que los primordios de las hojas y las flores se inician. Las células se colocan debajo del punto de crecimiento para el desarrollo del tallo en esta región.

Como se apuntó anteriormente, el meristemo apical de las palmas está localizado en el centro de una depresión superficial del ápice del tronco, esta depresión es el resultado de un método peculiar de crecimiento primario de las palmas en el cual el tallo virtualmente completa su crecimiento radial antes de que se produzca la elongación de los entrenudos.

La base-tubular del primordio foliar incrementa su diámetro, manteniendo su marcha con el incremento en diámetro de los nudos sobre la cual está inserta. Este crecimiento radial se logra por la actividad del meristemo radial primario el cual se continúa debajo de las bases foliares sucesivas. La división celular de este meristemo es muy grande en el plano tangencial y origina un incremento únicamente en diámetro. La elongación de los entrenudos se produce únicamente una vez que la actividad del primer meristemo radial cesa y las bases de las hojas casi han alcanzado su diámetro máximo; la expansión subsiguiente del tallo se debe a la expansión celular y no a la división de las células.

Las hojas

En una planta adulta, en la región cercana al meristemo, conocida como cogollo, se pueden encontrar hasta sesenta hojas en etapa de diferenciación y crecimiento. Desde la diferenciación de las hojas de palma de aceite en el meristemo apical hasta la etapa de senescencia pasan, aproximadamente, cuatro años y se consideran tres fases:

1. Fase juvenil, de 24 meses, donde la hoja se está desarrollando dentro del estípote;
2. Fase de crecimiento rápido, que dura más o menos cinco meses y se denomina hoja flecha (hoja cerrada), una estructura cilíndrica compuesta por el raquis al cual están estrechamente adheridos los folíolos y
3. Fase adulta, que va desde el despliegue de los folíolos hasta la senescencia (o poda) y cuya duración es de 20 meses (Cayón, 1999, Corley y Gray 1982).

El meristemo vegetativo produce hojas a una tasa más o menos constante que, en una palma adulta, es de 20 a 25 por año. Sin embargo, esta actividad del meristemo puede variar con la edad y origen genético de las palmas y con las condiciones ecológicas en las que se desarrollan. Así, la tasa de emisión foliar aumenta rápidamente en palmas jóvenes hasta alcanzar su actividad máxima hacia los siete años (30 a 34 hojas por año), y las palmas Dura producen menos hojas que las Tenera y éstas menos que las Piscifera. Para un mismo origen genético se ha observado que la emisión de hojas es menor en las regiones de baja precipitación. Durante la fase de crecimiento rápido se requiere de una gran cantidad de agua y de elementos minerales, siendo la palma de aceite muy sensible a la sequía. La fase juvenil es menos influenciada por las condiciones externas, y durante la estación seca se producen las hojas que luego, al comenzar las lluvias, se expanden y crecen normalmente. Estas variaciones temporales son muy importantes porque se reflejan e inciden posteriormente en la producción de inflorescencias y en la producción (Surre y Ziller 1969).

El crecimiento de un cultivo como la palma de aceite depende, fundamentalmente, del desarrollo progresivo de su área foliar, lo cual le permite utilizar más eficientemente la energía solar para la fotosíntesis. La producción está influenciada por el tamaño, forma, edad, ángulo de inserción, separación vertical y arreglo horizontal de las hojas. Sin embargo, la producción final no depende sólo de la capacidad de realizar fotosíntesis que tienen las plantas, sino también

Ilustración 19. Dosel foliar de la palma aceitera



Fuente: Foto de LAG Consultoría

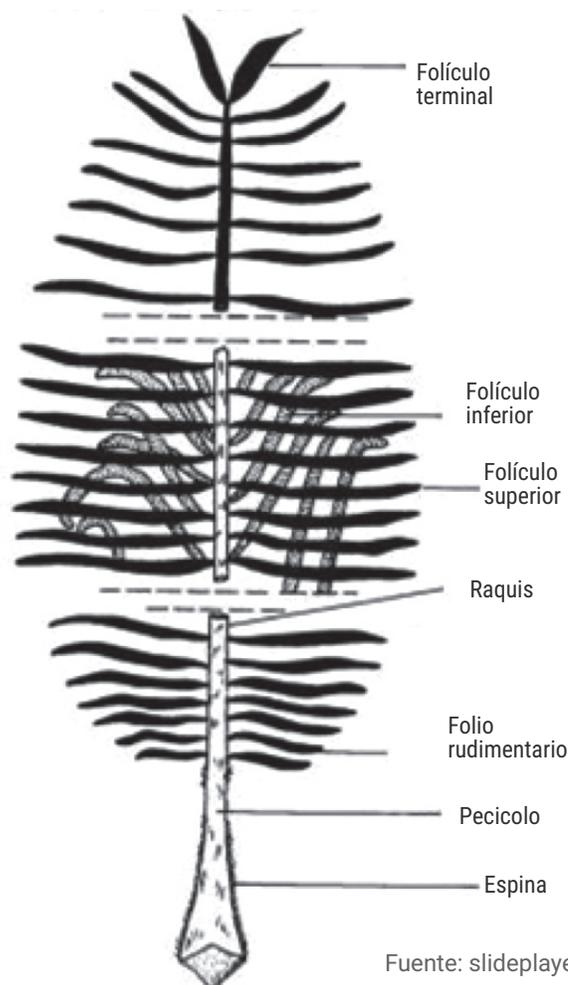
de la habilidad de transportar y almacenar los carbohidratos y otros compuestos en los frutos, granos u otros recipientes de la producción. La producción de materia seca por cualquier órgano de una planta depende de la radiación solar interceptada por las hojas, de la eficiencia que la planta tenga para utilizar esa luz en la fotosíntesis y de la proporción de los foto-asimilados que sean distribuidos hacia el órgano considerado (índice de cosecha).

Morfología de la hoja. En una hoja de palma se pueden distinguir 3 zonas: la base de la hoja, que una vez cortada queda adherida al tronco; la del peciolo, que se encuentra rodeado por espinas cortas de base gruesa con aproximadamente 1,5 cm de longitud, algunas terminan en una fibra corta de hasta 5 cm; y la zona de la lámina, compuesta por los foliolos (alcanzan un número entre 250 y 300) y un eje central denominado raquis, al cual están adheridos.

El peciolo. Está constituido por una masa de tejido vascular y de fibras de soporte, tiene que ser extremadamente fuerte para sostener el gran peso de la hoja (de 18 a 22 kg) a distancias superiores a los 8 m a partir del tallo. El doblamiento de la base o de la región del peciolo es muy común, especialmente en las palmas de hojas muy largas durante la estación seca.

La longitud de los peciolos varía considerablemente de acuerdo con el tipo de material genético ya que son considerablemente largas en *E. oleífera* y en los híbridos (OxG). Los márgenes de los peciolos contienen espinas fibrosas, las cuales se derivan morfológicamente de las fibras de la envoltura foliar.

Ilustración 20. Partes de la hoja



Fuente: slideplayer.es

Ilustración 21. Corte transversal del peciolo



Fuente Grepalma

La superficie adaxial (superior) del peciolo es convexa, pero es menos pronunciada que la superficie abaxial (inferior); y donde el pedúnculo de la hoja y el raquis se unen con el peciolo, cambia la forma del área transversal del peciolo.

El Raquis. Tiene insertos los folíolos a cada lado, basalmente están colocados sobre una superficie aplastada y distalmente sobre una superficie más redondeada

Los folíolos se disponen en dos planos a cada lado del raquis, dándole una apariencia “emplumada” a la hoja, en contraste con la apariencia más regular de la hoja de *E. oleífera* en la cual los folíolos se distribuyen en un solo plano.

Los folíolos sucesivos se alternan en los planos superior e inferior más o menos en una forma ordenada.

Los folíolos más largos se encuentran cerca del punto medio del raquis con folíolos distales cortos y folíolos vestigiales en la base.

Cada folíolo tiene una protuberancia basal en el punto de inserción a partir del cual la vena del folíolo se extiende.

En la base del raquis los folíolos son vestigiales con poca o ninguna lámina foliar. La protuberancia base termina en una espina aguda.

Filotaxia. Es el arreglo de las hojas alrededor del ápice del tronco; es una función del meristemo apical el cual forma parte del tallo. (Anón, 1961; Henry, 1955)

Este arreglo preciso de las hojas alrededor del tronco es extremadamente importante en la determinación de la estructura del dosel foliar y la capacidad de la planta para interceptar la luz.

En las palmas adultas después de 8-10 años de edad, cuando se logra el máximo de área foliar por hoja, la radiación solar y la intercepción de la luz generalmente son los principales factores que limitan el rendimiento, cuando las plantas están sembradas a una densidad óptima.

Los primordios foliares sucesivos están situados en posición ya sea a favor o en contra de las manillas del reloj con un ángulo alrededor de los 137.5° a partir del primordio anterior. Si se consideran tres ciclos completos alrededor del tronco, esto coloca a la hoja No. 9 aproximadamente en la misma posición (abajo) de la primera hoja:

$$137.5^\circ * 8 = 1100^\circ$$

$$1100^\circ / 3 \text{ círculos} = 366.67^\circ$$

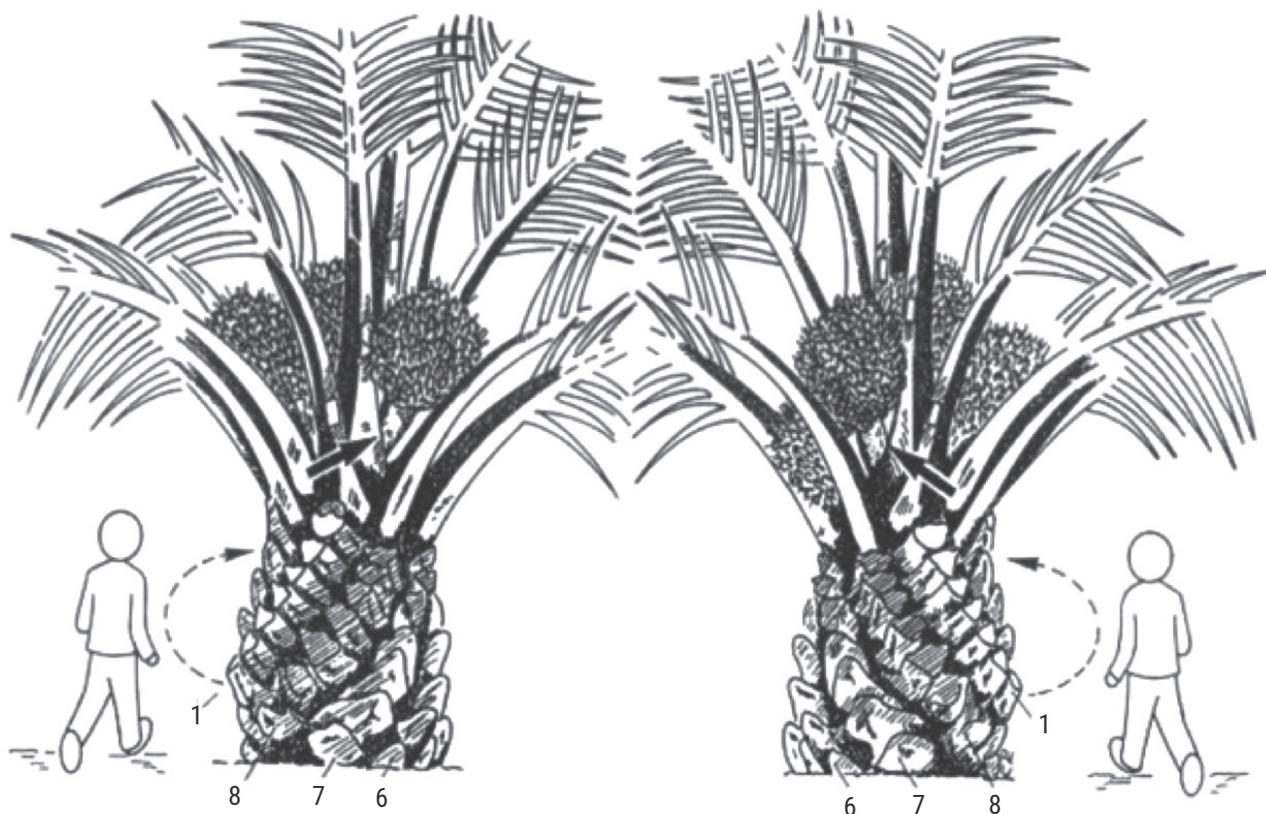
$$366.67^\circ - 360^\circ = 6.67^\circ$$

Ilustración 22. Imagen de la hoja de la palma aceitera



Fuente F. Sterling

Ilustración 23. Imagen izquierda. Filotaxia derecha. Imagen Derecha. Filotaxia Izquierda



Fuente: F. Sterling

La diferencia de 6.67° provoca una espiral de hojas, la cual incluye cada novena hoja, un total de 8 espirales separadas localizadas alrededor del tronco.

Al observar las palmas, muchas exhiben una filotaxia derecha, es decir, que la espiral superior comienza desde la derecha y termina en la parte inferior hacia la izquierda y, otras, cuyo arreglo es opuesto a lo descrito anteriormente, es decir que la filotaxia es izquierda.

Aplicaciones prácticas de la Filotaxia. Conociendo como se ordenan las hojas alrededor del tronco podemos derivar aspectos importantes en el desarrollo del cultivo como, por ejemplo:

- tasa de emisión foliar o sea el número de hojas que produce la palma en un periodo de tiempo, normalmente 1 año;
- determinar medidas de crecimiento de la palma;
- poder determinar de manera rápida y objetiva si el nivel de poda es el adecuado;
- determinar el nivel de nutrición foliar de la palma mediante técnicas de muestreo foliar.

A continuación, se describen parámetros foliares y como obtenerlos y su aplicación agronómica para evaluar el desarrollo del cultivo en una zona específica tomando en consideración que el entorno de clima, suelo, material genético y prácticas agronómicas empleadas son determinantes en el desempeño productivo de la palma.

- **Numero de hojas verdes o tasa de emisión foliar.** Las hojas son la fábrica de carbohidratos en la planta, por lo tanto, conocer el número de hojas puede emplearse para conocer el área foliar de la palma e identificar puntos críticos en el manejo de la plantación.

Antes de iniciar el conteo del número de hojas, es necesario identificar el sentido en el que gira el espiral.

Para conocer el número de hojas nuevas emitidas por período de tiempo, usualmente expresado en hojas/mes u hojas/año, su medición es lograda en mejor forma pintando el peciolo de la hoja No. 1 (esta es la primera hoja completamente abierta en el centro del cogollo), cada seis meses exactamente y contando las hojas producidas en ese intervalo.

Ilustración 24. Hoja #1



Fuente Grepalma

A partir de la hoja 1 se inicia con el conteo, en la dirección de la espiral de hojas. Las hojas pueden ser agrupadas en coronas, una corona es un grupo de ocho hojas que se sitúan en el mismo nivel. Cada corona se identifica con el número de hoja en el que inicia la corona, por lo que en una palma de 49 hojas se forman 7 coronas: la corona de la hoja 1, 9, 17, 25, 33, 41 y 49.

La tasa de emisión de hojas es sensitiva al estrés y es un buen indicador de la condición de la planta, en vivero y sus etapas iniciales en el campo, pero no en palmas adultas.

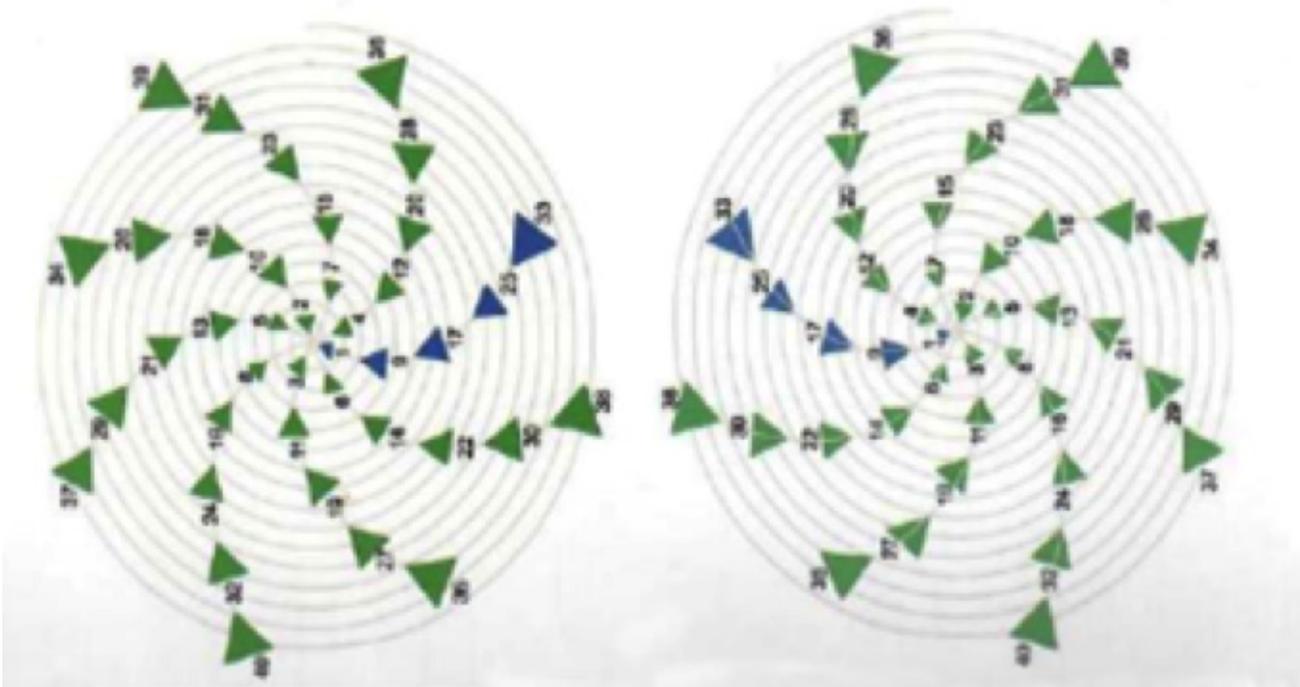
Este parámetro es afectado por:

- » Edad de la palma.
 - » Clima (especialmente precipitación).
 - » Competencia por luz.
 - » Nutrición.
 - » Castración.
 - » Defoliación.
 - » Características genéticas de la palma.
- **Conteo de hojas verdes.** Para este parámetro, todas las hojas verdes en cada una de las 8 espirales deben ser contadas, con la metodología descrita anteriormente.

El número de hojas verdes es requerido para estimar el área foliar de una palma, el índice de área foliar, la tasa de asimilación neta y la relación del área foliar. Desafortunadamente, este parámetro es muy afectado por el estado de la poda de las palmas y el número de hojas cortadas durante la cosecha.

El parámetro biológico que el número de hojas verdes trata de medir, es la senectud de las hojas.

Ilustración 25. Filotaxia



Filotaxia derecha e izquierda de la palma de aceite (Fairhurst, Caliman, Hardter & Witt, 2005).

La secuencia o la duración de las hojas son afectadas por el nivel de competencia por la luz, las deficiencias minerales y los factores genéticos.

- **Largo de la fronda (hoja).** Este es medido en centímetros o metros desde la base de la hoja hasta el ápice del raquis.

El largo de la fronda tiene dos componentes: el largo del pecíolo y el largo del raquis. El largo de peciolo se toma a partir del tronco y la inserción del primer foliolo verdadero, los foliolos verdaderos son todos aquellos que poseen lámina foliar. Para facilitar la identificación del peciolo se puede describir como la parte de la hoja que está provista de espinas; El largo de raquis o sea la parte de la hoja que le proporciona sostén a los foliolos. La medida se puede realizar con cinta métrica, desde el primer foliolo verdadero hasta la parte apical de la hoja en la unión de los foliolos terminales.

Es aconsejable medir los dos componentes separadamente por mayor detalle. El largo de los dos componentes no está bien correlacionado.

El largo de la fronda está bien correlacionado con el peso seco de las hojas, el área foliar, el peso del racimo, el rendimiento y la altura del tronco.

Según los estudios de TAN, G.Y. el largo de la fronda es el mejor parámetro para medir la competencia entre palmas, aún que Corley opina que el área

foliar es el mejor parámetro para este propósito.

El largo de la fronda es afectado por el sombrero, el déficit hídrico, la defoliación, la densidad de siembra, la edad de la palma y algunos factores genéticos.

Como el factor largo de la fronda tiene una alta heredabilidad, es un factor importante de considerar en los programas de selección.

- **Área de la sección transversal del pecíolo.** Este parámetro (P x S) es calculado por la medición del ancho y la profundidad o altura del pecíolo, justamente donde el pecíolo se une con el raquis. Estas mediciones son fáciles de tomar y son precisas si se toman con cuidado.

Como la forma de la sección transversal es aproximadamente triangular.

$$P \times S \text{ área (en cm}^2\text{)} = \frac{\text{Ancho} \times \text{Profundidad o altura}}{2}$$

El P x S es un parámetro extremadamente útil en la evaluación del estrés. Tiene buena relación con otros parámetros vegetativos y con el rendimiento en palmas jóvenes, por lo menos hasta los 48 meses de edad.

Utilizando este parámetro, se puede obtener un buen estimado del peso seco de una hoja.

Ilustración 26. A) Medición del ancho del área transversal del peciolo. B) Medición de la altura del área transversal del peciolo



Fuente Grepalma

- **Número de folíolos por hoja.** Este parámetro se determina contando los folíolos (incluyendo los folíolos vestigiales en la base del raquis y los terminales en el ápice) del lado derecho del raquis y multiplicando por 2. Es poco usado excepto como un componente para calcular el área foliar.

- **Largo del foliolo central.** Este parámetro es medido tomando 3 folíolos de cada lado de la hoja en el centro del raquis. Si la punta de algunos folíolos está dañada, se cambian por folíolos enteros más cercanos del mismo lado del raquis.

La razón de este cuidado es que los folíolos de un lado del raquis son ligeramente más largos y angostos que los del otro lado. Se mide el largo de los 6 folíolos y posteriormente se calcula el promedio. Este parámetro es poco utilizado excepto como un componente para calcular el área foliar.

- **Ancho del foliolo central.** Se doblan los mismos 6 folíolos utilizados para medir el largo del foliolo para encontrar su punto medio, y se mide el ancho de la parte doblada. Posteriormente se calcula el promedio del ancho de los 6 folíolos. Este parámetro es poco utilizado excepto como un componente para calcular el área foliar.

¿Para qué nos sirven las mediciones anteriores?

De las mediciones individuales anteriormente descritas, podemos derivar otros cálculos:

- **Peso seco foliar.** Por medio del peso seco foliar se estiman valores de biomasa que pueden ser proyectados en relación con la reserva nutricional de una plantación. El peso seco foliar hace referencia a la cantidad de masa seca que existe en una hoja. Cuando se multiplica por el número total de hojas se le conoce como masa foliar por palma.

$$\text{Peso seco foliar (kg)} = 0.1023P + 0.2062$$

Donde: P = ancho x profundidad del pecíolo en cm²

Para obtener el peso seco foliar, es estimado del área de la sección transversal del pecíolo así:

Este estimado es el más preciso de todos los estimados tratados aquí. Este estimado está altamente correlacionado con el peso seco foliar actual (horno), y la relación no cambia con la edad de la palma.

Este estimado puede ser utilizado sin reservas, excepto si se toman algunas precauciones, que considera el aumento en el peso seco de la hoja con la edad de la misma. Esta precaución trata del aumento en peso seco de una hoja con la edad de la hoja y el estimado derivado trata de hojas maduras de posición +25 en adelante.

- **Área foliar de una hoja.** El área foliar indica la cantidad de m² que existen de follaje en una planta, debido a que el follaje es la fábrica de alimento para la planta, es importante monitorear el desarrollo del mismo a través del tiempo.

El área foliar de una hoja puede ser estimada por varios métodos. El aquí propuesto es el método Corley *et al*; (1971).

Área foliar (m²) - K x 2F (LxA)

Donde:

F = No de folíolos/hoja

L = Promedio del largo de 6 folíolos centrales

A = Promedio del ancho de 6 folíolos centrales

K = Constante que varía entre 0.51 y 0.59 con **0.55** siendo la constante más utilizada

(Los valores de **L** y **A** están dados en metros)

El área foliar de una hoja es un parámetro de mucha importancia. Es usado para estimar:

- » Área foliar por palma.
- » Índice de área foliar.
- » Tasa de asimilación neta.
- » Relación de área foliar.

El área foliar de una hoja es de mucha importancia en estudios de espaciamiento de bolsas en vivero y densidades de siembra en el campo, y la competencia entre palmas por la luz. Es una lástima que esta estimación sencilla de área foliar sea tan poco precisa.

- **Área foliar por palma.** El área foliar por palma es estimada multiplicando el área foliar/hoja x el número de hojas verdes. Es importante que el área foliar/hoja sea estimada en la hoja No. 17, en medio de la corona de hojas. Como la estimación de área foliar/hoja es algo imprecisa y como el número de hojas verdes por palma es impreciso también, la estimación de área foliar por palma deja mucho que desear.

Este parámetro es utilizado para estimar:

- » Índice de área foliar.
 - » Tasa de asimilación neta.
 - » Relación de área foliar.
- **Índice de área foliar.** El índice de área foliar (IAF) es el método comúnmente utilizado para calcular el tamaño de la copa de hojas del cultivo. De acuerdo con Corley (1971a), el índice de área foliar es la proporción del área foliar (m²) con respecto al área del terreno que ocupa.

El valor óptimo del IAF varía ente 5-7, dependiendo de factores climáticos y características genéticas (Henson, 2002). El manejo agronómico, como actividades de poda y raleo, puede modificar los valores de índice de área foliar.

$$\text{IAF} = (\text{A} \cdot \text{D}) / 10,000$$

Donde:

A: Área foliar por palma

D: Número de palmas/ha

Aunque la estimación de este parámetro involucra solamente una estimación (el de área foliar/hoja), hemos visto los problemas con el número de hojas verdes. Como en este parámetro, se divide el área foliar/palma por el área de terreno ocupado por la palma, el parámetro debe tener la misma precisión que el Área foliar por palma.

El índice de área foliar es muy importante en los estudios de competencia por luz en vivero y campo, pero desafortunadamente tiene poca precisión.

- **Razón de área foliar.** La relación de área foliar es el área foliar producida en relación a la materia seca vegetativa total. Este parámetro es una medida de cuánta área foliar produce la palma, por unidad de materia seca vegetativa, o sea la eficiencia en la producción de la superficie fotosintética.

Relación de área foliar m²/kg

=

**Área foliar producida (m²) /
Materia seca vegetativa (kg)**

Consideraciones para los productores:

¿Cómo está la salud del follaje de las palmas en su finca? Recuerde: "sí arriba (hojas) está bien, abajo (raíz) está bien y si abajo (raíz) está bien, arriba (hojas) está bien".

¿Ha hecho análisis foliar en su finca?

¿Qué material genético tiene sembrado?

¿Cuál es su densidad de siembra?

¿Ha hecho medidas del crecimiento en su finca?

¿Cómo es el clima en su plantación?

¿Conoce la distribución de lluvias por mes?

¿Tiene déficit de agua en algunos meses?

Estas interrogantes las puede contestar consultando al técnico de la planta extractora a la que le vende fruta o con el técnico de la organización a la que pertenece.

- **Inflorescencias.** La palma de aceite es monoica, presentando flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. Sin embargo, se ha demostrado que cada primordio floral es un productor potencial de flores masculinas y femeninas, aunque uno u otro casi siempre permanece rudimentario (Hartley 1988). Las plantas monoicas generalmente sufren alteración del sexo cuando son sometidas a algunas prácticas culturales o variaciones del medio ambiente. El equilibrio entre las flores masculinas y femeninas determina los rendimientos de un cultivo como la palma de aceite. El proceso de inicio de la floración de las plantas y la regulación de la expresión sexual parece estar sujeta a un complejo sistema dentro de la planta, en el cual los reguladores de crecimiento deben asumir un papel importante.

Aunque el crecimiento propio de las flores no sea muy grande, ellas tienen un enorme potencial de crecimiento en el ovario desde que reciba un estímulo para el desarrollo del fruto. El proceso de antesis (apertura de las flores para la polinización) ocurre como consecuencia del crecimiento más rápido de las partes internas que externas de los pétalos, pero la apertura y cierre continuos probablemente son una respuesta a cambios temporales en la presión de turgencia entre estos dos lados.

**Ilustración 27. Arriba Izquierda. Flor masculina-
Arriba derecha. Flor femenina. Abajo. Flor femenina receptiva**

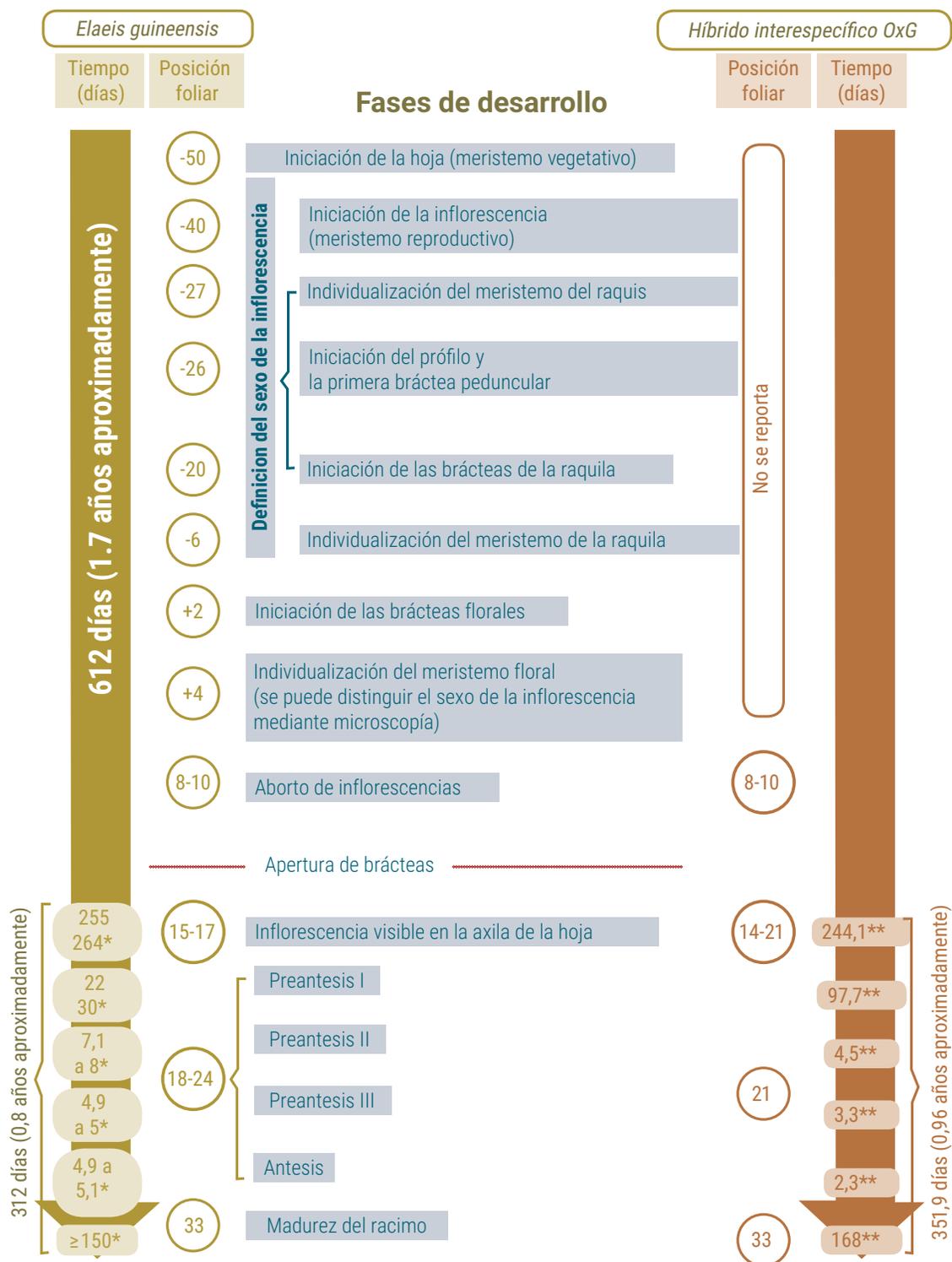


Fuente: Arriba. Cenipalma. Abajo. DocPlayer

Las inflorescencias requieren de un tiempo considerable para crecer y desarrollarse desde el primordio floral hasta la formación de un órgano tan complejo como el espádice. Las inflorescencias emergen de las axilas de las hojas, es decir, cada hoja es teóricamente portadora de una inflorescencia. El desarrollo inicial de la inflorescencia dura de 2,5 a 3 años,

tiempo durante el cual la inflorescencia permanece completamente cubierta por las hojas, y un poco antes de la antesis emerge de la axila de éstas. En palmas jóvenes (de dos a cuatro años), la antesis se presenta en la axila de la hoja 20, mientras que en palmas adultas se presenta en un número de dos hojas de categoría inferior, hasta llegar a la hoja 15 en palmas de 12 años o más (Corley y Gray 1982).

Ilustración 28. Fases de desarrollo de la inflorescencia



Cuadro comparativo de las etapas de desarrollo de las inflorescencias y racimo en *E. guineensis* y el híbrido interespecífico. Diagrama basado en las figuras de (Adam *et al.*, 2005)

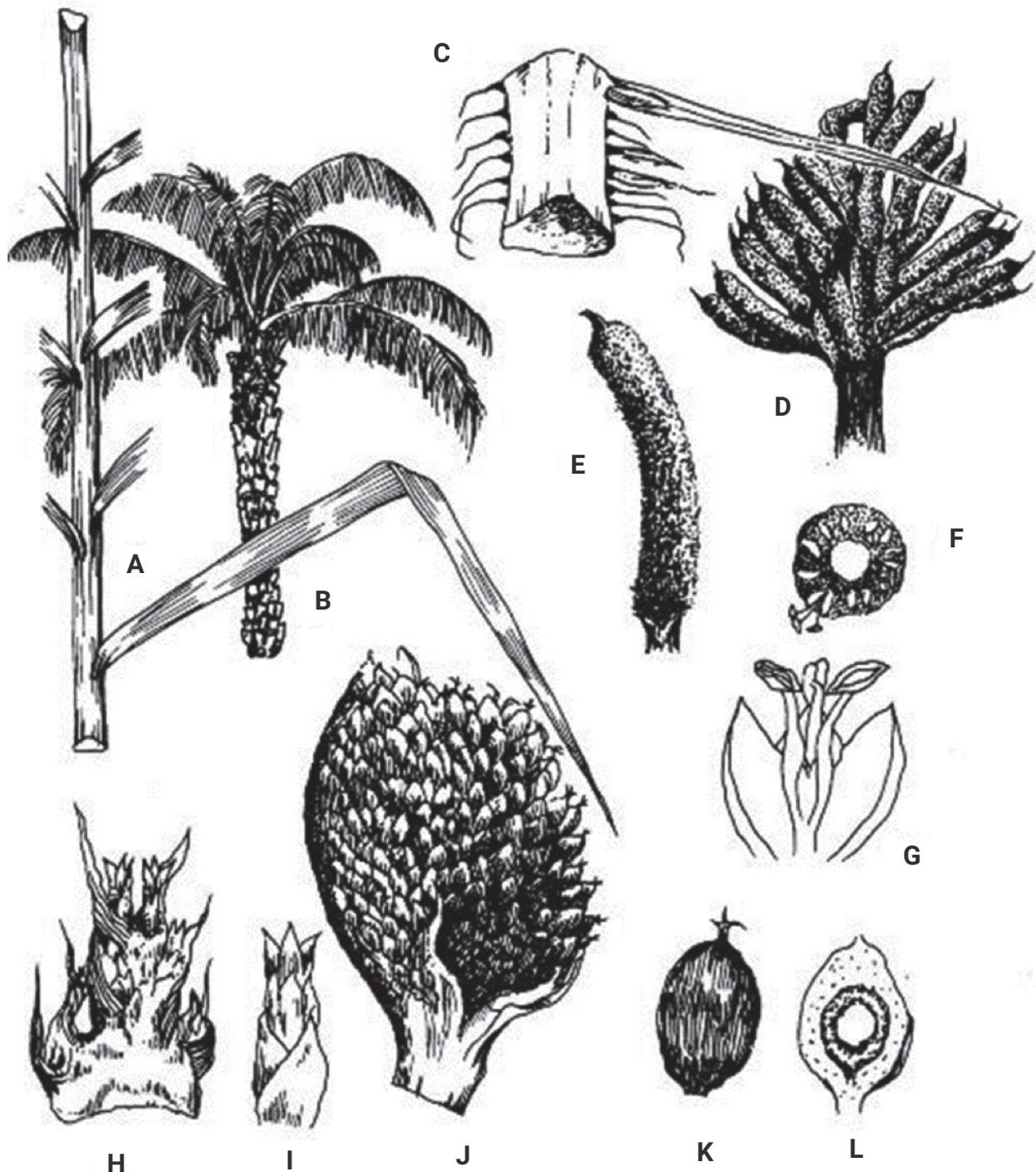
* Valores promedio obtenidos en la Zona Central (Campo Experimental Palmar de La Vizcaína) en cinco materiales de *Elaeis guineensis* (Forero *et al.*, 2012).

** Valores promedio obtenidos en la Zona Oriental (Guaicaramo S.A.) en un material híbrido (Hormaza, Mesa, & Romero, 2012).

Teniendo en cuenta la secuencia de emergencia de las hojas, las inflorescencias comienzan a formarse muy temprano (hoja 4), las espigas comienzan a individualizarse a partir de la hoja -40 y la diferenciación sexual está terminada morfológicamente entre las hojas -27 y -20. La polaridad sexual al nivel de la hoja -20 corresponde al momento en que la hoja, después de haber terminado la formación de sus diferentes

partes, aborda la fase de alargamiento rápido. Existe una diferencia de tiempo entre el crecimiento de la inflorescencia y el de la hoja, pues hasta que ésta ha terminado de crecer no empieza la fase de crecimiento rápido de la inflorescencia. El comienzo de la fase de crecimiento rápido de la inflorescencia corresponde al período en el que ésta se hace visible en la axila de la hoja.

Ilustración 29. Anatomía de la palma



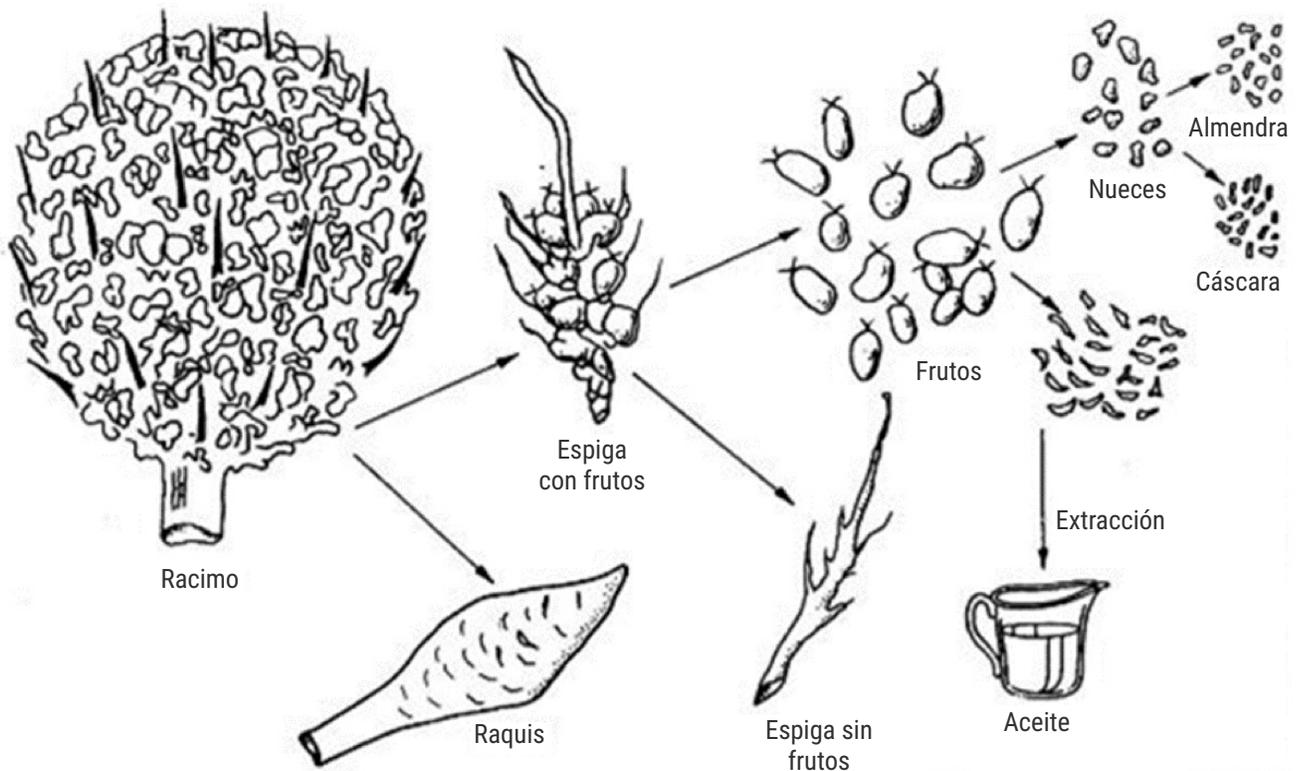
Fuente: Rojas F.

- **Inflorescencia masculina.** Presenta un raquis carnososo, sobre este raquis se distribuyen grupos de espigas de forma cilíndrica. Cada espiga agrupa centenares de flores. Las flores llevan 7 estambres con anteras biloculares dehiscencia longitudinal. Producción promedio de 30 gr. De polen por inflorescencia con un olor a anís.
- **Inflorescencia femenina.** Presenta un raquis central. Un centenar de espigas con un número variable de flores, Tiene tres estigmas carnosos de color blanco cremoso y son receptivas al polen, Posteriormente al ser polinizadas pasa a color rosado o rojo hasta que la flor se seca, La receptibilidad de los estigmas al Polen dura de 2 a 3 días. Tiene de 1200 a 1500 frutos como promedio. Después de antesis (fecundación) dura de 5.5 a 6 meses para cosechar el racimo
- **El fruto.** El fruto de la palma de aceite es una drupa sésil, cuya forma puede ser esférica, ovoide o alargada y algo abultada en el ápice; compuesta por el pericarpio que consta del exocarpio exterior o piel, el mesocarpio o pulpa y el endocarpio o cuesco; el endocarpio junto con la almendra forma la semilla. La pulpa, cuyo espesor varía entre 2 y 10 mm, contiene de 45 a 50% de su peso fresco de aceite, y de 15 a 20% de fibras celulósicas y coloides solubili-

zados en el agua de constitución, azúcares y sales liofilizadas (Surre y Ziller 1969; Corley y Gray 1982; Hartley 1986).

El fruto normal de la palma de aceite crece constantemente en tamaño y peso desde los 15 hasta los 90 días después de la antesis (Fase I); durante este período, las grasas constituyen menos del 2% del peso seco del fruto; el endospermo de las semillas es líquido hasta los 60 o 70 días y gelatinoso hasta los 100 días, aproximadamente; su contenido de grasa es muy pequeño y la composición es diferente de las almendras maduras. Cuando el crecimiento se detiene, se inicia la acumulación de sustancias orgánicas por la lignificación de la cáscara, la cual continúa durante los siguientes dos meses (Fase II), aumentando constantemente el peso del aceite en la almendra, de los 70 a 140 días; en este período, el peso seco de la almendra también aumenta y el contenido de aceite es una proporción más o menos constante del peso seco; de los 110 días en adelante, el cuesco se endurece y el embrión se torna viable; la formación de las reservas de grasas en el mesocarpio comienza al terminar la acumulación de sustancias orgánicas en el endospermo. Luego prosigue la acumulación de grasas, proteínas y glúcidos en el endospermo y el mesocarpio (Fase III); la formación y acumulación rápidas de aceite en el mesocarpio y

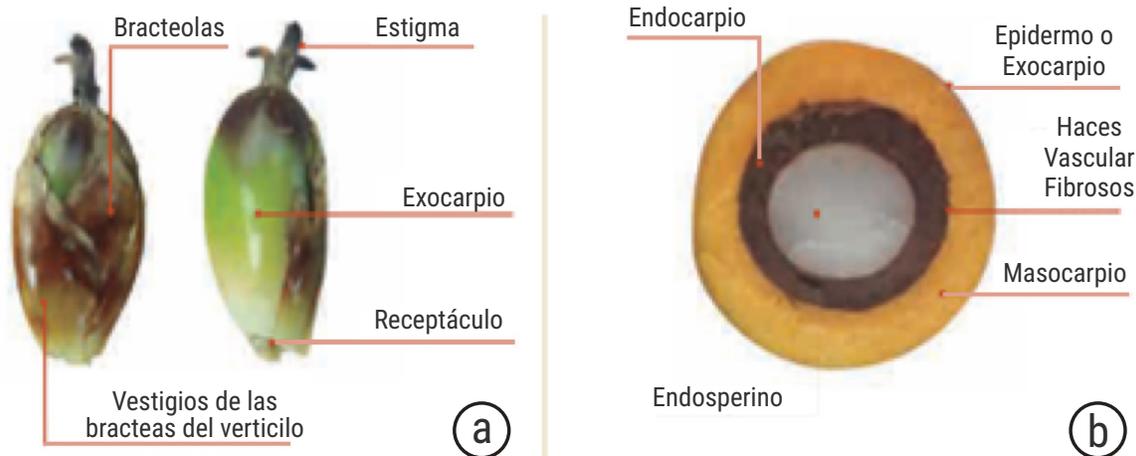
Ilustración 30. Composición del racimo de la palma aceitera



Fuente: ASD-CR

Ilustración 31. Partes del fruto

Generalidades sobre la morfología y tenología de la palma de aceite



Fuente: Cenipalma

la almendra se realiza hacia el final del período de maduración (120 días después de la antesis), se inicia por la base del fruto, progresando rápidamente por zonas concéntricas, no está sujeta a porcentajes claramente definidos y sólo se detiene por la abscisión del fruto. La absorción de los frutos comienza normalmente de los 150 a 155 días después de la antesis y todos los frutos se desprenden entre dos a cuatro semanas, tardando más tiempo en los racimos más grandes. Después de cosechados los racimos, la síntesis de aceite en los frutos es muy escasa (Crombie 1956; Surre y Ziller 1969; Corley y Gray 1982; Hartley 1986). Es así que, para la cosecha del racimo, el desprendimiento de un fruto es el parámetro establecido como un criterio de corte indicando la finalización del estado de maduración.

Cuando se estudia el crecimiento y desarrollo de diferentes frutos se debe tener en cuenta que la estructura y la composición de ese órgano han sido determinadas por la selección artificial a través de su cultivo y utilidad, y no han sido expuestas a los rigores de la selección natural, luego sus características predominantes son las preferidas por el hombre. Los frutos, dependiendo de la especie, crecen y se desarrollan a diferentes tasas y alcanzan tamaños finales diferentes. Estas diferencias de crecimiento pueden ocurrir entre frutos de la misma planta, entre estaciones climáticas y entre variedades del mismo fruto.

- **Polinización de frutos** (Labarca & al., 2009): La polinización es de gran importancia para el rendimiento de este cultivo, ya que cuando es deficiente puede ocurrir mala formación de racimos, pérdida en la biomasa promedio, baja producción y baja extracción de aceite.

La palma aceitera, es una especie monoica, porque tiene inflorescencias masculinas y femeninas separadas en el mismo eje vegetativo. Esta situación determina una polinización cruzada, ya que sólo raras veces ambas inflorescencias son simultáneamente receptivas en la misma planta (Hartley 1988, Fedepalma, 2006, et al).

Ilustración 32. Racimo de palma aceitera en Malasia



Fuente: WWF

Hasta finales de los años setenta, se pensaba que la palma aceitera era exclusivamente anemófila (dependía del viento para la polinización), esta creencia surgió de la supuesta falta de evidencia de insectos polinizadores efectivos, y corroborado por las altas densidades de polen atmosférico observadas a distancias considerables de las inflorescencias masculinas (Caudel et al., 2005).

Sin embargo, en 1979 se reportó la sospecha de la participación de otros agentes en la dispersión del polen, ya que, aunque en la estación húmeda llovió casi todos los días, la polinización durante este período fue eficiente. De esta forma se comenzaron estudios en Camerún, en un área donde la palma de aceite crece en forma natural sin polinización asistida, en la cual los niveles de formación de frutos se consideraban adecuados. Al revisar las inflorescencias masculinas y femeninas, se encontró gran número de insectos, los cuales se hallaban en las inflorescencias masculinas durante la antesis y en las femeninas durante los primeros días de receptividad (Syed, 1979).

Se encontró que las especies de *Elaeidobius kamerunicus*, *Elaeidobius subvittatus* y *Elaeidobius plagiatus*, transportaban la mayor cantidad de granos de polen y que estos eran viables en un 68,5% (Caudel *et al.*, 2005). Se seleccionó a *E. kamerunicus* para ser introducido en Asia, por ser el insecto más numeroso y transportaba más granos de polen que las otras especies; también señaló que *E. kamerunicus* tenía alta tasa de reproducción, buena habilidad de búsqueda y era específico del huésped (Syed, 1979).

En América Latina antes de la introducción de *E. kamerunicus*, la polinización de la palma aceitera se atribuía a dos especies de polinizadores del orden coleóptero, uno perteneciente a la familia Nitidulidae, *Mystrops costaricensis*, especie americana y el otro perteneciente a la familia Curculionidae, *Elaeidobius subvittatus*, que probablemente se introdujo de África occidental a través de la costa oriental de Brasil (Chinchilla y Richardson 1990).

Puntos clave que deben tener en cuenta los productores sobre la botánica de la palma

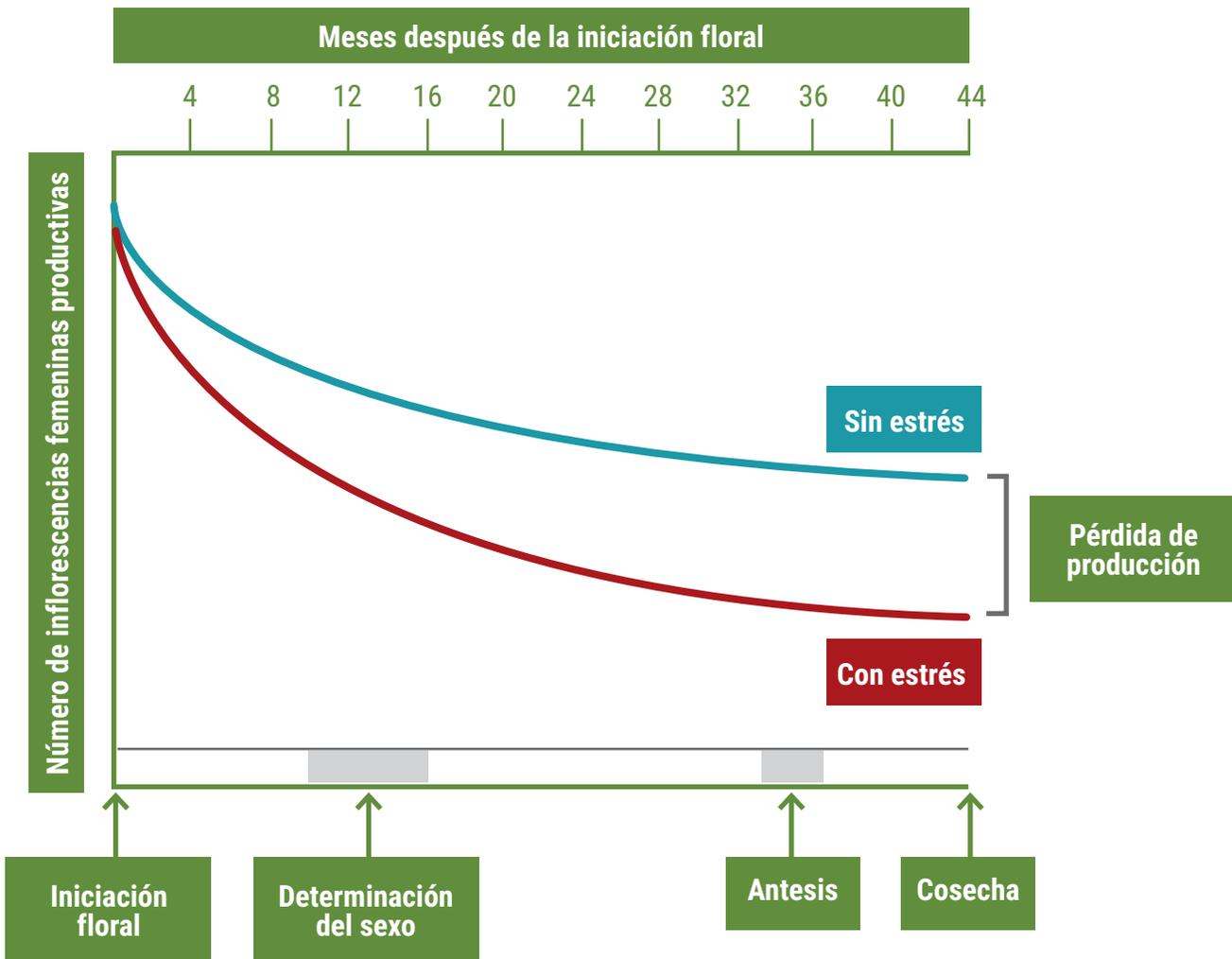
- A cada primordio foliar (hoja) le corresponde uno de inflorescencia.
- En la hoja -40 ocurre la diferenciación de sexo.
- La palma determina si una flor es femenina o masculina dependiendo de la situación de estrés en que se encuentre en ese momento. Si está muy estresada por problemas de nutrición, abuso de agroquímicos, mal drenaje, inundación, estrés hídrico o veranos muy extensos, exceso de poda, defoliaciones por plagas, enfermedades, entre otros, lo más seguro es que la flor será macho, caso contrario, si no tiene factores de estrés será un futuro racimo.
- Pasan más 40 meses desde la iniciación de la floración a la cosecha del racimo y más o menos unos 27 a 28 meses desde la diferenciación de sexo a antesis (cuando la flor ya sea racimo o macho esta receptiva y visible). En otras palabras, si se desea saber qué es lo que está ocurriendo con la cosecha hoy debe de buscarse la respuesta en lo que paso al menos 2 años atrás. Por lo anterior es importante llevar registros de lo que se hace y ocurre en la plantación.

Ilustración 33. Polinizadores más comunes en la palma aceitera



Fuente: Shutterstock

Ilustración 34. Esquema gráfico del tiempo transcurrido desde el primordio floral a cosecha del racimo en palma aceitera y las brechas de rendimiento que causa cualquier tipo de estrés



Fuente: Adaptado de IPNI

- La población de los polinizadores depende directamente de la presencia de inflorescencias masculinas por ser éstas su sitio específico de alimentación y oviposición.
- Las altas precipitaciones y temperaturas abajo de 20°C y sobre 38°C, son las variables climáticas que más afecta a la población de polinizadores, por esto es necesario llevar registros de variables climáticas para posteriormente poder correlacionar el análisis de contenido de aceite y peso de los racimos con el momento de su polinización.

3. Aspectos relacionados al suelo

Generalidades

Las plantas viven parte en el suelo y parte en el aire. Ninguna parte puede subsistir sin la otra, y el bienestar de la parte aérea, es decir, hojas, flores y frutos, es tan importante como el bienestar de la parte terrestre, la raíz.

La raíz retira del suelo agua, nutrientes y parte del oxígeno, la hoja capta del aire gas carbónico y energía. El comienzo de la formación de muchos aminoácidos y sustancias vegetales se procesa en la raíz, o más precisamente en el interior de esta, la formación final de las proteínas se realiza en la hoja.

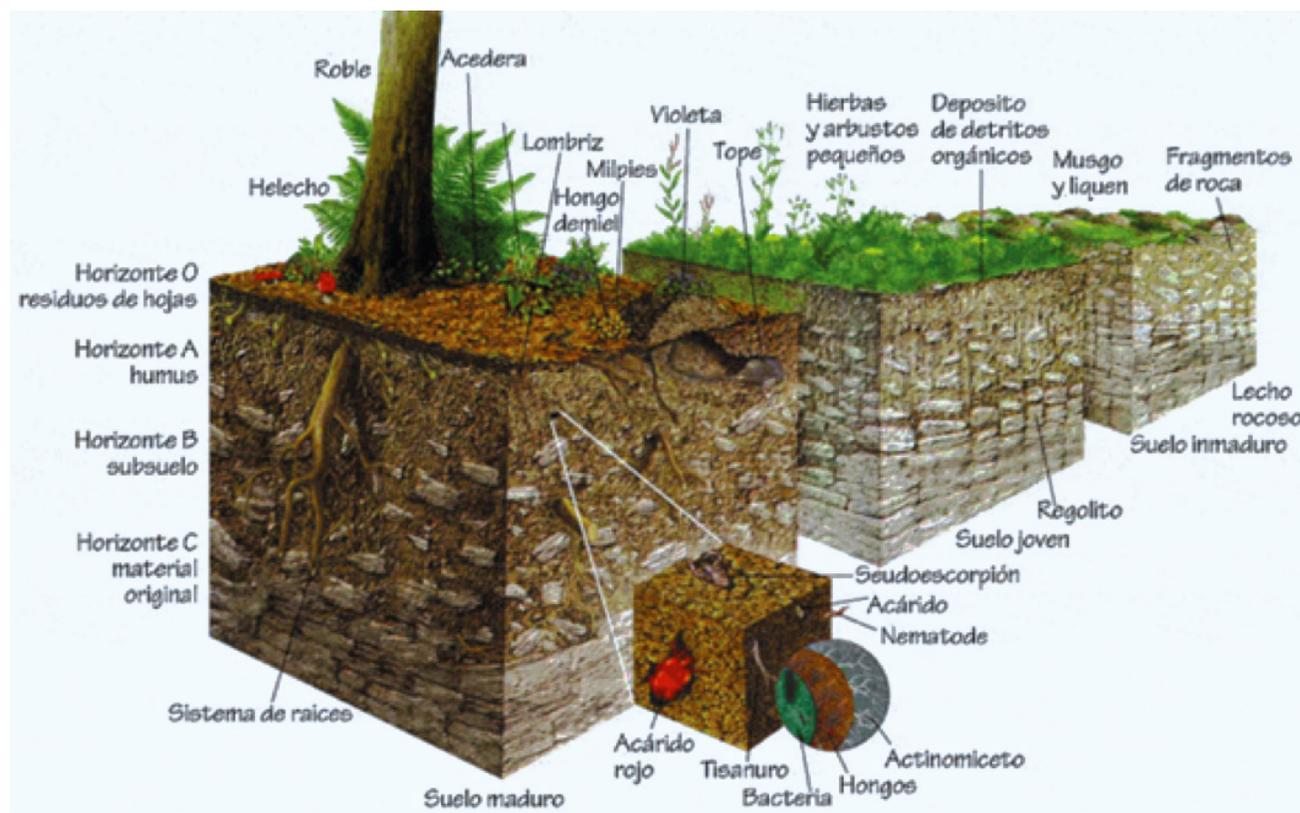
Por mucho tiempo se hizo omisión del suelo y de la raíz, porque se tenía en cuenta solamente la parte visible de la planta. Aquella parte escondida no era

considerada. Si algo no funcionaba bien era, simplemente, porque no estaba en orden la parte vegetal aérea. Nadie consideraba que la planta es un todo y que los problemas visibles podrían estar originados en la raíz. Por lo general la pobreza en la vegetación se debe a la pobreza del suelo, o más bien, a la imposibilidad de la raíz a nutrirse adecuadamente (Primavesi, 1980).

Del suelo necesitamos que:

- Permita un buen desenvolvimiento de la raíz.
- Tenga los suficientes nutrientes para la planta.
- Conserve la mayor cantidad de agua disponible para la planta.
- Sea suficientemente aireado.
- No contenga sustancias tóxicas, perjudiciales para la raíz.

Ilustración 35. Perfil de suelo.
El perfil del suelo es la ordenación vertical de todos los horizontes



Fuente: <http://biogeo.esy.es/BG2ESO/caracteristicassuelo.htm>

¿Qué es el suelo?

Como otras palabras comunes la palabra suelo tiene varios significados. Su significado tradicional se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material original en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas (FAO.Org, n.d.).

¿Qué son los horizontes del suelo? Se denomina horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc.

El suelo es un componente esencial de la “Tierra” y “Ecosistemas”. Ambos son conceptos más amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima en el caso de la tierra, y además abarca también las consideraciones sociales y económicas en el caso de los ecosistemas.

Composición del suelo

Como se mencionó anteriormente el suelo está compuesto por:

1. Componente Inorgánico. Constituye aproximadamente un 45% y comprende los minerales que provienen de la roca madre, que se deshace lentamente hasta convertirse en grava, arena, limo y arcilla. También pueden ser aportados por el viento y el agua, que los arrastran desde otras zonas erosionadas.

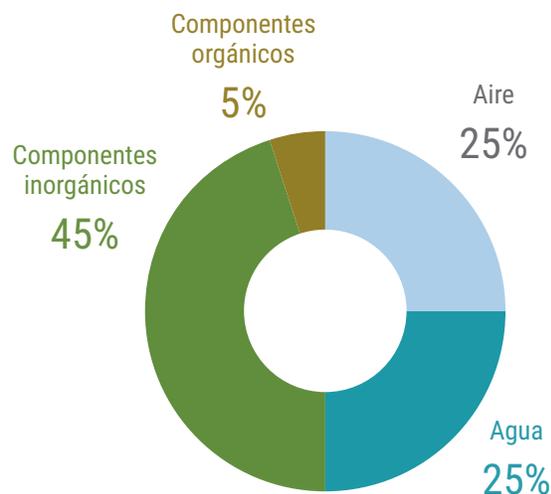
2. Componente Orgánico. Constituye como media un 5% del volumen del suelo y comprende la materia orgánica, producto de la descomposición de vegetales y animales muertos. Puede almacenar gran cantidad de agua y es rica en minerales; los microorganismos o pequeños organismos son de dos tipos: los que trituran la materia orgánica (insectos y lombrices) y los que la descomponen liberando los nutrientes (hongos, bacterias). Viven dentro del suelo y, además de intervenir para que la materia orgánica sea nuevamente utilizada por las plantas, ayudan a pulverizar las rocas.

Lombrices e insectos forman poros que permiten la aireación, el almacenaje del agua y el crecimiento de las raíces.

3. Componente líquido y gaseoso, constituyen el restante 50%. Agua y aire ocupan los poros, espacios entre las partículas de suelo que se producen por las irregularidades de su forma y tamaño. La distribución y tamaño de los poros es importante. Una excesiva cantidad de poros pequeños origina suelos compactos, pesados, húmedos y un pobre crecimiento de las raíces.

Demasiados poros grandes forman suelos sueltos que se secan rápidamente. Cuando más pequeño es el poro, más difícil es para la planta absorber agua de él.

Ilustración 36. Descripción de la composición aproximada del suelo



Fuente: LAG Consultorías

Los organismos del suelo y las plantas necesitan agua para vivir. Las plantas la utilizan para mantener sus tejidos, transportar nutrientes y realizar la respiración y nutrición. El agua del suelo es absorbida por las raíces y utilizada en el proceso de fotosíntesis. La disolución de minerales y materia orgánica en el agua facilita que sean captados por las plantas.

Cuando el agua del suelo escasea, se detiene el crecimiento de las plantas, que llegan a marchitarse y morir. Un exceso de agua desplaza el aire del suelo. Este es importante porque aporta oxígeno para la respiración de las raíces. Además, es la fuente del nitrógeno que transforman las bacterias, haciéndolo aprovechable por las plantas (FAO.Org, n.d.).

Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana

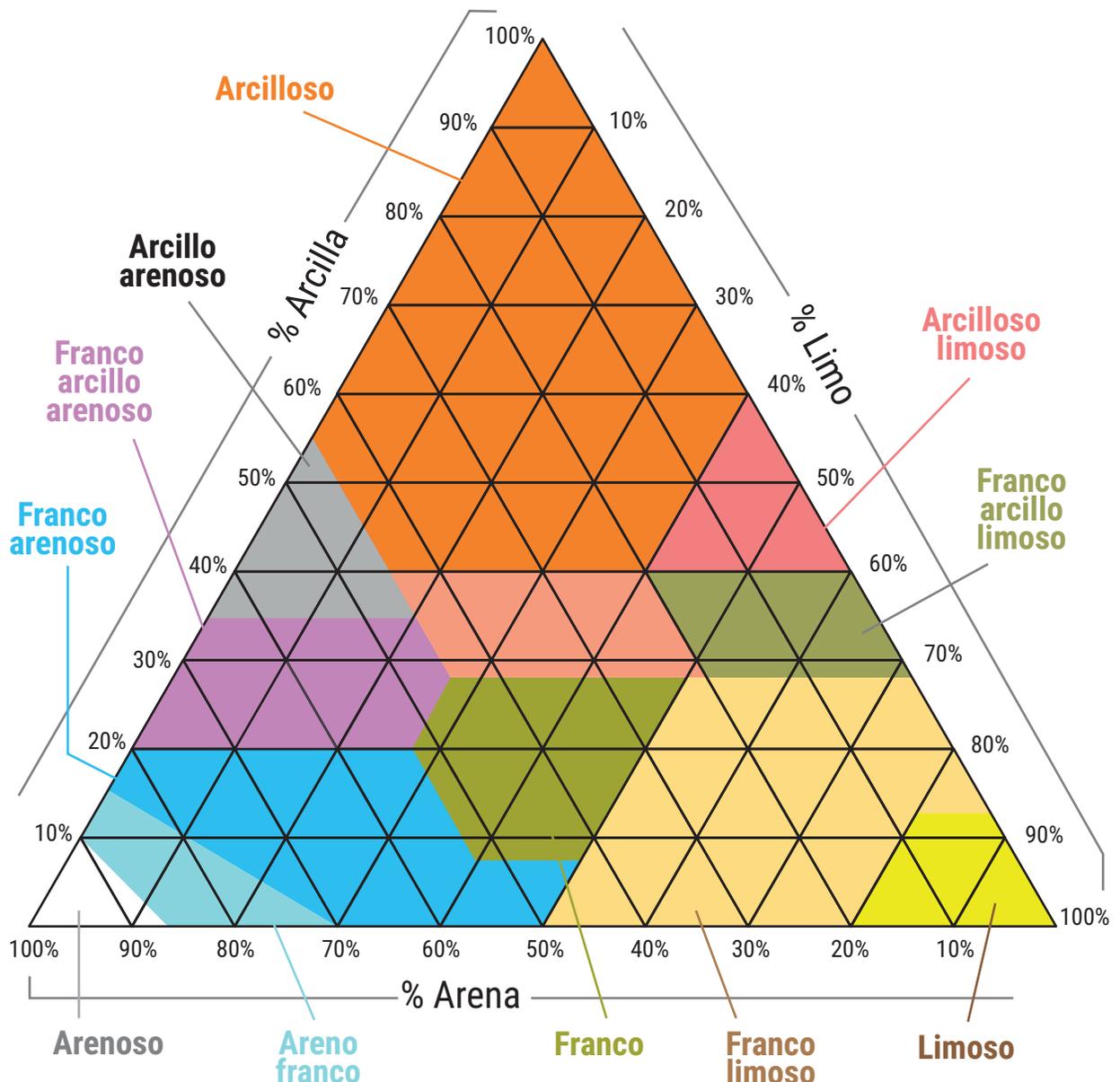
puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (Rocks, 2004).

A continuación, se detalla algunas características físicas del suelo.

Textura de los suelos

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa (FAO.Org, s.f.).

Ilustración 37. Texturas de los suelos - clasificación



Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos – USDA

Los suelos agrícolas son mezclas de distinto tamaño de partículas estratificadas en capas, es decir arcillas con limo, con arenas finas o gruesas e inclusive con gravas. En la práctica se presentan todas las combinaciones posibles, y la influencia de la presencia de cada uno de los tamaños de las mismas, define el tipo de textura y el comportamiento del suelo frente al agua (Capacidad de almacenamiento). Influye además en la capacidad de retención el contenido de materia orgánica y esta a su vez en la fertilidad de los mismos.

Existen dos escalas de clasificación de texturas: la internacional (llamada así por haber sido aceptada por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo) y la americana del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), de las cuales esta última es la más utilizada (ilustración 36). Son conocidas como triángulo de texturas (www.edafologia.net/, n.d.).

Las líneas trazadas en el triángulo (paralelas a los lados), fijan los límites porcentuales de cada componente (Arcilla, limo y arena). Por ejemplo, si un suelo contiene 60 % de arena, 30 % de limo y 10 % de arcilla corresponde a una textura franca arenosa. En cambio, si el porcentaje de arcilla se incrementa, 30 %, el limo al 40 % y la arena también 30 %, la textura es franco arcilloso.

La estructura del suelo

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agru-

pan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados (FAO.Org, s.f.).

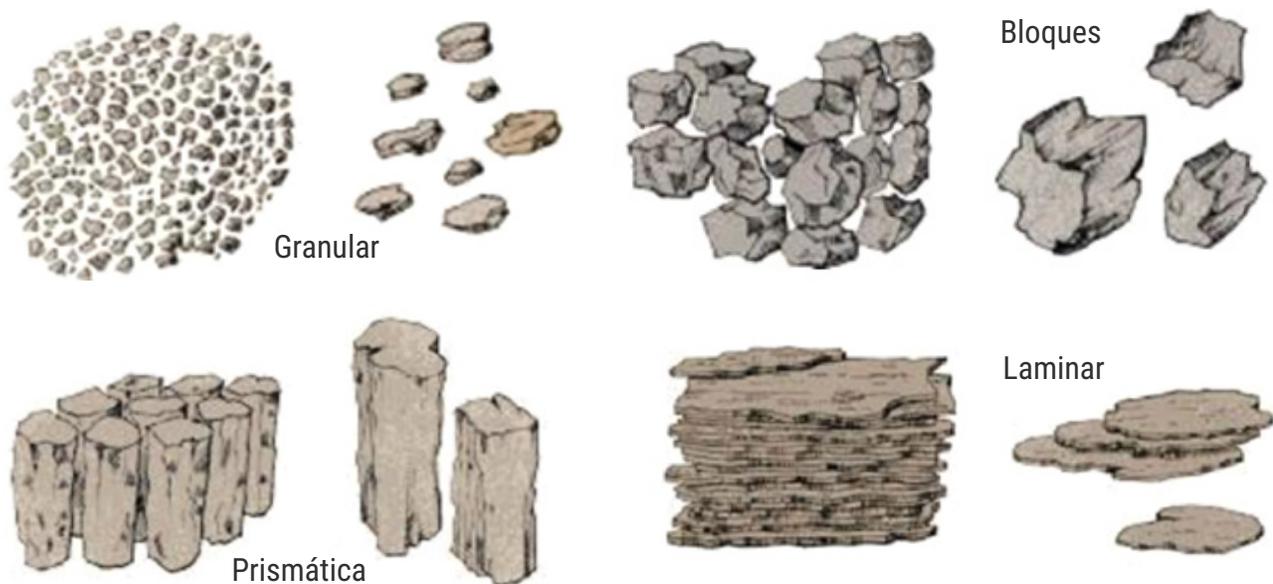
Clases y tipos de estructura de suelos. Por definición, la clase de estructura describe el tamaño medio de los agregados individuales. En relación con el tipo de estructura de suelo de donde proceden los agregados, se pueden reconocer, en general, cinco clases distintas que son las siguientes:

- Muy fina o delgada
- Fina o delgada
- Mediana
- Gruesa o espesa
- Muy gruesa o espesa

El tipo de estructura describe la forma o configuración de los agregados individuales. Aunque generalmente los técnicos en suelos reconocen siete tipos de estructuras del suelo, sólo usaremos cuatro tipos. Estos se clasifican del 1 al 4, de la forma siguiente:

- **Estructuras granulares y migajosas:** son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.
- **Estructuras en bloques o bloques subangulares:** son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente

Ilustración 38. Descriptivo de los tipos de suelos



Fuente: USDA

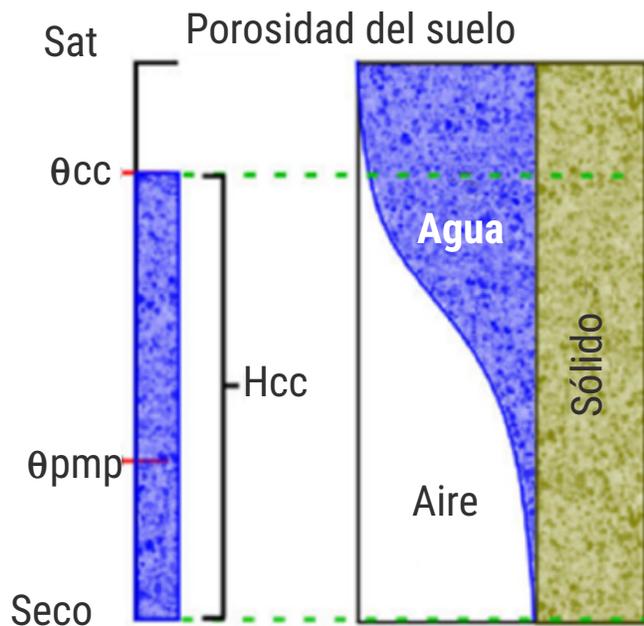
grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

- **Estructuras prismáticas y columnares:** son partículas de suelo que han formado columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas. El agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente. Normalmente se encuentran en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.
- **Estructura laminar:** se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas se traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.

Porosidad del suelo

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica)

Ilustración 39. Diagrama del contenido de agua en el suelo a Capacidad de Campo. Especificando su contenido volumétrico (θ). El punto de marchitez permanente (pmp) y la altura de agua (H)



Adaptado de <https://www.ecured.cu/Porosidad>

y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro-poros y micro-poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro-poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro-poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas.

Movimiento del agua en el suelo

El agua fluye en el suelo debido a varios tipos de fuerzas como de gravedad, ascenso capilar y osmosis. Entre fuerzas de succión 0 y 1/3 bar el agua fluye en el suelo por las fuerzas de gravedad, este fenómeno se nombra por flujo saturado. Fuerzas de succión más elevadas se nombran flujos no saturados. Cuando las plantas deben producir fuerzas de 15 bares de succión. La cantidad de agua en el suelo se denomina por el Punto de Marchitez Permanente (PMP). A ese punto las plantas pierden la capacidad de succión y siguen perdiendo agua mediante la transpiración. Se pierde la turgencia de la planta resultando en su marchitez. Gráficamente la diferencia entre el Punto de Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente resulta en el agua disponible para cultivo en mm o expresado porcentualmente. La textura del suelo tiene influencia en la cantidad de agua en un suelo drenado hasta el punto de capacidad de campo y la cantidad que está disponible para las plantas (FAO.Org, s.f.).

Los flujos de agua se pueden medir en campo mediante la Conductividad Hidráulica. Se puede obtener información fundamental en la circulación del agua en el suelo mediante la descripción de suelos de las clases de drenaje y sus características asociadas (propiedades gléyicas y stágnicas).

Capacidad de campo

La Capacidad de Campo (CC) es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). El término se introdujo en 1922 por los autores Israelson y West. Corresponde aproximadamente al contenido de agua que retiene una muestra de suelo saturada y luego sometida a una tensión de -0,33 bares (Richards y Weaver, 1944).

Humedad del suelo

La principal preocupación de la Fisiología Vegetal y de los agricultores es la insuficiencia de agua o estrés hídrico del suelo (potencial hídrico demasiado negativo), porque con frecuencia esto afecta procesos básicos como fotosíntesis, síntesis de proteínas y paredes celulares y reduce el rendimiento de las plantas. El punto más importante es que el crecimiento celular, que depende de la absorción del agua por las células, es uno de los primeros procesos que se ven afectados por el estrés hídrico. Un efecto visible del estrés hídrico durante varios meses es la dificultad de las hojas nuevas para expandirse, dando lugar a una corona de seis o más flechas sin abrir. Durante este tiempo, las hojas más viejas continúan la senescencia a una tasa normal o acelerada, pero el número de hojas verdes funcionales en la corona se reduce.

La palma de aceite no tolera mantos freáticos permanentemente altos en suelos impermeables, pero parece ser tolerante, en su hogar natural, a mantos freáticos fluctuantes y al agua en movimiento de suelos arenosos o limosos, cerca de los cauces fluviales. Las palmas crecen naturalmente cerca de los ríos, en donde están sujetas a menor competencia de la flora selvática y donde, penetrando más luz, y

aunque existiendo mucha humedad, esta no es excesiva para la planta. La palma de aceite no crece ni fructifica bien en suelos inundados, ya sea que el nivel del agua esté en la superficie del suelo o bajo el mismo.

Gases

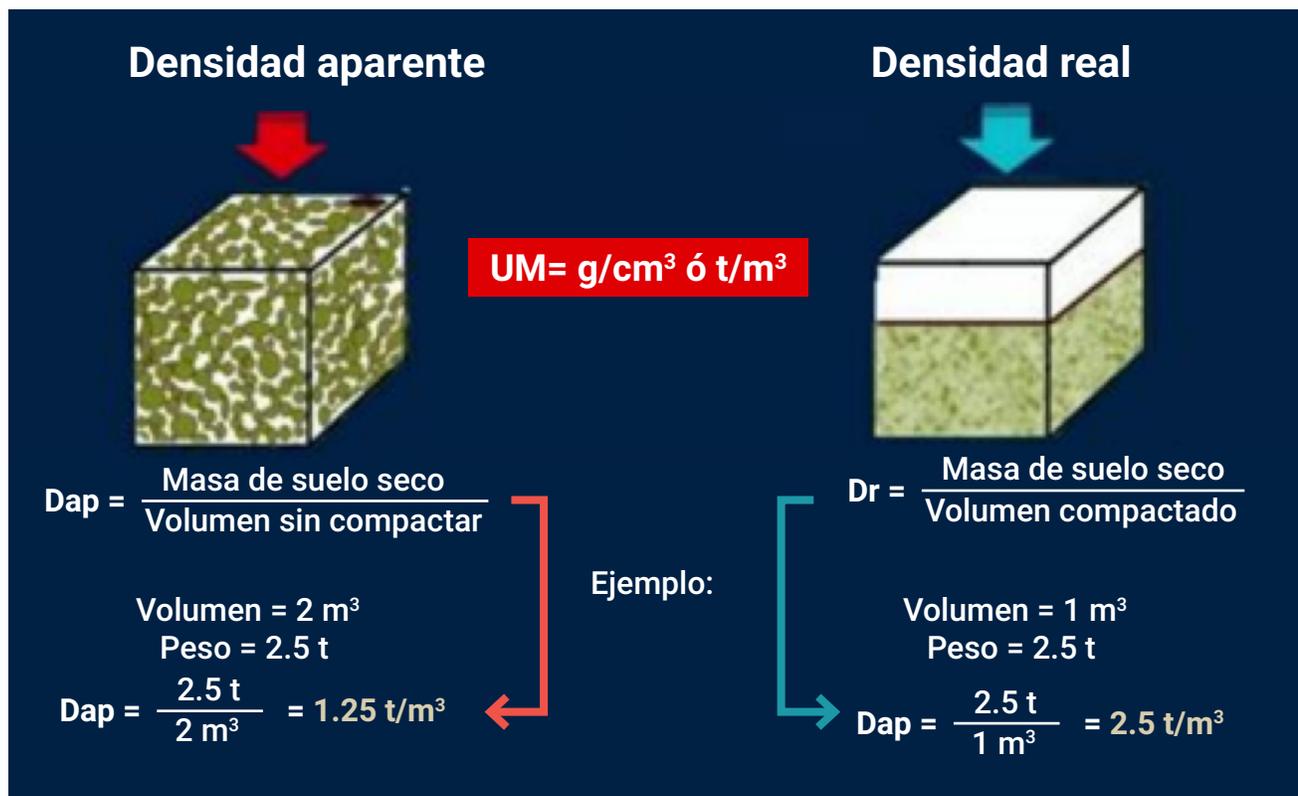
La fracción de gases está constituida fundamentalmente por los gases atmosféricos y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de O₂, y la producción de CO₂. El primero siempre menos abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos. Otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) (Wikipedia.org, 2023).

Densidad del suelo

Mediante la determinación de la densidad se puede obtener la porosidad total del suelo. Se refiere al peso por volumen del suelo (g/cm³ o t/m³). Existen dos tipos de densidad, real y aparente.

La densidad real, de las partículas densas del suelo, varía con la proporción de elementos constituyendo el suelo y en general está alrededor de 2,65. Una den-

Ilustración 40. Densidad del suelo



Fuente: adaptado de FAO

sidad aparente alta indica un suelo compacto o tenor elevado de partículas granulares como la arena. Una densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (FAO.Org, n.d.).

Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación o crecimiento de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos, calcular láminas de riego, construcción de drenaje (Taboada & Álvarez, 2008). La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expansivas (Rojas, n.d.).

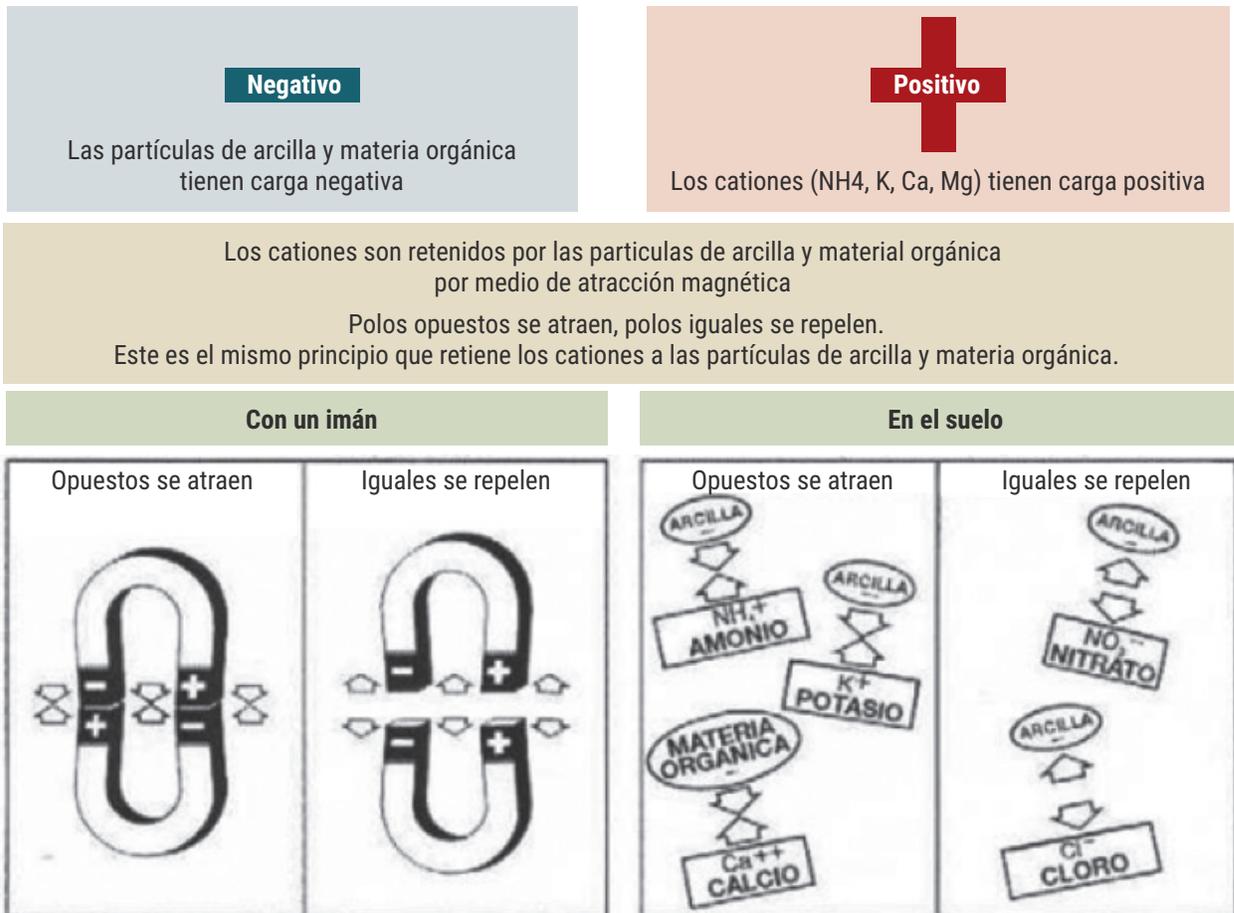
Propiedades químicas del suelo

La química del suelo o química edáfica es el estudio de las características químicas del suelo. La química del suelo se ve afectada por la composición mineral, materia orgánica, aire, agua, microorganismos y diferentes factores ambientales. Todas estas fases influyen entre sí: las reacciones de los sólidos con el agua y aire, las de los microorganismos con los minerales y materia orgánica. La parte de la química que estudia los suelos estudia todas estas reacciones, aunque suele hacer énfasis en la (di)solución del suelo, constituida por la fina película acuosa que rodea las partículas de suelo. Esto, junto con la meteorización, ciclo del agua, interacción del suelo con la atmósfera, es lo que se conoce como química del suelo (wikipedia.org, 2022).

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (potasio (K⁺), calcio (Ca²⁺), magnesio (Mg²⁺), Manga-

Ilustración 41. Visión esquemática de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)



Fuente: (FAO.Org, s.f.) (Wikipedia.Org, 2022). (amazoniaforestal.blogspot.com, n.d.)

neso (Mn^{2+}), zinc (Zn^{2+}), hierro (Fe^{3+}), sodio (Na^+), amonio (NH_4^+)). La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente; estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo que tiene alto contenido de arcillas puede retener más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas. La CIC se incrementa también a medida que la materia orgánica se incrementa. Las partículas de arena son inertes (sin carga) y no reaccionan.

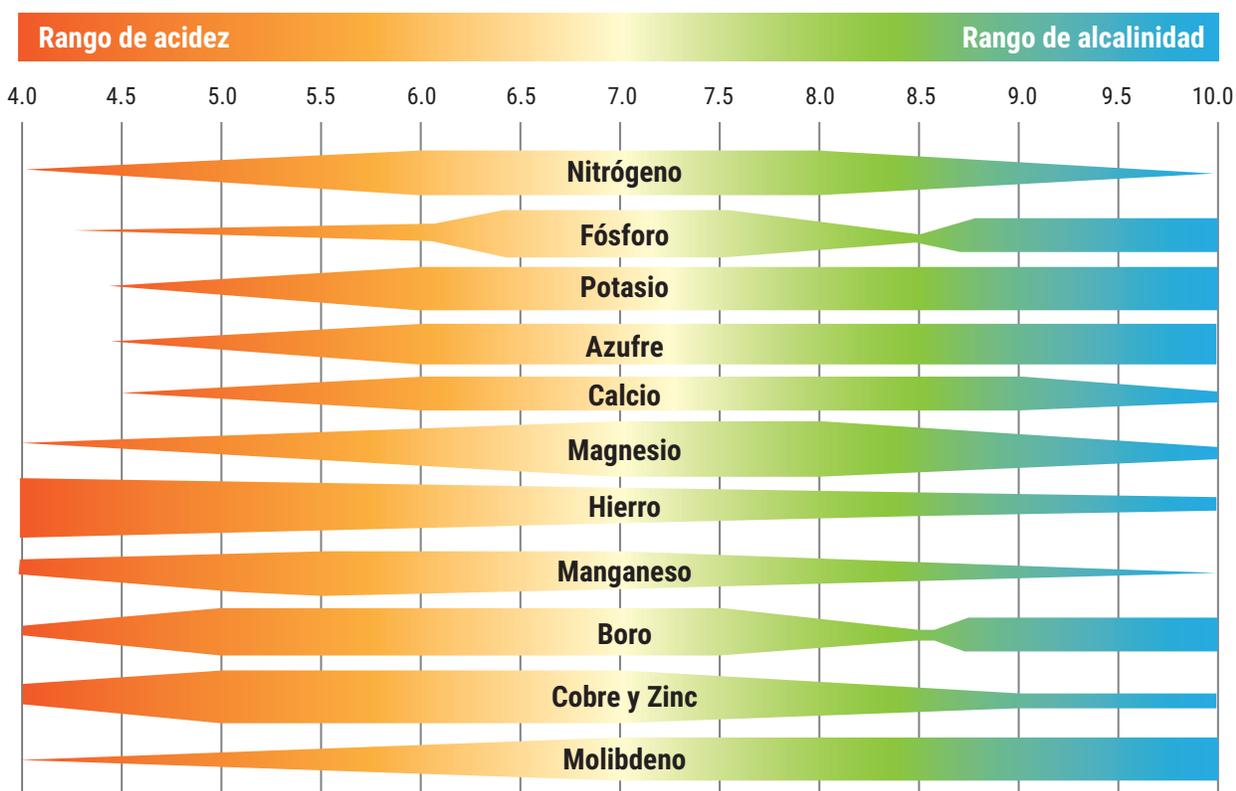
La CIC de un suelo se expresa internacionalmente en términos de centimoles de carga por kg de suelo $cmolc/kg$ o también miliequivalentes por 100 gramos de suelo y se escribe $meq/100g$. Los minerales arcillosos tienen una CIC que generalmente varía entre 10 y 150 $meq/100 g$. La materia orgánica tiene valores que van de 200 a 400 $meq/100 g$. En consecuencia, el tipo y la cantidad de arcillas y materia orgánica influyen apreciablemente la CIC de los suelos.

El pH del suelo

El pH (potencial de hidrógeno) determina el grado de adsorción de iones (H^+) por las partículas del suelo e indica si un suelo está ácido o alcalino. Es el indicador principal en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad y de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El valor del pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). Los suelos muy ácidos ($<5,5$) tienden presentar cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso. Los suelos muy alcalinos ($>8,5$) tienden a dispersarse. La actividad de los organismos del suelo es inhibida en suelos muy ácidos y para los cultivos agrícolas el valor del pH ideal se encuentra en 6,5.

Conocer el valor del pH permite hacer una valoración, y hasta cierto punto una predicción, de la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, al menos de forma cualitativa. Asimismo, se puede hacer una proyección de los requerimientos para el manejo de los suelos para evitar problemas por toxicidades o deficiencias, según sea el caso (Intagri, 2018).

Ilustración 42. Disponibilidad de nutrimentos respecto al pH del suelo



Fuente: Castellanos, 2014. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimentos-y-el-ph-del-suelo>

Porcentaje de Saturación de Bases

En el suelo se encuentran los cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio). La fracción de los cationes básicos que ocupan posiciones en los coloides del suelo se refiere al porcentaje de saturación de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) su saturación de bases llega a un 100 por ciento y significa que no se encuentran iones de hidrógeno en los coloides. La saturación de bases se relaciona con el pH del suelo. Se utiliza únicamente para calcular la cantidad de limo requerida en un suelo ácido para neutralizarlo (FAO.Org, n.d.).

La Materia Orgánica del Suelo (MOS)

Es la fracción del suelo, que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición. La materia orgánica está formada por materia inerte y energía. Las estructuras básicas están formadas de celulosa, tanino, cutina y lignina, junto con varias otras proteínas, lípidos y azúcares. Es muy importante en el movimiento de nutrientes en el medio ambiente y juega un rol en la retención del agua en la superficie del planeta Tierra.

Ilustración 43. Saturación de bases

Saturación de bases

Se define como:

$$\frac{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}}{\text{CIC}} \times 100$$

< 35%	Bajo
35- 50%	Medio
> 50%	Alto

Obtenido de <https://es.slideshare.net/joguitopar/interpretacion-de-un-analisis-de-suelos-78466341>

A veces la materia orgánica es fácil de distinguir por su tamaño, por ejemplo, hojas pequeñas, ramitas, pedazos de madera podrida y gusanos. Hay otro tipo de materia orgánica tan pequeña que resulta invisible. Se denomina humus y se halla en el suelo en estado coloidal⁷ (FAO.Org, s.f.).

⁷ Sistema conformado por dos o más fases, normalmente una fluida (líquido o gas) y otra dispersa en forma de partículas generalmente sólidas muy finas, de diámetro comprendido entre 10-9 y 10-5 m.

Ilustración 43. El perfil del suelo



Fuente. <https://tuguiadeaprendizaje.co/taller-el-suelo-y-su-estructura/>

El humus es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos descomponedores (como hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negro debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica.

Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya no se descomponen más y no sufren transformaciones considerables (wikipedia.org, 2022).

No puede verse como los minerales, pero se sabe que está en el suelo por su color. El humus hace que el suelo parezca más oscuro que de costumbre, incluso negro. Las partículas de humus tienen la propiedad de atraer fuertemente los minerales del suelo hacia su superficie mediante la adsorción⁸ (FAO.Org, n.d.).

Importancia del humus en el suelo

- El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo:
 - » Da consistencia a los suelos ligeros y a los compactos; en suelos arenosos compacta mientras que en suelos arcillosos tiene un efecto de dispersión.

⁸ Fenómeno el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son retenidos en una superficie de una sustancia sólida o líquida.

- » Hace más sencillo labrar la tierra, por el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.
- » Formando agregados y dando estabilidad estructural.
- » Uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio.
- » Favoreciendo la penetración del agua y su retención, aumenta la capacidad de retención hídrica.
- » Reduce la erosión, el encostramiento y la compactación.
- » Facilita el drenaje del agua y el intercambio de gases.
- » Mantiene un régimen térmico más estable.
- » Reduce la evaporación.

• **Factores que Favorecen la Formación de Humus**

Para Jhonnstom (1991), la cantidad de humus en el suelo depende de muchos factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos, la vegetación de cuyos restos se forma, al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente ya en el suelo, los microorganismos activos en la descomposición (Gros y Domínguez, 1992). En la textura del suelo, el pH del suelo, la aireación, humedad y los factores climáticos. Las prácticas de manejo del cultivo también pueden tener un efecto sobre este parámetro, ya que, por ejemplo, el empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de los rendimientos (Primavesi, 1980).

En suelos agrícolas tropicales y subtropicales donde predominan las bacterias aerobias con su intensa actividad, la formación de humus es casi imposible. Con ello tendríamos un gran dilema: el humus acumulado en suelos tropical o subtropical ya sea de pastura o selvático, oscila, según la textura y el clima local, entre 3 y 6%; de 1 a 3 años este humus sería gastado por el cultivo, o mejor, por las condiciones que imperan en un suelo cultivado. Como la pérdida de humus significa la pérdida de la productividad del suelo, ello significaría abandonarlo por 8 a 20 años, para que haya nueva acumulación de humus. Este es el sistema de agricultura

nómada practicado en todas las zonas tropicales. No obstante, si desistiéramos de producir humus y nos contestásemos con mantener la estructura del suelo, que según Primavesi, Rusell y Bayer, es lo más importante, entonces tendríamos la posibilidad de recurrir solamente a la aplicación periódica de paja en el suelo, para abastecerlo de material vegetal descomponible y conseguir la producción continua de sustancias agregantes (Primavesi, 1980).

Propiedades químicas del suelo

Diversos autores e investigadores indican que las propiedades químicas propias de los suelos permiten:

- Aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Aumentar la reserva de nutrientes para la vida vegetal.
- Aumentar la capacidad tampón⁹ del suelo, es decir, la resistencia contra las variaciones bruscas del pH, lo que es muy importante para tierras fertilizadas químicamente, favoreciendo la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Mejorando la nutrición mineral de los cultivos.
- Aumentar la solubilidad/asimilabilidad de oligoelementos¹⁰.
- Formar fosfohumatos¹¹, quelatos¹² y complejos.
- Proveer y mantener las reservas orgánicas de nitrógeno y otros.

Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas propias de los suelos permiten:

- Favorecer los procesos de mineralización.
- Que el CO2 desprendido favorezca la solubilización mineral.
- Favorecer el desarrollo de la cubierta vegetal.

9 Resistencia que tiene el suelo a cambiar el pH cuando se le adicionan sustancias ácidas o básicas.

10 Bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos.

11 Fosfatos orgánicos. Se encuentran formando parte de moléculas integrantes de la materia orgánica o combinados con ácidos húmicos del suelo (humofosfatos).

12 Los quelatos son compuestos donde un nutriente metálico es ligado a un agente quelatante orgánico

- Favorecer la respiración radicular.
- Servir de alimento a una multitud de microorganismos, especialmente a los fijadores de nitrógeno, posibilitando así, su fijación.
- Ser fuente de energía para microorganismos heterótrofos activos en la descomposición.
- Regular la actividad macro y microbiana.
- Permitir que los ácidos orgánicos y alcoholes, durante su descomposición sirvan de fuentes de carbono a los microorganismos de vida libre.
- Estimular el crecimiento de la planta por ser un hetero condensado de sustancias fenólicas que contribuyen, no solo a la respiración y a la mayor absorción de fosforo, sino también a la sanidad vegetal (Primavesi, 1980). En un sistema ecológico equilibrado.
- Favorecer la aparición de micorrizas.
- Aumentar la actividad enzimática y la biotransformación.
- Contrarrestar el efecto de toxinas y biocidas produciendo antibióticos que protegen a las plantas de pestes, contribuyendo así a la salud vegetal.

Los microorganismos del suelo

Según Wild (1992), un suelo naturalmente fértil es aquél en el que los organismos edáficos van liberando nutrientes inorgánicos, a partir de las reservas orgánicas, con velocidad suficiente para mantener un crecimiento rápido de las plantas. La actividad biológica de los suelos es la resultante de las funciones fisiológicas de los organismos y proporciona a las plantas superiores un medio ambiente adecuado para su desarrollo. Pero la exigencia de los microorganismos edáficos en energía, elementos nutritivos, agua, temperaturas adecuadas y ausencia de condiciones nocivas es similar a la de las plantas cultivadas (Julca-Otiniano, 2006).

Los suelos contienen una amplia variedad de formas biológicas, con tamaños muy diferentes, como los virus, bacterias, hongos, algas, colémbolos¹³, ácaros, lombrices, nemátodos, hormigas y, por supuesto, las raíces vivas de las plantas superiores (Fassbender, 1982; Wild, 1992). La importancia relativa de cada uno de ellos depende de las propiedades del suelo (Thompson y Troeh, 1988).

¹³ Los colémbolos (Collembola) son una clase de artrópodos hexápodos cercana a los insectos, y a veces se les clasifica dentro de ellos.

Papel de diversos actores en el suelo y su importancia para mantener la sostenibilidad del cultivo

- Los insectos se encargan de degradar físicamente restos vegetales, triturándolos y luego inoculándoles con bacterias y hongos que los degradan en compuestos más simples.
- Las lombrices hacen cavernas dentro del suelo engullendo material vegetal y mineral sólido luego excretándolo recubierto de colonias bacterianas. En este proceso se generan agregados entre la porción mineral y compuestos pegajosos que mejoran la estructura de los suelos. La presencia de lombrices es un indicador de salud del suelo.
- Hongos y bacterias producen enzimas que liberan a sus alrededores y que descomponen macromoléculas como la celulosa, proteínas, almidones en iones y moléculas más pequeñas que son fuente de nutrientes para plantas y otros microorganismos. Los hongos micorrizas se asocian con las raíces de las plantas en una relación simbiótica en la que se benefician el hongo y la planta.
- Protozoos son organismos unicelulares algunos flagelados o con cilios que se desplazan en la película de agua que se encuentra en las superficies sólidas del suelo. Estos se alimentan de algas unicelulares y cianobacterias contribuyendo al reciclaje de nutrientes.
- Los nematodos son animales multicelulares (gusanos microscópicos) que se alimentan de bacterias, hongos e incluso de otros nematodos. Algunos son parásitos de plantas, pero otros contribuyen suprimiendo bacterias y hongos patógenos (Herrera Ramos, 2021).

Funciones de los microorganismos en el suelo (Herrera Ramos, 2021)

- Descomposición de materia orgánica para el reciclaje de nutrientes.
- El ciclo del carbono y del nitrógeno están mediados por los microbios del suelo.
- Las bacterias y hongos utilizan la materia orgánica como fuente de energía y nutrientes.
- Los microbios, en el proceso de descomponer los compuestos orgánicos para poder incrementar su biomasa, liberan nutrientes tales como nitrógeno, fósforo y azufre en formas que las plantas pueden

aprovechar; este proceso se denomina mineralización.

- Lo opuesto es la inmovilización, que es cuando los microorganismos integran estos nutrientes a su masa, limitando la disponibilidad para las plantas.
- Procesos como la nitrificación (paso de amonio a nitratos) y desnitrificación (producción de óxidos nitrosos y nitrógeno elemental a partir de nitratos) son mediados por géneros específicos de bacterias.

- Mejoran la estructura del suelo con la formación y estabilización de agregados, por medio de la excreción de compuestos que aglutinan las arcillas y material orgánico.
- Estos agregados dan lugar a macro y microporos que pueden almacenar aire y agua. Los poros más grandes contribuyen al drenaje de agua e intercambio de aire para mantener los procesos de respiración de raíces y microbios. Los poros pequeños retienen agua que las raíces pueden absorber.

Tabla 5. Bioestimulación de varios procesos específicos con microorganismos del suelo

Proceso	Hongos	Levaduras	Bacterias
Fijadores de nitrógeno simbiótico	Aspergillus	Saccharomyces	
	Penicillium	Rhodotorula	
	Rizhopus		
	Trichoderma		
Fijadores de nitrógeno no simbiótico			Rhizobium
			Frankia
			Actinomyces
Suavizadores de urea			Bacillus
			Clostridium
			Pseudomonas
			Micrococcus
			Aeromobacter
			Sarcina
Promotores de nitrificación	Aspergillus		Bacillus
	Penicillium		Nitrosomonas
			Clostridium
			Streptomyces
			Nocardia
fijación de fosforo	Aspergillus	Saccharomyces	Bacillus megaterium
	Penicillium	Rhodotorula	Bacillus mesenterus
	Rizhopus		Pseudomonas fluorescens
	Azospirillum		
Liberan Potasio			Bacillus
			Pseudomonas
			Clostridium
			Mucor
Transforman el azufre			Thiobacillus
			Bacillus
			Pseudomonas
			Artobacter
			Aspergillus

Adaptado de: Mauricio Navarro, Bioestimulando ando. <https://www.youtube.com/watch?v=VklH8QDKYv8>

Tabla 6. Bioestimulación de varios procesos específicos con microorganismos del suelo

Proceso	Hongos	Levaduras	Bacterias
Producción de fitohormona	(Regulan crecimiento, división celular, extensión de raíz)		
Auxinas			
Ácido indolacético. elongación y diferenciación celular y aumento del número de pelos radiculares			Pseudomona putida Pseudomona fluorescens
Giberelina			
Son transportadas desde la raíz hasta las hojas. Efectos notables en mayor desarrollo y transporte de nutrientes			<i>Bacillus atrophaeus</i>
Citoquininas			
División celular, efectos en brotación y raíz primaria <i>Bacillus atrophaeus</i>			Pseudomonas
Etileno			
Mediador y coordinador de señales internas, estrés en la planta <i>Bacillus atrophaeus</i>			Pseudomonas

Adaptado de: Mauricio Navarro, Bioestimulando ando. <https://www.youtube.com/watch?v=VklH8QDKYv8>

- Mejoran la absorción de nutrientes por las plantas. El asocio de raíces con hongos micorrizas permite mayor exploración del suelo para absorber nutrientes que se fijan en el suelo como el fósforo. El hongo recibe de la planta exudados para su metabolismo tales como carbohidratos y sus hifas se extienden explorando el suelo para absorber más nutrientes.
- Producen compuestos que estimulan crecimiento. La biota cercana a las raíces es más densa que la que se encuentra en el suelo lejano a la misma. La producción de exudados por las raíces atrae a géneros de bacterias que a su vez producen compuestos volátiles, fenólicos y otros, que estimulan rutas metabólicas incrementando el desarrollo de la planta. Este tipo de compuestos se conocen como promotores del crecimiento vegetal (Plant growth promoters” PGPR” por sus siglas en inglés).
- Una biota diversa y activa es indicador de suelos sanos, en los que, las plantas van a expresar su potencial productivo. Así mismo, la diversidad microbiana limita el desarrollo de patógenos y enfermedades.
- Es fundamental para una producción agrícola sustentable conservar e incrementar la diversidad microbiana en los suelos

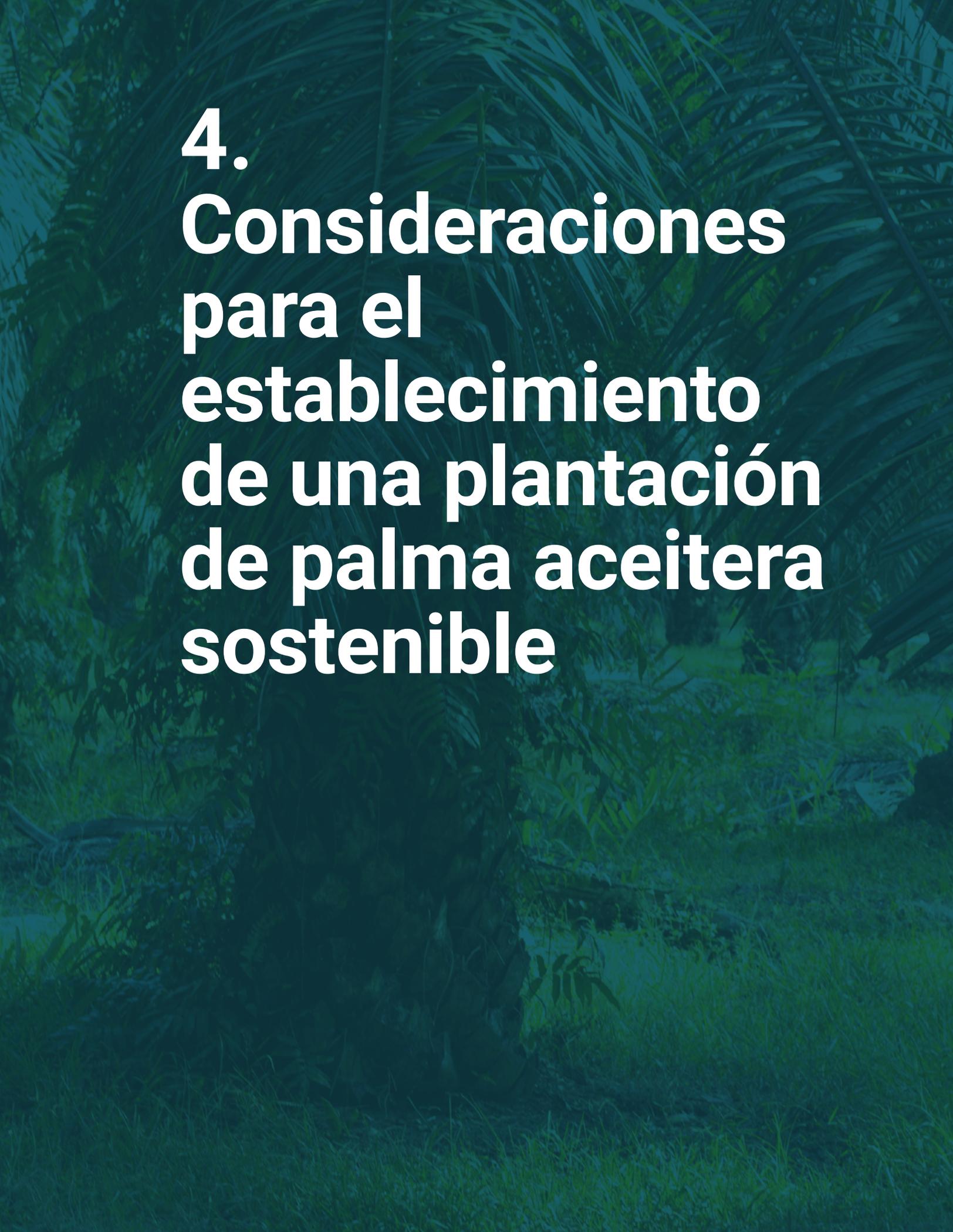
Apreciaciones sobre el uso de materia orgánica en los suelos cultivados con palma

Acorde a diversos investigadores la materia orgánica en el suelo facilita los mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas. Por ejemplo, se sabe que la capacidad del suelo para adsorber compuestos químicos como clorofenoles o cloroanilinas aumenta con el contenido en materia orgánica (Vangestel, 1996). La aplicación de enmiendas orgánicas también aumenta la degradación de fumigantes como el 1,3-D, bromuro de metilo y el isotiocianato metilo y disminuye la volatilización de estos tres pesticidas, cuando la enmienda se aplica en los primeros 5 cm del suelo (Gan *et al.*, 1998a; Gan *et al.*, 1998b). Los pesticidas con materiales catiónicos son firmemente adsorbidos por los coloides del suelo; en cambio, con los pesticidas ácidos hay muy poca adsorción, por lo tanto, se concentran en la solución suelo y en las fases gaseosas (Cremlyn, 1991); estos efectos de la materia orgánica también han sido sugeridos por otros autores (Anónimo, 1988; Graetz, 1997). (Julca-Otiniano, 2006). (food innovatione, 2019).

Tenemos que tomar en cuenta que aplicar Materia Orgánica actualmente es una tendencia creciente, que se ha convertido en una moda, es un tema muy dinámico y para algunos autores polémico, ya que, también puede suponer la proliferación de varias enfermedades o plagas, debido a los desbalances que se pueden realizar en el suelo, por lo que es muy importante primero conocer las características del suelo y tener en cuenta que es importante por tanto conocer más sobre las investigaciones y conocer a fondo la metodología de manejar el suelo integrando los conocimientos y la integración de la física, química y microbiología del suelo de la plantación para asegurar la mejor nutrición y altos rendimientos.

Es necesario propiciar un ambiente adecuado para regenerar y mantener un balance equilibrado de microorganismos para obtener un suelo saludable y supresivo en donde no sea necesario el uso de agro-tóxicos para hacerlo producir.

Antes de agregar materia orgánica u microorganismos individuales al cultivo, se debe estar seguro de que se cuenta con las condiciones adecuadas, poseer resultados de análisis técnicos y de suelos, especialmente en los suelos tropicales como los que contamos en la región del SAM, en donde las condiciones climáticas son tan variables y afectan directamente la velocidad de descomposición de la materia orgánica pues de lo contrario podemos dañar el cultivo por aplicaciones ineducadas de nutrientes o bien propiciar el crecimiento o la aparición de plagas y enfermedades.



**4.
Consideraciones
para el
establecimiento
de una plantación
de palma aceitera
sostenible**

Desarrollar nuevas siembras y resiembras debe tener consideraciones que no afecten el entorno, cumpliendo con los principios de las regulaciones y las consideraciones de sostenibilidad que se buscan con las normas de certificación, por lo que es necesario implementar las mejores prácticas agrícolas y bajo parámetros estandarizados.

Se pone a disposición de los usuarios de esta guía, las siguientes consideraciones y acciones que pueden ser aplicadas a todas las nuevas siembras y resiembras de cultivadores de Palma Aceitera.

1. Siembra – resiembra, renovación de plantación y nueva siembra

En las plantaciones de productores, que cuentan con materiales genéticos certificados el ciclo de resiembra se recomienda hacerlo hasta que la altura de las palmas ya no permite la cosecha, o la densidad de plantas por unidad de área se ve disminuida por enfermedades, plagas o eventos naturales, en más de un 30% de la población original.

En el caso de contar con materiales genéticos no certificados por fuentes estatales (por lo general ministerio de agricultura y ganadería de cada país), mejor conocidos como palmas duras, cuteras (Honduras) o ilegítimas, se recomienda la implementación de un plan de sustitución de material genético según las posibilidades del propietario de la finca.

Si es nueva plantación, si se encuentra agrupado en una organización, se debe notificar a su gestor de grupo y se debe tomar en cuenta el procedimiento para nuevas plantaciones, si no se encuentra organizado, se recomienda asesorarse con técnicos de las agencias gubernamentales para asegurarse de obtener información y orientación adecuada.

Procedimientos de nueva plantación (NPP) de la RSPO

El Procedimiento de Nueva Plantación (NPP) de la RSPO consiste en un conjunto de procesos que involucran evaluaciones que deben realizar los productores seguidas de una verificación por parte de los organismos de certificación (OC) antes de cualquier nuevo desarrollo de palma aceitera. La intención es

que las nuevas plantaciones de palma aceitera no tengan un impacto negativo en las áreas de Altos Valores de Conservación (HCV), las áreas de Altas Reservas de Carbono (HCS), las turberas, los suelos frágiles y marginales ni afecten los derechos de los pueblos locales, incluidos sus derechos sobre la tierra que se está desarrollando. Una implementación exitosa del NPP garantiza que los indicadores aplicables y relevantes de los Principios y Criterios (P&C) de la RSPO se implementen y cumplan cuando comience el nuevo desarrollo o cuando el productor esté listo y decida entrar al proceso de certificación.

El Estándar de Pequeños Productores Independientes de la RSPO (2019) solo se aplica a los Pequeños Productores Independientes según lo definido por el Estándar y la interpretación nacional o local pertinente. Los pequeños propietarios independientes que persiguen el Estándar para pequeños productores independientes de la RSPO no necesitan aplicar el NPP, pero deben demostrar el cumplimiento de los requisitos relevantes para las nuevas plantaciones/ desarrollos, tal como se describe en el estándar durante el proceso de certificación.

La plantación y cualquier desarrollo asociado solo pueden comenzar una vez que se completa la notificación de NPP y se otorga la aprobación de RSPO, así como también se cumplen todos los requisitos legales locales aplicables.

Se requieren las siguientes evaluaciones y planes de gestión integrales y participativos para su inclusión en el PNP, para garantizar que el nuevo desarrollo propuesto se realiza a través de un proceso de identificación y comprensión los valores ambientales y sociales presentes y la protección, el seguimiento y la gestión de dichos valores sobre la base de Estándares RSPO:

- Evaluación de Impacto Social y Ambiental (EISA).
- Identificación de Alto valor de conservación (AVC) y altas reservas de carbono.
- Evaluación del enfoque (HCSA) (en adelante, Evaluación del AVC-HCSA).
- Evidencia de participación de las partes interesadas y proceso del consentimiento libre, previo e informado (CLPI).
- Evidencia de idoneidad del suelo y levantamiento topográfico.
- Evaluación de gases de efecto invernadero (GEI).

- Análisis del cambio de uso de la tierra (LUCA).
- Plan de gestión integrado alineado al protocolo de nuevas plantaciones.

Las evaluaciones requeridas deben cubrir las áreas mínimas de nuevo desarrollo propuesto (solo áreas de NPP). Sin embargo, si existe un requisito específico para cumplir con la evaluación basado en las leyes, reglamentos, metodología o enfoque aplicables (es decir, evaluación basada en un enfoque de paisaje más amplio; se deben consultar los requisitos de evaluación respectivos descritos en el procedimiento NPP.

Consideraciones en el proceso de inicio de la plantación - Escenario de nueva plantación

Planificación

Independientemente del tamaño de la plantación, antes de iniciar cualquier movimiento, es necesario asesorarse acerca del cultivo, ya sea con un consultor acreditado, personas conocidas que ya estén en el cultivo, con la empresa a quien se le pretende vender la fruta una vez entre en producción o con una asociación de productores cercana. Hay que recordar que es una decisión que nos acompañará en los próximos 30 años, por lo que se debe consultar y analizar:

- ¿Es el negocio en el que quiero estar?
- ¿Cuál es la tendencia de mercado?
- ¿Tendré precio garantizado por mi producto?
- ¿El sector tiene los requisitos de clima y suelo idóneos para el desarrollo del cultivo?
- ¿Cuento con los recursos financieros y técnicos para hacerle frente a la inversión?
- ¿Existe en el sector del proyecto suficiente mano de obra especializada para desarrollar explotar el proyecto?
- ¿Qué impacto ecológico se provocará y como se hará la mitigación?
- ¿Cuál es el sentir de la comunidad en donde se realizará el proyecto con respecto al cultivo?

Después de reflexionar sobre estas interrogantes, si se toma la decisión, es aconsejable preparar un estudio de factibilidad económica con apoyo de un experto para asegurar el éxito del proyecto.

Consideraciones Sobre Aspectos de Clima y Suelo del Sitio del Proyecto

Es necesario tener en cuenta ciertos aspectos relacionados al clima y el suelo de área donde realizaremos la plantación. A continuación, se describen aspectos a tener en cuenta en ambas condiciones:

- **Clima.** (consulte la sección relacionada al Clima y la palma aceitera en esta guía.)
 - » Investigar con plantas extractoras o plantaciones grandes sobre las limitaciones climáticas por mes y año, de la zona específicamente sobre luz y radiación solar, temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial (lluvias), humedad relativa y velocidad y dirección del viento.
- **Suelo.** (consulte la sección relacionada al suelo y la palma aceitera en esta guía.)
 - » Es necesario realizar un análisis previo y completo de los suelos del proyecto y determinar aspectos físicos como topografía, textura, estructura, densidad aparente.
 - » En el aspecto químico, pH, capacidad de intercambio catiónico, disponibilidad de elementos como Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio, Azufre, Magnesio y microelementos como Hierro, Zinc, Molibdeno, Manganeso, Cobre, Boro, Cloro.
 - » En el aspecto biológico analizar la cantidad de materia orgánica presente y su relación Carbono/Nitrógeno, si es posible un análisis de la microbiología del suelo. (Referirse al módulo de suelo).

Con los resultados obtenidos el productor podrá conocer e identificar las probables limitaciones que tendrá en su cultivo y las distintas alternativas para atenuar sus efectos y obtener la mejor productividad posible en su terreno.

Consideraciones para la elección del material genético

En el mercado existen ofertas de varios cruces genéticos procedentes de varios países (Ecuador, Colombia, Costa Rica, Honduras, Indonesia, Malasia, entre otros) y todos tienen una característica en común: *“Son los de mejor productividad al compararlos con los de la competencia”* cuando son aplicados en los lugares donde se manejan, en concordancia con el clima, suelo y manejo en el respectivo país o empresa de origen, es importante tener en cuenta que, al variar el entorno edafoclimático, su comportamiento sea distinto; por esa razón se debe hacer investiga-

ción en empresas dedicadas al cultivo cercanas al proyecto en desarrollo y analizar el máximo potencial productivo alcanzado con manejo adecuado y en condiciones de clima y suelo similar a las del proyecto que se pretende desarrollar; lo anterior es de suma importancia pues marca el techo de productividad a alcanzar en la zona y será la utilizada en el plan de inversión, estudio financiero o estudio de factibilidad.

La experiencia dicta que el potencial productivo de los materiales actuales es muy similar y la gran diferencia para alcanzar el máximo potencial genético en una zona de referencia, está más influenciado por clima, condiciones de manejo de suelo y el manejo del cultivo, es decir, la manera en que se mitigan los factores limitantes de clima, suelo, microbiología del suelo y filosfera¹⁴, polinización, cosecha y evacuación/transporte de la fruta.

Al realizar la investigación del comportamiento de los materiales genéticos en la zona del proyecto, se debe también indagar; resistencia a enfermedades, tolerancia a factores ambientales limitantes, razón de área foliar (LAR), bajos índices de "materia vegetal total" (VDM), reducción del incremento del tronco (TH), mantenimiento del rango óptimo el índice de área foliar (LAI), pedúnculos del racimo largos, P x S más delgados y suaves, Frutos víresenos, todos aspectos que se pueden consultar la sección de botánica del cultivo.

La palma requiere al menos 3-5 años en el campo para demostrar todo su potencial y por lo general, es demasiado tarde reemplazar las plántulas de pobre rendimiento, por tal motivo se aconseja asegurarse que el material a adquirir ya sea semillas o plantas sea con certificado de origen y de viveros bien manejados.

Ilustración 45. Viveros de palma con buen manejo (alineamiento, sistema de riego, coloración y uniformidad de las plantas)



Fuente. LAG Consultoría

14 Filosfera es la superficie total sobre el suelo de una planta cuando se ve como un hábitat para microorganismos.

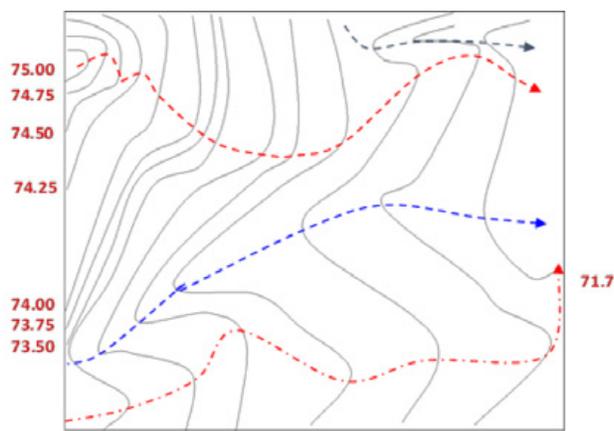
Consideraciones para la adecuación del suelo o sitio de siembra

Delimitación del área

Sin importar el tamaño de la parcela, se debe levantar una poligonal del terreno para obtener plano, preferentemente georreferenciado, resaltando límites vecinales y características relevantes, como y sin limitar a: cauces de aguas corrientes, edificios, caminos vecinales, tendido eléctrico.

Todo lo anterior es de importancia a la hora de registrar la tierra en el registro de la propiedad y en su momento será un requisito para cumplir en una futura certificación y trazabilidad de la fruta. Adicionalmente, si el terreno es ondulado se necesita un plano altimétrico curvas a nivel.

Ilustración 46. Plano en curvas a nivel, adecuando caminos y drenajes a la topografía del terreno

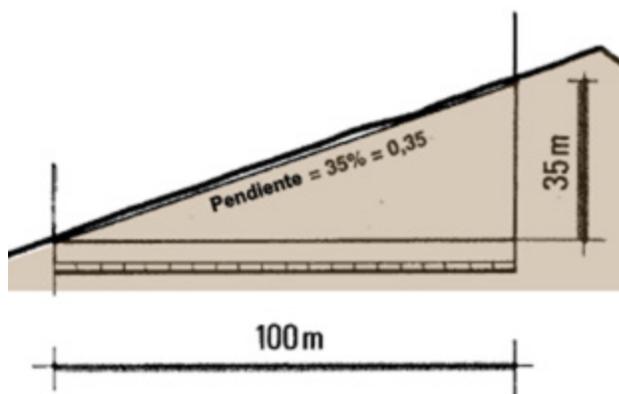


Fuente. presentación Power Point de: Actividades realizadas en la plantación de Santa María de Palmerito (Maní, Casanare).

Es importante conocer, que, RSPO, limita la siembra hasta los 25° grados de pendiente, equivalente a 45.36% de inclinación, pero, por ejemplo, en el caso de Honduras la ley forestal permite siembras agrícolas hasta el 32% de pendiente, por lo que, en este caso, la ley nacional prevalece sobre la pendiente recomendada, por ser más estricta y limitar el riesgo de erosión.

Con los planos a la vista podremos hacer un diseño de la futura plantación, en donde se debe plasmar los futuros caminos, drenajes y dirección de siembra. Al hacer el diseño de la plantación nunca se debe perder de vista que lo prioritario es evacuar la fruta de una manera expedita y económica, lo que debe ir amarrado con el diseño de drenajes y caminos.

Ilustración 47. Cálculo de pendiente



Fuente: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6707s/x6707s04.htm

Conversión del porcentaje de pendiente en grados, o de grados en porcentaje:

1 grado equivale aproximadamente a 1.81441 por ciento;

1 por ciento corresponde aproximadamente a 0.55114°;

una pendiente de 45° es igual a una pendiente de 100 por ciento.

Una vez diseñada la futura plantación, se debe revisar el plan financiero inicial y ajustarlo con datos actualizados en volumen y precio de las actividades analizar variaciones resultantes a este nivel y hacer los ajustes necesarios.

Despeje o limpieza del terreno

Partiendo de la premisa de que no se harán despejes de bosques primarios, pero si el terreno ha estado en descanso por más de 3 años, automáticamente se activa el protocolo de nuevas plantaciones y se deben hacer los estudios pertinentes previos a iniciar labores.

Apilamiento (amontonar, arrumar) de residuos vegetales

Una vez solucionado el obstáculo y en vista de que el material vegetal a despejar es denso, se debe acordonar o arrumar en función del diseño previamente establecido para evitar que interfiera con las líneas de siembra, drenajes o futuros centros fruteros.

Ilustración 48. Diseño de plantación sobre un terreno plano, indicando la posición de la infraestructura necesaria



Fuente. LAG Consultoría

Ilustración 49. Apertura de trochas de acceso a nuevo terreno de siembra

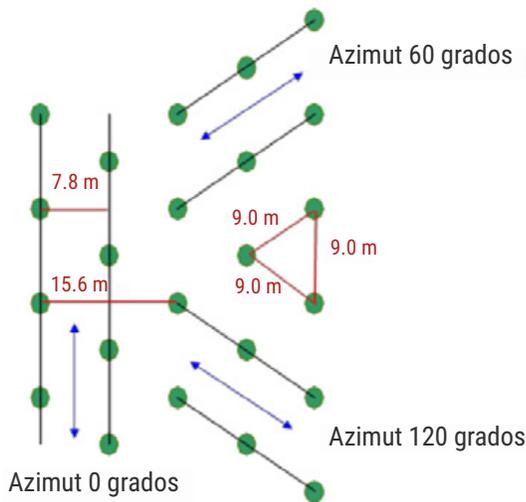


Fuente. LAG Consultoría

Por lo general los apilamientos se hacen norte a sur que es lo recomendable o en los azimuts¹⁵ (calles alternas), básicamente por diseño de drenaje, pero siempre respetando la dirección norte – sur de las líneas de siembra.

¹⁵ Azimut: Ángulo formado por una línea de dirección utilizando como línea de base los meridianos que convergen en el Norte geográfico. Rumbo: Ángulo formado por una línea de dirección utilizando como línea de base el Norte magnético, medido con la brújula.

Ilustración 50. Sistema de siembra triangular o tresbolillo para aprovechar el terreno al máximo



Fuente: presentación Power Point de: Actividades realizadas en la plantación de Santa María de Palmerito (Maní, Casanare).

Dependiendo del área del proyecto el despeje se puede hacer manual, mecánico con equipo liviano o pesado. Siempre se debe evitar que el suelo quede desnudo para que, la materia orgánica resultante, guarde humedad, evite la erosión, pérdida de microbiología por sobrecalentamiento del suelo, ayude a mantener estructurado y fértil el suelo.

No se debe usar fuego para bajar el volumen de los arrumes o materia orgánica sobre el suelo, ya que ello sobrecalentaría el suelo, aniquilando los microorganismos, destruyendo la materia orgánica, acelerando la erosión, destruyendo o disminuyendo la porosidad del suelo y con ello se aceleraría la compactación y formación de costras superficiales impidiendo la infiltración del agua y en general acelerando la degradación y afectando la fertilidad del suelo.

Mecanización agrícola

El estudio previo del suelo nos indicara si hay necesidad de realizar laboreo profundo en caso de detectar capas de compactación, lo que será común en suelos dedicados a otros cultivos o ganadería; en ese caso realizar laboreo vertical con subsoladores y dependiendo de la profundidad talvez sea necesario el uso superficial de rastras para nivelar los sur-

Ilustración 51. Trazo de siembra usando las calles alternas (azimuts) para los apilamientos de restos vegetales en función del diseño de drenaje, pero siempre respetando la dirección de siembra norte – sur



Fuente. Obtenido de Google Earth, LAG Consultoría.

Ilustración 52. Izquierda: despeje manual de terreno, por lo general usado en pequeñas plantaciones. A la derecha, despeje mecánico liviano, con rolo o cilindro usado en vegetación baja o pastizales



Fuente. LAG Consultoría

Ilustración 53. Izquierda, subsolador profundo. Derecha, rastra liviana para nivelación superficial



Fuente. LAG Consultoría

cos dejados por el subsolador evitando accidentes a la hora de siembra; en todo caso la labranza será necesaria solo para corregir compactación y si se determina sembrar algún otro cultivo como maíz, cobertura de leguminosas, frijoles etc., se recomienda usar cero o labranza mínima. No se recomienda voltear el suelo con arados, ya que al voltear el suelo se elimina la biodiversidad o biota del suelo al exponerlos directamente al sol y lógico afecta su fertilidad y características fisicoquímicas al desequilibrar microbiológicamente el suelo.

Consideraciones en el proceso de inicio de la plantación - Escenario de resiembra de la plantación

Resembrar una plantación es el momento adecuado para remediar errores que se cometieron en el pasado y con la experiencia acumulada durante el ciclo de la plantación anterior, se enfrenta al nuevo reto con más conocimientos.

Ilustración 54. Izquierda, picudo de la palma (*Rynchophorus palmarum*). Derecha, daño directo en el tronco por las larvas del picudo, las que permanecen de 45 a 60 días haciendo galerías en el tronco, mientras se alimentan del tejido vascular



Fuente: Fotos de Wikipedia

Condiciones previas

En áreas de resiembra, teniendo en cuenta la alta incidencia de la enfermedad anillo rojo, especialmente en Honduras y parte de Guatemala, es recomendable el envenenamiento de las palmas con MSMA u otro producto que seque rápidamente el tejido vascular de las palmas, 30 a 40 días antes de la botada de las plantas para evitar que estas se conviertan en sitios de reproducción del picudo de las palmas, *Rynchophorus palmarum* vector del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, que produce la enfermedad del anillo rojo, aunque también el picudo es capaz de matar por sí mismo a las palmas por la cantidad de galerías que efectúa en su estado larvario dentro del tronco, especialmente si estas llegan al punto de crecimiento.

Actualmente ante el apareamiento de la pudrición del cogollo (PC) en Honduras, este tema, o sea, el control del picudo tiene más relevancia pues la pudrición del cogollo (PC), atrae al picudo y aunque la PC tratada adecuadamente no es mortal, si se descuida la población de picudos puede diezmar más palmas que la misma PC.

Botada o tumbado de las plantas.

30 días después de envenenar de las palmas, asegurando que el arboricida a traslocado correctamente, se procede a tumbar las plantas para lo que se recomienda el uso de excavadoras de 120 o más caballos de fuerza por ser más eficientes en tiempo, protección de la capa orgánica del suelo, especialmente al arrumar o apilar las palmas, ya que la ventaja para trasladarlas al sitio de apile, evitando con

ello el arrastre de la capa orgánica tal y como lo hace un bulldozer efectuando la misma labor.

Una vez botadas las palmas y puestas en el sitio de apilamiento, si el riesgo de infección de picudo es alto, se procede, como una segunda medida preventiva, a seccionar las palmas en tajadas o rebanadas de no más de 25 cm de ancho. Esta medida acelera la descomposición del material vegetal en el sitio de apile evitando la colonización del picudo.

Otra alternativa es botar las palmas sin envenenar, rebanarlas in situ y dejarlas ahí para su descomposición, evitando el costo de la apilada; esta práctica debe ir acompañada de fumigaciones posteriores de insecticidas de síntesis química o biológica, por lo menos 3 ciclos cada 15 días, iniciando el segundo día después de botada. El objetivo de la fumigación es bajar la población de picudos y los que logren sobrevivir, muy difícilmente completarán su ciclo de vida, ya que las larvas sobreviven 60 días después de eclosionar y en ese tiempo la tajada del tronco ya está seca y no podrá alimentarse, cosa que no sucede si el tronco queda intacto después de tumbado, en donde se han encontrado larvas después de 1 año de haberlos eliminado.

Una alternativa adicional es, envenenar y dejar las palmas sin botarlas, sembrando la nueva plantación en las interlineas. Las palmas se descomponen en el sitio y la única desventaja es que las hojas una vez secas, caen, y pueden dañar algunas palmas pequeñas. Como se apuntó al inicio, antes de iniciar la siembra hay que evaluar lo pertinente a drenaje, compactación de suelo, dirección de las líneas de plantas, etc. y corregir lo necesario.

Ilustración 55. Botada de palma previamente envenenada con excavadoras. Arriba en acción de botar la palma. Abajo. Apilamiento de material vegetal y el terreno sin disturbar, listo para siembra entre arrumes o apilamientos



Fuente. LAG Consultoría

Ilustración 56. Botada de palma sin envenenar previamente. Izquierda, botando la palma. Derecha, picando la palma en el sitio. No se hacen apiles



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=1JKSXYws348&t=51s>

Ilustración 57. Siembra sin botar las plantas, después de envenenarlas, dejándolas que se descompongan en el sitio



Fuente: LAG Consultoría.

Underplanting

Otra alternativa utilizada al momento de resembrar una plantación es el *Underplanting*, llamado así pues la plantación nueva es sembrada debajo de la plantación vieja, la que se va eliminando paulatinamente en el tiempo, permitiendo su cosecha por 1 o 2 años más, tiempo en el que genera flujo de caja necesario para subsistencia del productor y hacerles frente a los gastos de establecimiento de la nueva siembra.

Más que agronómico el *Underplanting* es un sistema basado en economía, pues aunque el productor se discipline en la eliminación sistemática de la plantación vieja, siempre va a existir un retraso en el crecimiento y entrada a producción de la nueva, por daños mecánicos de las hojas al momento de la cosecha o al desprenderse, una vez secas, de las palmas eliminadas; por el equipo de evacuación de fruta pero el mayor estrés es el causado fisiológicamente al no recibir las palmas la radiación solar suficiente para lograr una fotosíntesis plena, lo que origina un atraso a la entrada de producción al menos de 1 año.

Antes de iniciar el *Underplanting* se debe eliminar todas las palmas enfermas, malas productoras o las que en ese momento no tengan racimos y todas aquellas que no se alcancen con la herramienta de cosecha usada. Por lo general oscila en un 30% de eliminación. El resto de las palmas deben ser podadas dejando entre 30 a 36 hojas, respetando la norma de dejar dos hojas abajo del último racimo, de tal manera que permita mayor entrada de luz.

La segunda eliminación se hace 6 a 9 meses después y se le da prioridad a aquellas palmas que quedaron juntas en la primera eliminación, eliminando 1 de cada 2 palmas, lo que da por resultado la eliminación de un 30% al 40%, partiendo de la población original. La última eliminación se realiza entre 6 a 12 meses después de la segunda, lo que dependerá básicamente del productor.

El método de eliminación de las palmas es el de inyección al tronco de un arboricida como el MSMA u otros del mercado, que garantice que el tronco se seque lo más rápido posible para que el picudo no pueda cumplir su ciclo de vida. Las palmas se dejan podrir en pie, no se botan.

Previo a la siembra y al igual que los otros métodos, se debe analizar: compactación de suelo, infraestructura (caminos, drenaje) y material genético.

Siembras en áreas con pendientes

Los procedimientos para la limpieza y preparación de tierras en áreas con pendientes deben ser bajo prácticas orientadas hacia la conservación del suelo y el agua, evitar el lavado de nutrientes y facilitar la recolección de los racimos de fruta fresca (RFF), la fertilización y otras prácticas de mantenimiento de la plantación. Por consiguiente, la tala y el acordnamiento de material vegetal residual deben ser hechos transversalmente a la pendiente, al igual que la labranza si esta fuese necesaria.

Ilustración 58. Underplanting, o siembra de la nueva plantación abajo de la que se va a renovar, mientras la vieja se sigue cosechando



Fuente: LAG Consultoría

Las terrazas en contorno con pendiente hacia adentro se han usado con frecuencia para reducir la erosión y maximizar la conservación de agua en áreas inclinadas. Las plataformas individuales también son utilizadas en suelos menos estables y poco profundos, en los que se debe provocar el mínimo disturbio posible. Las terrazas y plataformas ayudan a reducir la longitud de las pendientes y permiten conservar mejor la humedad del suelo y son muy recomendables en áreas con pendientes mayores a 10° (18%).

Las terrazas en contorno son más efectivas en la intercepción y retención del agua de escorrentía, y facilitan las labores de cosecha y acarreo de los RFF. Estas terrazas son normalmente construidas con tractores de oruga de 100 caballos de fuerza (Hp), tipo D4 Cat, preferente equipados con hoja con inclinación de ángulo y orientación variable (VPAT, Variable *Pitch Angle Tilt*) para más versatilidad y un ajuste más sencillo. Usualmente tienen 3 metros de ancho de corte cuando son realizados en suelos profundos. No obstante, el ancho de las terrazas se reduce a 3-4 metros cuando la pendiente es mayor de 20° (37%) o bien los suelos son poco profundos (<1 m).

Normalmente, las terrazas llevan una pendiente hacia adentro menor del 3%, con el objeto de conservar la humedad y reducir la erosión y el lavado de fertilizante.

Usualmente, las palmas son plantadas a 1-1.5 m de la parte interna de la terraza con el objeto de dejar un mayor espacio para el personal que pasa durante la recolección de los RFF y las operaciones de mantenimiento. Debido a la distancia variable entre terrazas en pendientes irregulares, las distancias de siembra deben ser ajustadas apropiadamente. La siguiente fórmula puede ser usada para calcular la distancia entre las palmas:

$$DS = \frac{10\,000}{N \cdot DT}$$

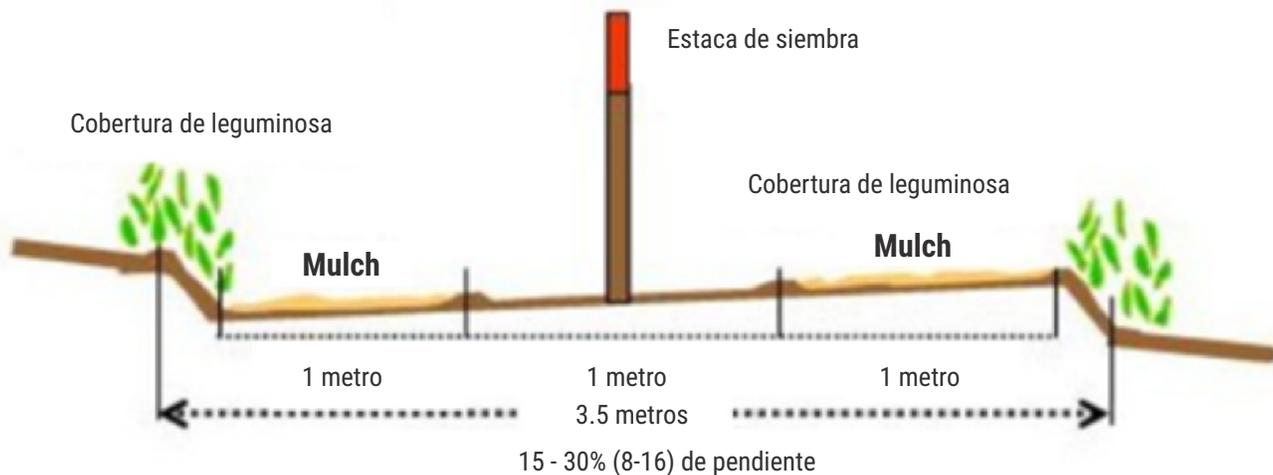
Dónde:

DS: Distancia de siembra (metro)

N: Número deseado de palmas/ha

DT: Distancia entre terrazas adyacentes a la que se siembra (arriba y abajo)

Ilustración 59. Construcción de plataformas y veredas peatonales de un metro de ancho para conectar las plataformas, siguiendo las curvas a nivel



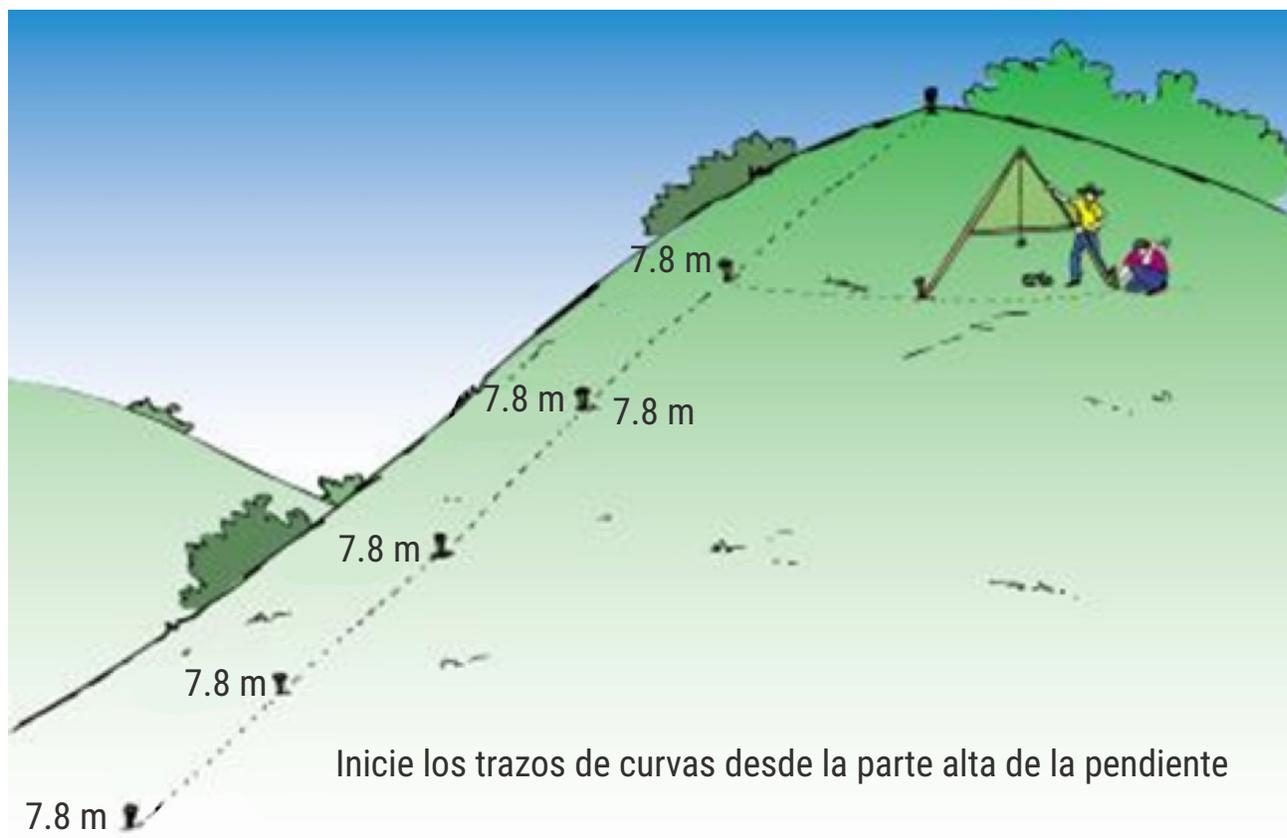
Fuente: <http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=180&page=-2#section2443>

Las plataformas normalmente miden 3 metros de radio y es preferible que sigan líneas de contorno. Cuando las plataformas se construyen a lo largo de líneas en contorno es conveniente conectarlas entre ellas con senderos de un metro de ancho, para facilitar el movimiento de los trabajadores entre palma y palma y la eventual evacuación de los RFF. Cuando se siembra en plataformas en patrón triangular, es importante construir especie de terrazas en contorno de 3 m de ancho cada 32 m, para reducir la erosión y eventualmente evacuar los RFF por las mismas.

Marcar las líneas de contorno no es tan simple y por ello para plantaciones sobre 10 has es mejor contratar personal capacitado para asegurar un buen trabajo, pero si el productor se decide a hacerlo el método más sencillo es utilizar el nivel A.

El primer paso es determinar que parte de la propiedad tiene el nivel con mayor pendiente y sobre esa pendiente trazaremos una línea denominada línea de pendiente. Partiendo de la estaca más elevada, se marca la separación entre curvas que se desee; en el caso de palma se recomienda cada 7.8 m. (ver ilustración 59).

Ilustración 60. Marcando curvas a nivel o en contorno



Fuente: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENP36159.pdf>

El segundo paso es marcar el contorno con el nivel A, lo que se hace transversal a la pendiente y se van colocando estacas que marcan el nivel o contorno, empezando de la parte más alta hacia abajo.

Una vez sembrada la palma el terreno se debe proteger con cobertura vegetal para evitar erosión y pérdida de fertilidad. La cobertura con leguminosa es muy apropiada en este caso por su aportación de materia orgánica, fijación de nitrógeno atmosférico y protección de pérdida de suelo por escorrentía, por su frondosidad.

Ilustración 61. Siembra de palma aceitera en terrazas



Fuente: <https://twitter.com/FranRecords95/status/1376536933162180609>

Ilustración 62. Protección del suelo con cobertura leguminosa



Construcción de caminos, puentes y pasos de alcantarillas

Dependiendo del tamaño de la plantación, lo alejado que esté de los caminos troncales o principales en el diseño original se debe contemplar la construcción de infraestructura vial y su cronograma de ejecución, que debe reflejarse en el flujo de caja proyectado.

Es indispensable construir el camino de acceso al proyecto y el camino principal en la plantación, permitiendo la entrada del equipo de adecuación del terreno de cultivo, drenaje y posteriormente la distribución de plantas para siembra; los caminos secundarios se pueden diferir

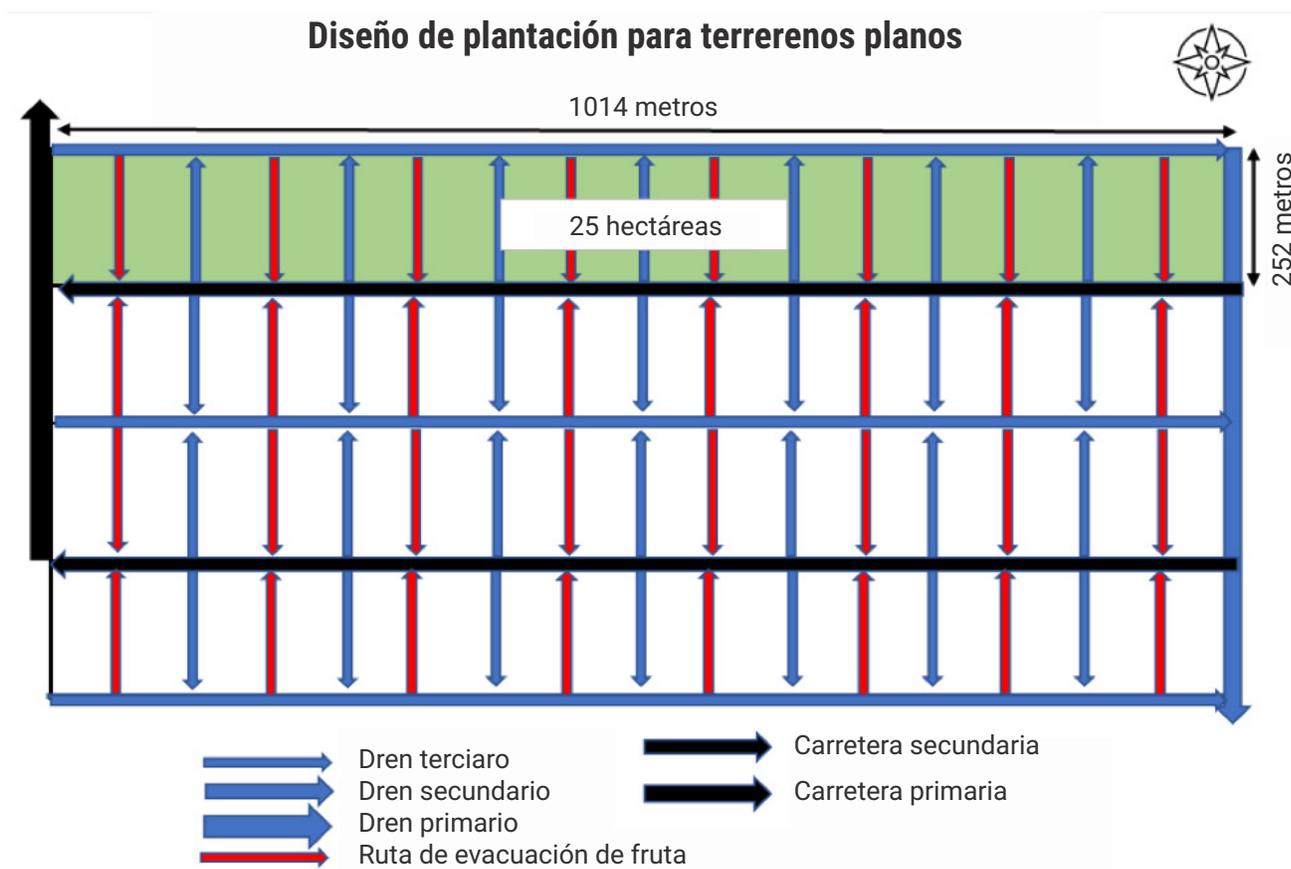
1 a 2 años, aunque lo ideal, si no hay limitación económica, sería construirlos el primer año. Caso contrario se debe dejar las trochas o el espacio abierto para su construcción posterior.

Ilustración 63. Izquierda, camino de acceso; derecha, camino primario a la plantación



Fuente: LAG Consultoría

Ilustración 64. Diseño sencillo de plantación, tratando de disminuir al mínimo la construcción de infraestructura



Fuente LAG Consultoría.

Plantaciones de tamaño pequeño no tienen la necesidad de realizar una inversión tan alta, pero si es necesario que adecuen un camino a sus necesidades y lo más importante que no introduzcan equipo mecanizado al interior de las parcelas para evacuar la fruta, para prevenir la compactación del suelo y destrucción radicular.

En el diseño propuesto en la ilustración 63, el lindero o límite de la plantación, está rodeada por canales o caminos, lo que es una manera práctica de delimitar la parcela.

Entre canales hay 8 hileras de palma o sea la distancia entre canales es de 62.4 metros, que para terrenos francos y con un metro de profundidad promedio, garantizan el escurrimiento del agua libre o gravitacional en el terreno, por lo menos en 24 horas. Entre más arcilloso el terreno más cerca deben estar las zanjas, por ello es importante hacer el estudio de suelos físico, químico y biológico, previo al inicio de la plantación.

La profundidad o sea el ancho de la parcela es de 252 metros (28 palmas por hilera), distancia determinada para obtener la máxima eficiencia en la evacuación de fruta si se usa tracción animal o mecánica liviana. Es importante que el peso de carga no sea superior a los 700 kg de fruta.

Si se hacen drenes cada 8 hileras, se puede tomar la decisión de evacuar la fruta cada 2 hileras, haciendo 3 entradas en la tapa o hacer un centro frutero a la mitad de la tapa o sea 4 hileras por lado. Con esta decisión reducimos en un 66% el área a compactar.

Los caminos primarios por lo general deben ser derechos sin vueltas cerradas que permitan el tránsito de camiones o trenes de vagones largos, doble vía y bien mantenidos pues son las rutas de destino a la planta extractora y lo anterior es parte de eficiencia del transporte de la fruta.

En el diseño aparecen con un espacio total de 15.8 metros que es el resultante de eliminar una hilera de palma las que están separadas 7,8 metros.

Tabla 7. Dimensiones recomendadas de caminos a construir

Dimensiones de caminos de plantación asumiendo densidad de 143 plantas por hectárea						
(Espacio entre hileras = 7.8 m Espacio entre plantas = 9 m)						
	Espacio total (metros)	Superficie de rodada (metros)	Grosor de material selecto (cm)	Total, metros cúbicos de material selecto por metro lineal	Talud (metros)	Ancho total (metros)
Carretera primaria	15.6	6	25	1.5	1.5	9
Carretera secundaria	13.5	4	25	1.0	1.5	7

Fuente: LAG Consultoría

En los secundarios el espacio se genera al eliminar 1 palma, en dirección este – oeste, de cada hilera y por su disposición triangular al final resulta un espacio de 13.5 metros la superficie de rodada es menor por el tránsito reducido (cada ciclo que se cosecha).

Drenaje del terreno

El drenaje agrícola es el conjunto de obras que es necesario desarrollar en una parcela cuando hay presencia de exceso de agua sobre la superficie del terreno o dentro del perfil del suelo.

El ambiente palmero en el marco del Ecosistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), es caracterizado por periodos secos (lluvias menores a 100 mm al mes) de por lo menos tres meses en el año e inviernos copiosos con intensidades de lluvia sobre los 150 mm por día o en ocasiones periodos de lluvia continua de más de 10 días, por lo que se deben considerar la construcción de drenajes abiertos y con flujo no constante.

Se recomienda un espaciado y profundidad de drenes para bajar el nivel freático a profundidad deseada, por lo general 1 metro de profundidad, 48 horas después de un evento de recarga de agua (riego o lluvia).

El sobre drenaje es tan perjudicial como el mal drenaje, especialmente en este ambiente de prolongados veranos. Si el déficit hídrico sobrepasa los 300 mm constantemente, se debe considerar la opción de irrigación.

Para diseñar el espaciado y profundidad de los drenajes, debemos conocer: topografía del suelo (mapas altimétricos o curvas a nivel), textura, conductividad hidráulica, densidad aparente (porosidad efectiva), altura del nivel freático, ayudaría mucho si hay freatómetros y lecturas de por lo menos un año, capas compactadas en el suelo, registros diarios de precipitación, dirección de flujo de los cauces naturales.

Ilustración 65. Construcción de drenes abiertos.

Izquierda. Canal secundario, su función es bajar la capa freática. Derecha. Dren secundario; su función es la evacuar rápidamente excesos de agua superficial, aunque también ayuda a mantener el nivel freático bajo



Fuente: LAG Consultoría.

Tabla 8. Conductividad hidráulica para diferentes texturas de suelo

Conductividad hidráulica (K) m/día	Interpretación	Tipo de suelo
>6.00	Muy elevada	Arenosos con gravas y gravillas
3.00 - 6.00	Elevada	Arenoso, arenoso franco
1.56 - 3.00	moderadamente elevada	Franco arenoso
0.48 - 1.56	Moderada	Franco. Franco limoso, franco arcilloso
0.12 - 0.48	Moderadamente lenta	Franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso
0.02 - 0.12	Lenta	Arcilloso, arcillo limoso
<0.02	Muy Lenta	Arcilloso densos

Fuente: Servicios de conservación de suelos USA (1994). Tomado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual drenaje_de_suelos_para_uso_agricola.pdf

Con los datos anteriores, un experto podrá calcular científicamente la profundidad y espaciado de los drenes terciarios; No olvidar que los drenes deben ir separados en múltiplo de 2 hileras; para el caso, si la densidad es 143 palmas/ha, la separación entre hileras es 7.8 metros. Por lo que la separación entre drenes puede ser. 15.60, 31,20, 46.8, 62.4 metros. La razón de lo anterior es porque los corteros de fruta llevan 2 surcos o hileras de palma al momento de la cosecha y llevar números impares afecta la eficiencia y eficacia de la cosecha.

Beneficios de mantener el suelo bien drenado

En Agronomía, bien drenado es sinónimo de bien aireado y este sinónimo de suelo sano, fértil ya que, al mantener agua y aire en equilibrio en los poros del

suelo, los minerales y biota¹⁶ del suelo están disponibles para la planta. Mal drenaje es sinónimo de plantas débiles, enfermas, por inadecuada aireación en las raíces, restricciones de la respiración, altas concentraciones de CO₂ hasta volverlo tóxico, concentraciones tóxicas de hierro y manganeso reducido, sulfuros y gases orgánicos.

En condiciones de mal drenaje o sea anaerobiosis, se rompe el equilibrio biológico del suelo y esto permite a los organismos que sobreviven en este ambiente, como la Rhizoctonea, Erwinia, Pseudomonas, fusarium, crecer y dominar sobre los organismos que necesitan oxígeno para sobrevivir y empieza la planta a mostrar síntomas de debilidad por pudrición

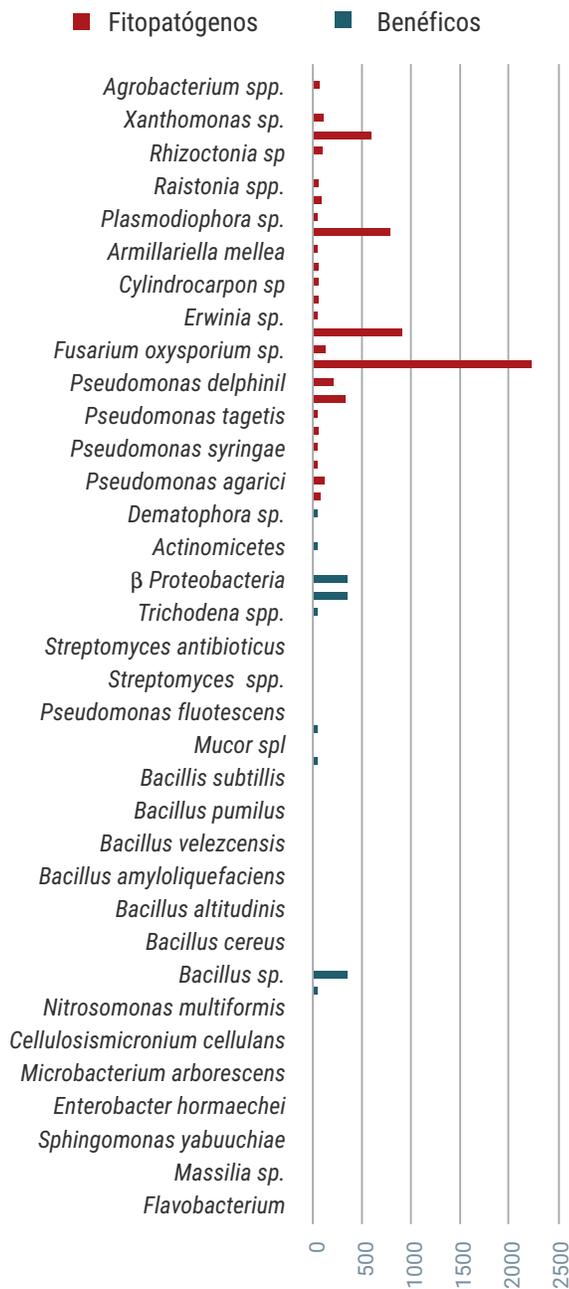
¹⁶ La biota del suelo o edáfica se encarga de procesos fundamentales para el ecosistema como son la descomposición y el reciclado de los nutrientes.

Ilustración 66. Izquierda. Suelo sano, permite un buen desarrollo radical. Derecha. Suelo enfermo, mal drenado, raíces muertas por falta de oxígeno (anoxia)



Fuente: presentación Power Point Carmona A.

Ilustración 67. Microorganismos presentes en un suelo mal drenado y sin cobertura orgánica



Fuente: Joaquín Torres. ASD Costa Rica. Análisis Realizado en Laboratorio Molecular Agropecuario LAMA S.A.

nes causadas especialmente al sistema radical. Una planta débil es más propensa al ataque de insectos, hongos y bacterias, en la parte aérea.

En condiciones de buen drenaje existe un equilibrio entre todos los organismos del suelo o biota edáfica, debido a que, en la cadena trófica o cadena alimenticia, todos son necesarios y viven en simbiosis conjuntamente con el sistema radicular de la planta.

Medidas precautorias en el acondicionamiento del suelo

- No usar fuego en ninguna etapa.
- Respetar los bosques de galería o vegetación riparia¹⁷ en las corrientes naturales de aguas.
- Respetar el protocolo para el establecimiento de nuevas plantaciones; en resiembras, aunque no están obligados a cumplirlos, pero en un afán de estar en armonía con el ambiente, si hay algo que se pueda mejorar, mejorémoslo.
- Usar racionalmente o en el mejor de los casos eliminar el uso de agrotóxicos en la plantación.
- Cuando se use maquinaria en el despeje, apilamiento, adecuación y drenaje del suelo, no contaminar el mismo con derrames de combustibles, lubricantes o metales. Toda refacción o lubricantes cambiado, o combustible derramado debe ser depuesta adecuadamente según lo indique la administración de la finca.
- Velar por el buen trato y pago justo del personal, incluyendo a los contratistas, respetando lo concerniente a los derechos humanos, trabajo infantil, discriminación sexual. Jornadas de trabajo, entre otros.
- Dotar del equipo de protección adecuado (EPP) y herramientas de trabajo según la actividad realizada.
- Respetar los derechos consuetudinarios de las comunidades vecinas a la plantación, entre otros: derecho de paso vial, agua, electricidad.
- Ayudar a la comunidad, en la medida de lo posible en proyectos educativos, reforestación, infraestructura sanitaria, mantenimiento vial

¹⁷ Los bosques riparios son agrupaciones arbóreas en las riberas de las corrientes de agua. Estos bosques son importantes en la conservación de diferentes especies y hábitats. La tala de bosque para la actividad agropecuaria y los fenómenos naturales han reducido y degradado la vegetación de ribera.

2. Consideraciones generales para la siembra

Es importante programar la siembra para el comienzo de la temporada de lluvias. De esta manera, las palmas jóvenes tendrán el mayor tiempo posible para desarrollar su sistema de raíces para resistir la siguiente estación seca.

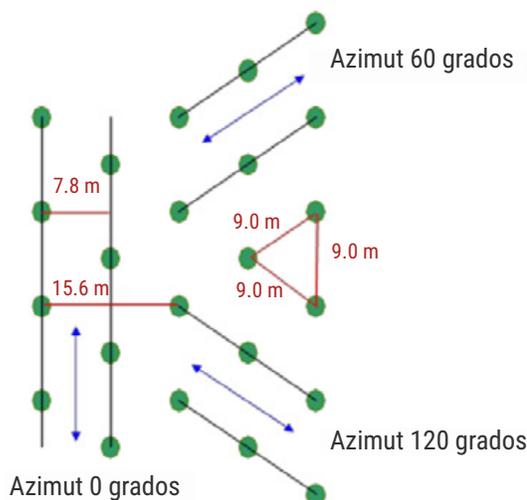
En las regiones donde hay una distribución uniforme de las lluvias durante todo el año, o donde es posible el riego, la siembra se puede realizar casi en cualquier momento. El momento de esta actividad depende principalmente de cuándo se puede preparar mejor el suelo. En otras palabras, la programación de actividades previas (despeje, apilamiento, preparación del suelo, drenaje), deben estar en concordancia con la fecha programada de siembra. Se debe coordinar adecuadamente el tener las plantas de vivero listas para el trasplante, ya sea que el vivero sea propio o que sea un vivero por encargo a un tercero.

Alineamiento de las palmas

Por lo general el material genético africano (Avros, Yangambi, La Me. Ghana, Nigeria y otros) se siembra a una densidad de 143 palmas por hectárea, densidad que se ha universalizado independientemente de que tan vigoroso en su crecimiento, pues es la densidad que ha dado la mejor productividad por unidad de área bajo iguales condiciones de clima, suelo y manejo; igual densidad se recomienda para el híbrido inter específico OxG (*E. oleifera* por *E. guineensis*). Solamente el material “**Compacto**”, que surge como evento aislado y único en un cruce recurrente natural de híbrido interespecífico O x G y se han requerido más de cuatro décadas y cuatro ciclos de “retro cruzamiento genético, para fijar los atributos de “crecimiento compacto caracterizado el lento desarrollo vertical de su tronco y por sus hojas cortas” y buen balance productivo, y es por estas características que se recomienda una densidad de 160 palmas por ha.

Se recomienda sembrar al tresbolillo, sistema de plantación en que cada tres plantas forman un triángulo equilátero y que, como otros sistemas análogos, pueden trazarse sobre el terreno por medio de cuerdas determinando antes las distancias a que deben quedar las plantas entre sí. En el tresbolillo una planta queda enfrente del punto medio de otras dos y así en toda la plantación.

Ilustración 68. Sistema de siembra triangular o tresbolillo para aprovechar el terreno al máximo



Fuente: presentación Power Point de: Actividades realizadas en la plantación de Santa María de Palmerito (Maní, Casanare).

Se sugiere, para evitar el efecto de sombra entre plantas y asegurar una fotosíntesis óptima, sembrar los surcos o hileras norte – sur, a una distancia de 7.8 m y la separación entre plantas 9 metros.

Siembra de plantas

Selección de plantas de vivero

Al momento de retirar las plantas de vivero se debe tener el cuidado de no retirar plantas que no reúnan características deseadas para obtener una plantación productiva, existen algunas particularidades que nos indican que un material genético no es adecuado.

Previo a realizar la actividad se inspecciona el lote completo de palmitas compradas al vivero, tomando como referencia las consideraciones técnicas requeridas como ser: altura de las palmitas, el grosor del tronco, la longitud de las hojas y número de hojas y se deja evidencia de la conformidad del producto en la copia del comprobante de entrega.

Tabla 9. Trastornos de las plántulas de palma aceitera, síntomas, causas y posible acción

Trastorno	Síntomas	Causa probable	Acción
Planta torcida	El nuevo brote está doblado y/o retorcido y puede no estar vertical	Semilla plantada incorrectamente (generalmente al revés). También puede deberse a un insecticida a base de hormonas.	Descartar
Hoja de collante	Las hojas están arrugadas y fuertemente unidas	Riego irregular	Descartar
Hoja zacate	La lámina es estrecha y parecida a las hojas de las gramíneas.	Trastorno genético o puede deberse a estrés hídrico	Descarte, si el vigor de las plántulas no mejora después de ajustar el riego
Hoja arrugada o rizada	Las hojas están desfiguradas por líneas transversales de ondulaciones. Encrespadas	Desorden genético, prácticas de vivero incorrectas o ataque de insectos durante el desarrollo temprano de la hoja	Descarte en casos severos
Hoja enrollada	La hoja se enrolla sobre sí misma, dando la apariencia de una espiga.	Desorden genético, práctica de vivero incorrecta, ataque de insectos durante el desarrollo temprano de la hoja o estrés por humedad	Descarte en casos severos
Enanas	Las plántulas se ven normales, pero carecen de vigor y permanecen pequeñas		Descarte
Palma erecta	Hojas colocadas muy erectas. A menudo más alta que las plántulas circundantes	Trastorno genético	Descarte. A menudo resulta en palmas estériles (no productivas)
Superficie plana	Las hojas recién producidas son progresivamente más cortas, lo que da como resultado una apariencia aplanada.	Trastorno genético o deficiencia grave de K	Descarte
Hoja Juvenil	Los folíolos permanecen unidos aun después que las plántulas tienen 5-6 meses de edad.		Descarte
Entrenudo orto	La distancia entre folíolos en el raquis es pequeña.	Trastorno genético	Descarte
Entrenudo ancho	La distancia entre los folíolos es anormalmente larga.	Trastorno genético	No confundir con causas de etiolación por hacinamiento en el vivero. Todas las plántulas de entrenudo ancho real deben ser eliminadas
Folíolos estrechos	Los folíolos son estrechos y puntiagudos (debido al enrollamiento) y el ángulo de inserción entre los folíolos y el raquis es pequeño.	Trastorno genético	Descarte
Quimera	Las hojas muestran franjas o secciones de tejido clorótico descolorido.		Descarte Las hojas carecen de clorofila, lo que reduce la fotosíntesis.
Palma gigante	En general muy grande y con crecimiento vegetativo anormal.	Palmera Piscifera 'estéril' improductiva	Descarte
Palma enferma	Las hojas jóvenes están retorcidas y dobladas. La lanza puede estar expuesta a la putrefacción.	Plántula enferma	Descarte
Daño por herbicida	Las hojas jóvenes están torcidas, dobladas y tienen patrones quemados.	Daño por herbicida	Descartar.

Fuente: elaboración propia

Edad y tamaño de las plántulas listas para la siembra en el campo

En condiciones óptimas de vivero, las plántulas deberían estar listas para la siembra en el campo entre 10 y 12 meses incluyendo la etapa de pre-vivero, mientras que, en condiciones más promedio, las plántulas pueden estar listas después de 12 a 16 meses.

El tiempo que lleva producir plántulas para plantar en el campo es más un resultado del manejo del vivero que de la edad de la planta. Las plántulas más pequeñas son fáciles de manejar y normalmente sufren menos el impacto del trasplante, pero son más susceptibles a las condiciones ambientales adversas, la competencia de malezas y se ven más fácilmente afectadas por enfermedades y algunas plagas en particular, como los roedores.

Transporte de plantas del vivero al campo

Esta actividad se debe hacer con mucho cuidado para no dañar las plantas en el momento de cogerlas del vivero, cargarlas y subirlas al medio de transporte al campo.

El trasplante del vivero al campo implica un cambio significativo en el ambiente en el que la planta se ha desarrollado, lo que provoca estrés y por lo tanto influye negativamente en el rendimiento de la palma. Para reducir el shock del trasplante, se sugiere proceder de la siguiente manera:

- a. Dos semanas antes del transporte, se debe cortar con un cuchillo la mitad de las raíces que puedan haber crecido a través de la bolsa de polietileno. El resto de las raíces fuera de la bolsa se deben podar apenas se transporten al campo.
- b. Aplicar abundante agua a las plántulas el día antes de la siembra en el campo.
- c. Podar las hojas inferiores secas antes de transportarlas al campo.

El momento de transporte al campo debe coordinarse con la preparación del campo de manera que el sitio de siembra esté listo para las plántulas. Las plántulas deben manejarse con cuidado y transportarse con cuidado para evitar cualquier daño o estrés. Las plántulas deben manipularse con una mano debajo de la bolsa de plástico para transportarla y la otra mano agarrando el cuello de la planta para estabilizarla.

No arroje ni deje caer las plántulas y nunca las apile una encima de la otra. Todo el cuidado y atención en el vivero será en vano si las plántulas se manipulan bruscamente durante el transporte al campo. Al llegar al sitio de plantación, la plántula debe plantarse inmediatamente o al menos el mismo día.

Los pasos recomendados a seguir al momento de comprar semillas o plantas, permitiendo evidenciar la calidad de las palmas en un ambiente de certificación ambiental.

- a. Notificar al técnico extensionista la compra del nuevo material de siembra.
- b. Solicitar el Certificado de semilla del vivero.
- c. Solicitar Facturas de origen de semillas con la cantidad de compra.
- d. Entregar copias de facturas de compra y certificados de semillas a técnico extensionista.
- e. Registrar la compra en el detalle de años siembra y áreas de lotes en el cuaderno de formatos y registros operativos.

En el caso de fincas antiguas, sembradas antes del 2008, el equipo gestor no debería exigir al productor presentar factura de origen de compra ya que antes del año 2008 el productor normalmente no mantenía la disciplina de guardar evidencias de origen de sus compras.

Si es aplicable, el técnico que trabaje con el productor, debería comunicarle de la importancia de mantener o conservar las facturas, indicándole que para aplicar a un estándar de certificación ambiental debe presentar facturas de origen desde el 2008 en adelante para evidenciar trazabilidad de las plantas.

Transporte y distribución de plantas en el campo

Las palmas deben ser llevadas al sitio de siembra preferiblemente el día que se sembraran o el día anterior si el vivero queda muy distante y deben ser colocadas a una distancia de 1.0 - 1.5 m de donde se excavará el hoyo de siembra.

Manipular la palma con una mano bajo la bolsa y la otra agarrando el cuello de la misma utilizando los guantes de cuero.

Hoyadura – hueco para plantar

Esta operación se realiza con pala recta, excavando el hoyo cilíndrico con paredes verticales, que no se estreche en el fondo; debe ser 10 cm más ancho que el diámetro de la bolsa con el sustrato y unos 5 cm más de profundidad que la altura del pilón (planta más el suelo usado como sustrato o material de soporte que sirve para que la semilla germine adecuadamente y la plántula desarrolle un buen sistema radicular), dejando el pilón completo al ras del suelo. El dejarlo muy profundo o muy arriba tiene consecuencias negativas.

El suelo superficial o sea el suelo con más materia orgánica al momento de excavar se pone o amontona en un sitio diferente al resto del suelo. Al momento de sembrar la planta, el suelo orgánico se revuelve o mezcla con 300 a 400 gramos un fertilizante que contenga fósforo como el 0-46-0 o 12-24-12 y en ausencia de fertilizante, mezclarlo con ceniza y se pone unos 4 centímetros de la mezcla en el fondo del hueco, luego se tapa con 1 cm de suelo para que al poner la planta no haga contacto directo con el fertilizante y no quemé raíces.

Siembra.

Se procede a quitar la bolsa que sirve de contenedor al pilón, para lo que hay que romper la bolsa con un cuchillo muy afilado, teniendo el cuidado de no romper o cortar raíces en el proceso. El pilón ya sin la bolsa debe manejarse con mucho cuidado para que no se desmorone y se procede a meterlo al hoyo. Una vez centrada la planta se procede a rellenar el hueco con la tierra restante hasta un tercio de la profundidad, procediendo a apisonar ligeramente el suelo con el mango de la pala para proseguir rellenado otro tercio, apisonar ligeramente de nuevo y terminar de llenar el hueco dando una última apisonada con el mango de la pala y el zapato.

Se debe asegurar siempre la verticalidad de la palma y probar sacar la palma recién sembrada. Si se siente que la palma puede salir sin un máximo esfuerzo, quiere decir que no está bien apisonada y hay que repetir el apisonamiento. Así nos aseguramos de que el suelo tiene un buen contacto con el pilón y facilitará el crecimiento radicular.

De ser posible, para rellenar el hueco, hacer una mezcla de suelo con compost o bocashi con el suelo en una mezcla mínima de 20% / 80% respectivamente, con ello nos aseguramos mejorar la microbiología del suelo y una mejor nutrición de la planta.

Es recomendable proteger el suelo alrededor de la planta con gramíneas o plantas de hoja ancha cortadas al momento de la limpieza del terreno lo que sirve para mantener humedad, bajar la temperatura del suelo, alimento para los microbios del suelo y mantener o mejorar la estructura del suelo.

Medidas especiales precautorias en la siembra

El trabajo de carga, transporte, distribución y siembra de palma en el campo es una labor que se hace a pleno sol por lo que:

- Dotar a todo trabajador de equipo de seguridad personal (EPP) adecuado, especialmente en lo que a protección de radiación solar se refiere por lo que debemos asegurar que el personal use sombrero o gorras árabes, camisa manga larga y el resto de EPP necesario según la labor que desempeñe.
- Todo material corto punzante que se utilice debe tener su protector.
- Mantener agua fresca y si se le añade electrolitos, mejor, disponible para evitar deshidratación.
- Si la siembra coincide con días muy soleados y calurosos, hacer huecos en un día y sembrar el día siguiente, para trabajar solo en horas frescas de la mañana evitando el estrés térmico.
- Recolectar todas las bolsas o fundas plásticas producidas en la operación y asegurarse de depositarlas correctamente.

5. Consideraciones para el manejo integrado y sostenible de la plantación

En esta guía del cultivo de la palma se pretende apoyar la implementación del concepto del manejo integrado de la plantación tomando en consideración de que cualquier cambio que introduzcamos en el manejo del cultivo repercute en la palma en forma negativa, positiva o inesperada porque no consideramos todos los factores que una decisión puede afectar.



Para esclarecer este punto tomaremos de referencia un proyecto hipotético (descrito en la tabla 10) que nos permita explicar y ampliar sobre las prácticas de manejo adecuadas.

Presentación del caso de ejemplo y análisis de los datos

En la zona del proyecto se observa un déficit hídrico superior a 500 mm al año lo que afecta la productividad de la plantación que no sobrepasa las 15 Tm de racimos de fruta fresca por hectárea al año (15 Tm rff/ha/año), recomendaron poner irrigación ya que pasa un Río aldaño a la propiedad y el costo de instalación del sistema de irrigación es de USA \$1,500 /ha y un costo de operación anual de USA500/ha.

La plantación vecina que tiene irrigación produce sobre 25 Tm de rff/ha/año o sea 10 Tm adicionales a la producción actual y con esa cantidad según los números de la plantación se puede hacer frente a la inversión y sobran 5 Tm de rff adicionales. Después de 3 años la finca únicamente incremento 3 Tm de fruta, lo que no cubre para enfrentar la deuda adquirida.

¿Qué paso?

Al revisar los datos de la tabla 10, el proyecto arrancó mal y el productor no se asesoró adecuadamente.

- La plantación desde un inicio debió prever riego por estar en una zona de baja precipitación, mala distribución anual y alto déficit hídrico.
- Debió hacer el estudio de suelo inicial y no posterior a la siembra, así se hubiera detectado la capa de compactación a 20 cm que impide la infiltración del agua y crecimiento radicular y se hubiera solucionado con mecanización.
- Se debieron construir drenajes adecuados al cultivo de palma desde un inicio.
- Debió implementar un sistema de evacuación de fruta, para no meter equipo pesado al campo y agravar el problema existente.
- Abuso de los herbicidas y daño la microbiología del suelo.
- Al estar la planta débil y presentar muchos carbohidratos simples (azúcares), en su estructura foliar, es propensa a ataques de insectos los que abren las puertas a hongos, bacterias, virus, que enferman la planta. El origen de todo, mala nutrición por pobre sistema radicular.

El ejemplo puede parecer exagerado, pero es el común denominador en muchas plantaciones; inadecuada planificación al establecer el cultivo, por lo que el productor debe tener en cuenta las recomendaciones para que no sucedan situaciones similares.

Tabla 10. Descripción de una finca hipotética para apoyar acciones para manejo integrado en una finca

Área	20 ha
Material genético	Certificado
Edad	8 años
Lluvia	1500 mm anuales
Periodo seco	4 meses
Periodo lluvioso	3 meses con excesos de agua
Cultivo anterior	Arroz
Tiempo de cultivo anterior	10 años
Tipo de cultivo	Inundación
Suelo	Arcilloso, franco-arcilloso
Drenaje natural	Moderadamente lento
Drenajes existentes	El necesario para inundar y evacuar el agua para el cultivo de arroz
Tipo de evacuación de fruta	Mecánica. El tractor y vagón de 3 Tm circula dentro del lote recolectando la fruta cortada.
Control de malezas	Glifosato, área total por no haber mano de obra en la zona.
Apariencia de la plantación	Clorótica y débil
Plagas y enfermedades	Picudo, anillo rojo, pestalotiopsis, ataques estacionales de Sibine.

1. Consideraciones de las prácticas productivas y mantenimiento de la plantación para asegurar sostenibilidad

Consideraciones sobre el Manejo de Arvenses¹⁸ denominadas normalmente como - Malezas

La definición más común que se puede encontrar de malezas es “plantas o un conjunto de ellas que crecen en lugares y épocas donde no se desean. Son indeseables porque compiten de forma directa con los cultivos por agua, luz y nutrimentos, por lo cual obstaculizan el crecimiento y desarrollo de estos” y esa definición ha sido suficiente para crear todo un arsenal de agrotóxicos, equipo de laboreo agrícola cada vez más grande y poderoso para erradicar del suelo todo banco de semillas existentes sin darnos cuenta de que en vez de bien en cada cosecha degradamos el suelo hasta llegar a un punto de esterilizarlo.

En el cultivo de la palma, por ser este un cultivo permanente de larga duración, más de 30 años, permite el establecimiento de una flora acompañante del cultivo, multidiversa y adaptada al ambiente de umbría por el poco sol que el dosel, o sea el penacho de hojas de las plantas, permiten pasar.

¹⁸ Arvense designa a las especies silvestres que crecen en los campos agrícolas, también denominadas “malas hierbas”.

Manejo de Arvenses

En los 3 primeros años y por la entrada de sol, las arvenses dominantes son las gramíneas (zacates) mezcladas con algunas familias de hoja ancha.

Después de 4 años, cuando las copas foliares se unen y hasta los 25 años o más, predominan las hojas anchas con algunos parches de gramíneas que por lo general crecen en lugares que entra más sol como la orilla de caminos, canales o donde murió una palma.

Durante los dos primeros años, no se recomienda el uso de herbicida, especialmente en el círculo (comal, plato, rodaja) alrededor del tronco de la palma, el que debe mantenerse limpio de forma manual y de ser posible usar la técnica colombiana del cojinete que consiste en depositar toda la gramínea o pasto cortado alrededor de la palma, formando un acolchado que protege el suelo de los rayos directos del sol manteniendo una temperatura en el suelo fresca, retiene humedad, fomenta el crecimiento microbiano ya que la paja contiene muchos carbohidratos y azúcares que es el alimento primario de hongos, bacterias y otros microorganismos, lo que fomenta la biodiversidad y equilibrio biológico en el suelo y protege a las plantas de enfermedades y ataques de plagas por estar mejor nutridas y sobre todo es económico pues es material que lo tenemos en la plantación.

Ilustración 69. Manejo de arvenses en palma joven. Izquierda, predominio de gramíneas mantenidas con chapeadora mecánica. Derecha, siembra de cobertura de kudzu



Fuente LAG Consultoría

Ilustración 70. Técnica del cojinete



Fuente: tomado de https://www.google.com/search?q=tecnica+del+cojinete+en+palma+de+aceite&rlz=1C1EJFC_en-HN860HN869&oq=tecnica+del+cojinete+en+palma&aqs=chrome.1.69i57j33i160l2.28183j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8#kpvallbx=_GewAZLiLgFYwbkPs8Cm2AI_27

Después del acolchado se recomienda asperjar bioles,¹⁹ quelatos²⁰, sobre la planta y el acolchado para restaurar, incrementar y equilibrar la biota²¹ y nutrición de la planta y el suelo.

En plantaciones pequeñas o parcelas familiares menores de 10 a 15 hectáreas se recomienda el mantenimiento de interlineas y círculos en la base de la palma de manera manual. En plantaciones mayores de 15 ha, dependerá de la conciencia ambiental y social del productor.

En plantaciones mayores de 50 has, se recomienda el uso racional de herbicidas, usando dosis mínimas y dirigidos solamente al mantenimiento de círculos, máximo 2 ciclos al año; las entrelineas se deben mantener con segadoras mecánicas y la vegetación sobre los amontamientos de hojas de la corta y poda, de manera manual. En todo caso lo que se persigue o busca es mantener un ambiente en donde

las arvenses no afecten el libre tránsito de las personas, equipos, ejecución de labores agrícolas y de cosecha y estas se puedan afectar de una manera eficiente y expedita.

Las arvenses y su papel bioregenerador del suelo

En una plantación de palma, el suelo siempre se debe mantener cubierto, ya sea por un cultivo de servicio como las leguminosas por su capacidad de agregar materia orgánica al suelo y fijar nitrógeno atmosférico o mantener una cobertura de arvenses nativas y biodiversas.

Según Carlos Abecasis, bioregenerador de suelos, todas las plantas aportan humus al suelo, un 20% se origina de sus tejidos ya muertos, hojas, tallos y raíces y otro 50% a través de las rizodeposiciones o exsudados de la raíz.

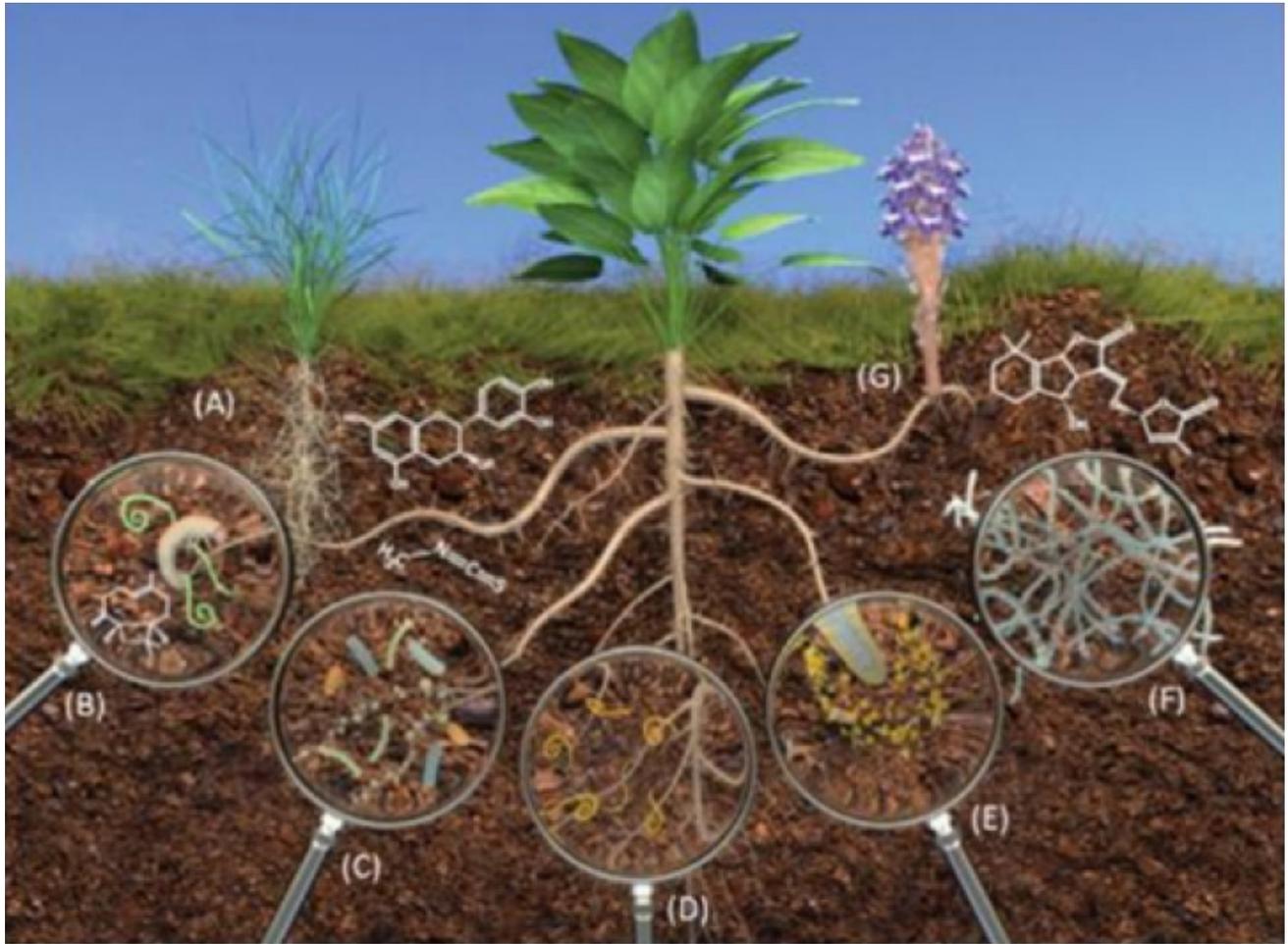
En la última década se ha incrementado el número de estudios centrados en las interacciones planta-suelo, los cuales han puesto de manifiesto que «las comunidades de microorganismos del suelo son determinantes para la diversidad y composición de las comunidades vegetales».

19 Los bioles son abonos de tipo foliar orgánico, resultado de un proceso de digestión anaeróbica de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha).

20 Los quelatos son compuestos donde un nutriente metálico es ligado a un agente quelante orgánico.

21 Conjunto de la flora y la fauna de un lugar determinado.

Ilustración 71. Comunicación química bajo tierra



Comunicación química bajo tierra. (A) Las plantas exudan compuestos fenólicos que inhiben la germinación de otras plantas (aleopatía); (B) Las larvas de nemátodos cuando se alimentan de las raíces inducen la producción de compuestos por parte de las plantas para atraer a otros nemátodos que pueden alimentarse de las larvas; (C) Los exudados de las raíces de las plantas favorecen la colonización de la rizosfera por bacterias benéficas para la planta; (D) Los exudados radiculates inducen la eclosión de huevos de nemátodos y a la vez atraen a nemátodos juveniles hacia las raíces; (E) La punta de las raíces es el sitio de mayor exudación de compuestos en las plantas; (F) Las estrigolactonas presentes en los exudados de raíces inducen la ramificación de hongos micorrízicos favoreciendo con esto la colonización de la planta; y (G) La germinación de plantas parásitas de plantas también es inducida por estrigolactonas. Figura tomada de Van Dame y Bouwmeester (2016).

Fuente: <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/370-numero-43/679-comunicacion-bajo-tierra.html#>

Las plantas en sus raíces tienen una gran riqueza biológica, que se sustenta en los nutrientes de los compuestos carbonados provenientes de la fotosíntesis que son exudados. Los exudados radiculares son secretados hacia la rizosfera, término dado por Hiltner en 1904 a la región del suelo que es influenciado bioquímica y biológicamente por el sistema radicular de las plantas, se asume que la rizosfera se extiende unos milímetros de la raíz.

La rizosfera de las plantas está poblada con numerosos organismos incluidos nemátodos, hongos, bacterias y artrópodos, algunos de éstos, benéficos

para la planta debido a que promueven el crecimiento y desarrollo de ésta, interacción en las que están involucrados diversos y complejos mecanismos: secretan fitohormonas, mejoran la disponibilidad de nutrientes, compiten con otros organismos que son patógenos para la planta por sitios de colonización y nutrientes, entre otros (Idolina Flores, s.f.).

Las interacciones entre los microorganismos y las plantas están mediadas por compuestos químicos. De hecho, las plantas liberan una gran matriz de compuestos de naturaleza muy diversa hacia la rizosfera, a los que se les conoce como exudados radiculares.

En *Arabidopsis thaliana*, una planta pequeña que alcanza una altura de 30 cm, podemos encontrar más de 100 compuestos diferentes, entre ellos azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, flavonoides, hormonas y vitaminas (Idolina Flores, s.f.).

La exudación o también llamada rizodeposición, puede considerarse una gran pérdida de carbono por parte de la planta, ya que los compuestos que son exudados pueden llegar a constituir hasta un 30% o más del carbono fijado, sin embargo, desde un punto de vista ecológico, la rizodeposición es necesaria para establecer interacciones con otros organismos del entorno principalmente aquellos que viven bajo tierra, «funcionan como mensajes de comunicación bajo tierra» (Idolina Flores, s.f.).

Es importante mencionar que la cantidad y el tipo de compuesto exudado varían dependiendo de la planta de la cual se trate, la edad de ésta y de los factores ambientales a los que esté expuesta. Los compuestos liberados por las raíces pueden ser usados como sustrato o alimento para el crecimiento de microorganismos, por esta razón, la rizosfera tiene una ma-

yor densidad, se estima que existen de 10 a 200 veces más bacterias en la rizosfera de una planta que en el suelo adyacente, razón por la que entre más diversa sea la población de arvenses que crecen en la plantación más diversa y equilibrada será la biota en el suelo. Para ello debemos asegurar que el suelo este bien aireado (drenaje) y mantener buenos niveles de materia orgánica.

Las arvenses y su papel en el control integrado de plagas

La flora acompañante de los cultivos puede ser un competidor por espacio, por nutrientes y por luz y algunas especies pueden servir de albergue a insectos plagas, a patógenos y a sus vectores. Sin embargo, esta vegetación, por encima de todo, contribuye al sostenimiento de la entomo-fauna benéfica entre la que se encuentran fitófagos neutrales, depredadores y parasitoides, especialmente cuando sus huéspedes naturales (las plagas) no están disponibles, ya sea porque su ciclo de vida no está sincronizado o porque no se encuentra (RISCH *et al.*, 1983).

Ilustración 72. Plantas melíferas más atractivas de entomo-fauna benéfica



Senna tora (Cassia)

Fuente: Wikipedia



Senna Reticulata (Cassia)

Fuente: Wikipedia



Melanthera aspera

Fuente: (Mexzón & Chinchilla, 2003)



Scleria melaleuca

Fuente: (Mexzón & Chinchilla, 2003)



Solanum jamaicense

Fuente: <https://plantidtools.fieldmuseum.org/>



Urena lobata

Fuente: <https://plants.ifas.ufl.edu/>



Vitis sicyoides

Fuente: <https://toptropicals.com/>



Triunfetta semitriloba

Fuente: <https://florida.plantatlas.usf.edu/>

Elaboración propia

En consecuencia, las malezas influyen en la abundancia y en la diversidad de insectos herbívoros y de sus enemigos naturales asociado en sistemas de cultivos, y ciertas plantas, principalmente umbelíferas²², leguminosas y compuestas²³, juegan un importante papel ecológico al acoger a un amplio número de artrópodos benéficos que ayudan en el control de los insectos plaga (Altieri, 1992).

En plantaciones de palma aceitera, la vegetación acompañante, en orden descendente, las especies más importantes pertenecen a las familias Asteraaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae y Malvaceae. Las especies vegetales con una arquitectura foliar compleja (algunas coberturas vegetales y arbustos densos, perennes, con floración periódica y con glándulas extraflorales), fueron las que atrajeron el mayor número de familias de insectos, entre ellas: *Byttneria aculeata*, *Cassia tora*, *Cassia reticulata*, *Melanthera aspera*, *Scleria melaleuca*, *Solanum jamaiense*, *Triunfetta semitriloba*, *Urena lobata* y *Vitis sicyoide* (Mexzón & Chinchilla, 2003).

La entomo-fauna asociada a la palma aceitera varía según la edad de la plantación. Los insectos dañinos son escasos en plantaciones jóvenes, debido a una mayor radiación solar, follaje menos desarrollado y la presencia de enemigos naturales en la vegetación que es normalmente variada y abundante dentro y en los alrededores. Por el contrario, en las palmas adultas, se crea un ambiente que es propicio para que el número de artrópodos perjudiciales incremente y se reduzcan las especies benéficas.

El combate de arvenses manual o mecánico puede favorecer a ciertas especies de rápido crecimiento, como las gramíneas, y cambiar la composición florística de un área determinada, lo cual a su vez causa cambios en la composición de las comunidades de enemigos naturales. Otras causas de cambios grandes en las comunidades vegetales son: el uso de herbicidas, la modificación de las características del suelo (ej. compactación, inundaciones), la cantidad de luz, el olor (crecimiento del cultivo), etc.

La mayoría de los insectos plaga en palma de aceite son lepidópteros defoliadores como: *Oiketicus kirbyi* Guilding (*Psychidae*). *Opsiphanes cassina* Felder (*Brassolidae*). *Sibine megasomoides* Walker (= *Acharia hyperoche* Dognin) (*Limacodidae*). *Stenoma ce-*

cropia Meyrick (*Stenomidade*), *Euprosterna elaeasa* Dyar y Natada pos. *Michorta* Dyar (*Limacodidae*) (Mexzón y Chinchilla 1992). Los estados inmaduros de esas especies rara vez logran completar su desarrollo en las plantaciones jóvenes, debido a que la fauna entomófaga es abundante. En palmas adultas, sin embargo, pueden ocurrir defoliaciones importantes, lo cual está asociado a la escasez de enemigos naturales (Genty 1989; Mexzón 1994).

Muchos insectos benéficos residen en la vegetación asociada con la palma de aceite (Delvare y Genty 1992; Mexzón 1992; Mexzón y Chinchilla 1992) y con otras palmas como el pejobaye o chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth.) (Mexzón 1997): entre ellos los principales son chinches pentatómidas y avispa parasitoides.

Las chinches *Alcaeorrhynchus granáís* Dallas y *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) son comunes en el kudzú, donde depredan otras chinches, larvas de polillas, como *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Noctuidae) y *Estigmene acrea* Druce (Arctiidae) y escarabajos (Mexzón & Chinchilla, 2003).

En conclusión, es importante que el productor identifique estas especies vegetales y las cultive en espacios dejados por palmas muertas, orillas de caminos, drenajes, cercas, o donde no interfieran con las operaciones normales de la plantación y de esta manera mantener una población de enemigos naturales de plagas que podrían afectar la plantación.

MIP (Manejo integrado de plagas)

En agricultura se entiende como manejo integrado de plagas (MIP) o control integrado/integral de plagas (CIP) a una estrategia que usa una gran variedad de métodos complementarios: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, genéticos, legales y culturales para el control de plagas. Estos métodos se aplican en tres etapas: prevención, observación y aplicación. **Es un método ecológico que aspira a reducir o eliminar el uso de plaguicidas y de minimizar el impacto al medio ambiente.** Se habla también de manejo ecológico de plagas (MEP) y de manejo natural de plagas.

22 Plantas aromáticas y medicinales. Umbelíferas: coriandro, anís, comino, hinojo, eneldo y alcaravea.

23 Se caracterizan por presentar las flores agrupadas en capítulos, inflorescencia que funcionalmente se comporta como una flor. Ejemplo el girasol, la margarita

Un programa MIP se basa en los seis componentes siguientes:

- **Niveles aceptables de plagas**

El énfasis está en “control” no en “erradicación”. MIP mantiene que la erradicación completa de una plaga es a menudo imposible y que intentarlo puede ser sumamente costoso, insalubre y en general irrealizable. Es mejor decidir cuál es el nivel tolerable de una plaga y aplicar controles cuando se excede ese nivel (umbral de acción).

- **Prácticas preventivas de cultivo**

La primera línea de defensa es seleccionar las variedades más apropiadas para las condiciones locales de cultivo y mantenerlas sanas, junto con cuarentenas y otras ‘técnicas de cultivo’ tales como medidas sanitarias (destruir plantas enfermas para eliminar la propagación de la enfermedad, por ejemplo).

- **Muestreo**

La vigilancia constante es el pilar de MIP. Se usan sistemas de muestreo de niveles de plagas, tales como observación visual, trampas de esporas o insectos y otras. Es fundamental llevar cuenta de todo, así como conocer el comportamiento y ciclo reproductivo de las plagas en consideración. El desarrollo de los insectos depende de la temperatura ambiental porque son animales de sangre fría. Los ciclos vitales de muchos insectos dependen de las temperaturas diarias. El muestreo de éstas permite determinar el momento óptimo para una erupción de una plaga específica.

- **Controles mecánicos**

Si una plaga llega a un nivel inaceptable, los métodos mecánicos son la primera opción. Simplemente cogerlos manualmente o poner barreras o trampas, usar aspiradoras y arar para interrumpir su reproducción.

- **Controles biológicos**

Los procesos y materiales biológicos pueden proveer control con un impacto ambiental mínimo y a menudo a bajo costo. Lo importante aquí es promover los insectos beneficiosos que atacan a los insectos plaga. Pueden ser microorganismos, hongos, nematodos e insectos parásitos y depredadores.

- **Controles químicos**

Se usan pesticidas sintéticos solamente cuando es necesario y en la cantidad y momento adecuados para tener impacto en el ciclo vital de la plaga. Muchos de los insecticidas nuevos son derivados de sustancias naturales vegetales (por ejemplo: nicotina, piretro y análogos de hormonas juveniles de insectos). También se están evaluando técnicas ecológicas de herbicidas y pesticidas con base biológica.

(En la presente guía, no se trata el manejo específico de pesticidas o agrotóxicos en vista del enfoque de sostenibilidad ambiental que se pretende impulsar en el cultivo, en donde la propensión es a la disminución, y porque no, a la eliminación de agrotóxicos usados comúnmente en el cultivo, especialmente los herbicidas, que son los de mayor uso y se ha demostrado el efecto negativo que el mismo tiene sobre la biota edáfica.

Los autores entienden que el cambio debe ser progresivo y voluntario por lo que se recomienda en el caso de persistir en el uso de agrotóxicos, utilizar buenas prácticas de manejo y seguir un programa de educación y capacitación que busque difundir el manejo seguro de productos agrotóxicos y sobre las buenas prácticas agrícolas (BPA) para el beneficio de los productores agrícolas, colaboradores, la comunidad y el medio ambiente.

Entre los temas relacionados con pesticidas a abordar se sugiere: Transporte, Almacenamiento, Aplicación, Desecho, Protección, Impacto, Desarrollo, Agua, Medio Ambiente, Social entre otros. Si se desea ampliar el conocimiento sobre el tema se recomienda, entre otros, buscar en línea el Programa Agrovida de Bayer, que profundiza en la temática con presentaciones y videos muy explícitos.)

En la ecorregión del SAM las siguientes especies han sido reportadas como las plagas que más daño ocasionan:

En la mayoría de las plantaciones en América, el problema de las hormigas arrieras (zompopos) es presente y en muchas ocasiones se han presentado ataques considerables de ratas en palmas jóvenes, lo mismo que ataques ocasionales por taltuzas (*Orthogeomys sp.*).

Ilustración 73. Plagas más comunes en la Eco región del SAM



Opsiphanes cassina adulto
Fuente: Wikipedia



Opsiphanes cassina larva
Fuente: Wikipedia



Sibine fusca adulto
Fuente Cenipalma



Sibine fusca larva
Fuente Constantino L/ Flickr



Sibine megasomoides adulto
Fuente: Wikipedia



Sibine megasomoides larva
Fuente Eric Madrigal/Flickr



Euclea Diversa adulto
Fuente:
<https://www.naturalista.mx/>



Euclea Diversa adulto
Fuente:
<https://www.naturalista.mx/>



Euprosterina elaeasa adulto
Fuente: <https://colombia.inaturalist.org/>



Euprosterina elaeasa larva
Fuente: Revista Palmas



Automeris sp adulto
Fuente: Shutterstock



Automeris sp larva
Fuente: Shutterstock



Rhynchophorus palmarum adulto
Fuente: LAG Consultoría



Rhynchophorus palmarum larva
Fuente: Wikipedia



Rhinostomus barbirostris adulto
Fuente: Pinterest



Rhinostomus barbirostris adulto
Fuente: MDPI



Strategus Aloeus Adulto
Fuente: Naturalista Co



Strategus Aloeus larva
Fuente: usbeetles.com



Calyptocephala marginipennis adulto
Fuente: Naturalista Mex



Calyptocephala marginipennis larva
Fuente: GREPALMA



Acysta interrupta adulto
Fuente: Agrodiario



Acysta interrupta ninfa
Fuente: EcuRed



Parlagona bennetti ataque foliar
Fuente: E Arias



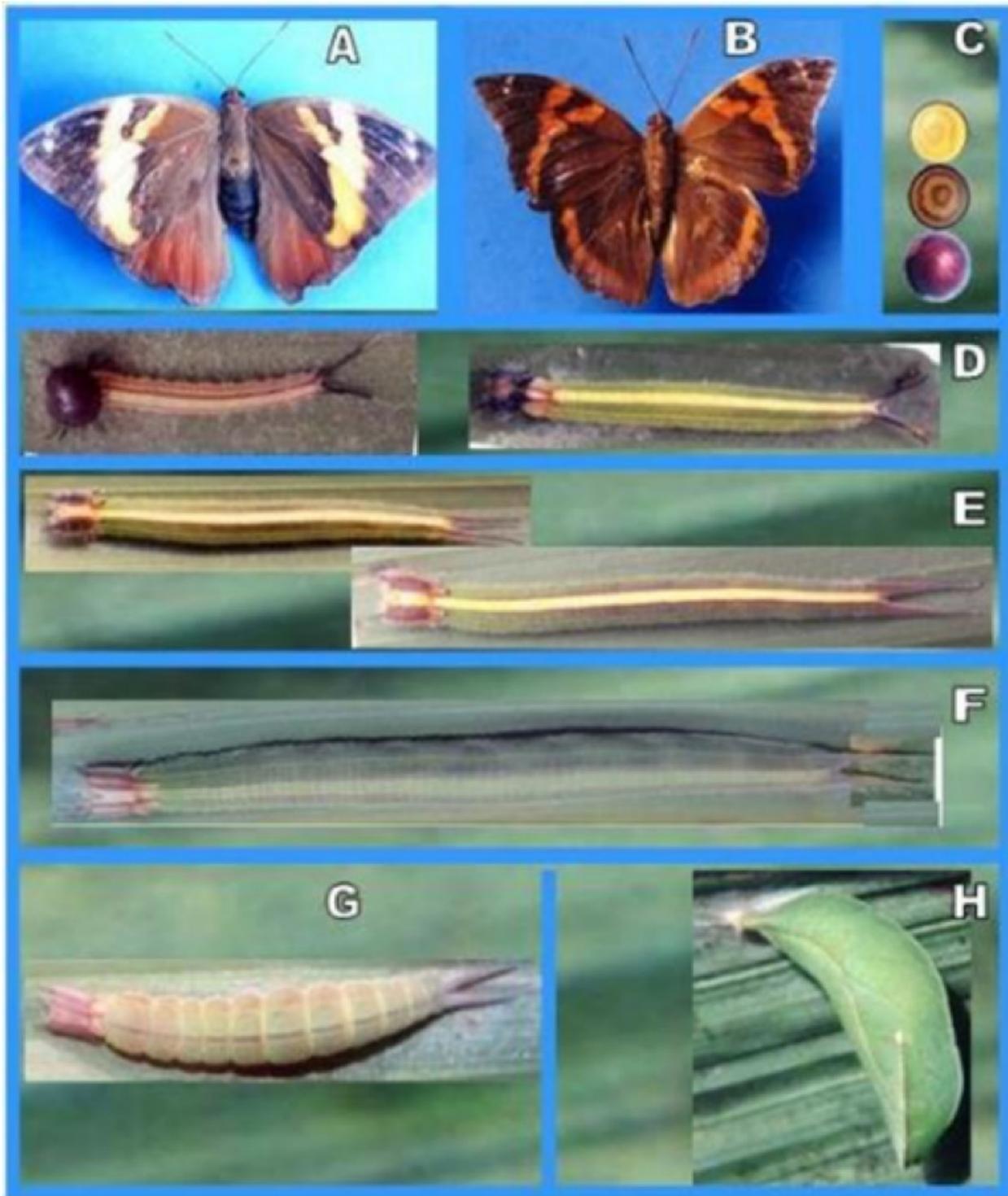
Parlagona bennetti ataque foliar
Fuente: E Arias

Elaboración propia

Ejemplo de la aplicación del MIP - Control de *Opsiphanes cassina*

En este ejemplo se aplicará el paso a paso con las 6 componentes que sugiere el MIP.

Ilustración 74. Fases del defoliador de la palma aceitera (*Opsiphanes cassina* Felder)
A y B: adultos hembra y macho, C: huevos, D: larvas del I y II, E: III y IV y F: V instar,
G: pre-pupa, H: pupa



Fuente: Fotografía de Renny Barrios

Niveles Aceptables de Plagas

Para decidir cuál es nivel aceptable de una plaga debemos conocer su ciclo de vida, que etapa causa el mayor daño, cuando se debe controlar o cuáles son sus puntos débiles.

- **Biología y hábitos del *Opsiphanes cassina*.** Pertenecen al orden Lepidóptera y a la familia Braconidae, metamorfosis completa pasando por los estados biológicos huevo, larva, pupa y adulto.

Duración del ciclo de vida en días (Jiménez, 1980; Genty *et al.*, 1978):

Huevo: 8 a 10

Larva: 36 a 47 en 5 estadios

Pupa: 15 a 29

Total: 59 a 77 días

El adulto es de hábitos diurnos y presenta una atracción por sustancias orgánicas en descomposición, frutas en fermentación y excrementos de animales. Tiene un vuelo potente y rápido. Coloca los huevos individualmente o en pequeños grupos sobre el envés de los folíolos y cerca al raquis de la hoja.

Índice crítico. La voracidad de las larvas es bastante alta y un único individuo puede consumir hasta tres folíolos durante su desarrollo hasta pupa. Genty *et al* (1978), establece un índice crítico de 7-10 larvas en la hoja No 25, muestreando 2-4 árboles/ha. Durante los ataques ocasionados en Centro América se ha estimado que la hoja No 17 da una idea más clara del potencial de daño de una población de *Opsiphanes* cuando la población es baja, sin embargo, es preferible muestrear la hoja 25.

Ilustración 75. Daño severo de defoliación provocado por *Opsiphanes cassina*



Fuente: LAG consultoría

Prácticas preventivas de cultivo

La prevención primaria para esta u otras plagas es apegarnos al protocolo de establecimiento de plantaciones tal y como se discutió en su momento, especialmente cuando son resiembras del mismo cultivo. Una plantación, bien drenada, sin compactación de suelo, con niveles adecuados de materia orgánica, material genérico certificado, suelos cubiertos de vegetación biodiversa, buena nutrición, vigilancia de patrones críticos de clima, especialmente lluvia y temperatura, y un control sistemático de plagas y enfermedades no es proclive a pérdidas fuertes por ataques de plaga; en otras palabras, no se puede evitar que algunas plantas se enfermen o un brote de alguna plaga aparezca, pero el impacto se minimiza.

Muestreo

Conociendo la biología, hábitos y niveles de tolerancia o umbrales económicos de la plaga, se monta un programa de muestreo preventivo en la plantación, no solo para esta plaga, debe incluir todas las plagas, enfermedades y desórdenes fisiológicos o abióticos como arqueamiento foliar, fractura de corona por vientos, daños por rayos después de tormentas eléctricas, etc.

Cuando se detecte la presencia de la plaga se debe entrar en alerta verde y darle seguimiento a su evolución y en el mismo muestreo ir anotando si hay presencia de enemigos naturales (control biológico). Es normal que en el primer ciclo de la plaga el control biológico sea mínimo, pero a medida se incrementa la plaga y si existe la presencia de plantas hospederas de los enemigos naturales, este vaya también creciendo en número y muchas veces son capaces de mantener el insecto plaga controlado sin necesidad de la intervención o uso de otros medios de control.

A nivel preventivo se recomienda hacer un muestreo mensual. Si se ve que la plaga va en aumento se recomienda aumentar la intensidad de muestreo y hacerlo cada 15 días, lo que permitirá tomar decisiones oportunas.

Para efectuar el muestreo se debe capacitar personal para la identificación de las plagas y enfermedades presentes, conteo de hojas (identificar la hoja 9, 17 y 25), identificación de plantas hospederas, identificación de enemigos naturales, conteo y ubicación de plantas enfermas y llenado de los formatos.

Ilustración 76. Parasitoides de *Opsiphanes*



Glyptapanteles sp.



Conura sp.



Casinaria sp.

Fuente: Alfredo Chigne, grupo Palmas

Ilustración 77. Parasitoides y depredadores de *Opsiphanes cassina*



Telenomus sp.
Fuente: ecurred



Apanteles sp.
Fuente: WaspWeb



Casinaria sp.
Fuente: Bug Guide.net



Conura sp.
Fuente: Gonzales A. EncicloVida



Alcaeorrhynchus grandis. Adulto
Fuente: Picasa. BugGuide.net



Alcaeorrhynchus grandis. Ninfa
Fuente: Richman D. ResearchGate

En finca de pequeños productores lo puede hacer el dueño o el encargado de la plantación en cada ciclo de cosecha o sea cada 15 días o cada 10 en el mejor de los casos.

Controles

En el caso del *Opsiphanes*, desde un inicio, cuando es detectado por el muestreo, inicia por observación el **control biológico**, detectando si hay parasitismo o depredación por parte enemigos naturales del insecto plaga.

Existen varios enemigos naturales identificados en huevos, larvas, pupas y adultos. Los huevos pueden mostrar un parasitismo considerable por avispidas del género *Telenomus*. Las larvas parasitadas principalmente por moscas en la familia Tachinidae y avispidas en las familias Braconidae (*Apanteles sp.*), Ichneumonidae (*Casinaria sp.*) y Chalcididae (*Conura sp.*). El género *Conura sp.* Himenóptera: Chalcididae los individuos son comúnmente de color amarillo con bandas negras en el tórax, abdomen y patas; algunas avispidas son de color negro con manchas rojas. Su tamaño es variable; de muy pequeñas (2.0 mm), también ataca otros lepidópteros (*Brassolidae*, *Limacodidae*, *Oecophoridae*, *Psychidae*, *Stenomidae*, *Tinaeidae*).

La población de adultos se puede reducir apreciablemente mediante un **control químico / mecánico**. el uso de cebos; estos cebos se preparan utilizando melaza más levadura en un bote perforado para la liberación de los olores de la fermentación, colocado dentro de una bolsa de plástico, rehusada de los contenedores o sacos de fertilizante. Los cebos de frutas fermentadas como guayaba, piña, cítricos o caña, sin insecticida, son muy efectivos.

Cuando el muestreo de campo nos indique que las larvas empiezan a empujar o sea entrar al estado de pupa, en ese momento se debe iniciar la preparación y puesta de cebos; la razón es por el hecho de que una vez que emergen las mariposas, empieza la copula, y se mantienen fértiles de 3 a 5 días y luego empieza la oviposición, por lo que se deben atrapar la mayor cantidad de adultos posibles antes de que eso pase. El trampeo debe permanecer mientras hayan adultos volando. Las mariposas prefieren sitios soleados, por lo que poner la mayor cantidad de trampas a orillas de caminos es lo más recomendable.

Ilustración 78. Trampa para Opsiphanes

Izquierda. Preparación de trampa y cebo (botella de plástico rehusada, conteniendo melaza diluida y levadura).

Derecha. Trampa ya colocada y llena de mariposas de Opsiphanes.

Además de la botella con melaza como atrayente, se le puede agregar frutas como cascaras de piña, guayabas, cítricos o caña machacada, para aumentar la atracción



Fuente LAG Consultoría/E. Arias-

En Honduras es común, encontrar aves que se alimentan de Opsiphanes, pájaros como el zanate (*Quiascalus mexicanus*), la oropéndola (*Psarocolius monctezuma*) y la pía-pía (*Psylorhinus morio*) (Evers 1982; Mexzón y Chinchilla 1992). De todos estos, el más eficiente parece ser el zanate, ya que, consume larvas y adultos. En muchas ocasiones son ellos los que dan la alerta verde, pues por lo general los primeros brotes de la plaga son aislados y se escapan al muestreo.

Si a pesar de las medidas anteriores, la plaga sobrepasa el índice crítico, la aplicación de una formulación de *Bacillus thuringiensis* parece ser la decisión más adecuada cuando se requiera bajar la población

mediante el uso de un **control agroquímico**. Estas aplicaciones deberían de hacerse cuando la mayoría de las larvas estén en el tercer estadio larval pues aún el nivel de defoliación causado es bajo. Las aplicaciones al cuarto y quinto estadios larvales tienen un efecto más inmediato pero no evitan que se concrete la mayor parte del daño.

Para esta plaga no se recomienda el uso de insecticidas de síntesis química.

Ilustración 79. Pájaros depredadores de Opsiphanes.

De Izquierda a derecha. Zanate, Oropéndola, Píapía



Fuente: Wikipedia, eBirds y Honduras Tips respectivamente.

Al igual que el ejemplo presentado para la aplicación del MIP de *Opsiphanes cassina*, se debe hacer lo mismo para el resto de las plagas en la plantación, de esta manera la finca podrá contar con un protocolo establecido para el control de plagas y enfermedades y servirá como material para capacitar a los empleados.

El picudo de la palma (*Rynchophorus palmarum*), una prioridad en los programas MIP

Una de las plagas que merece una mención especial es el picudo de la palma, enemigo silencioso, que va diezmando la población de palmas lentamente y al cabo de 15 a 18 años máximo, se deben resembrar por haber perdido el 50% o más de la población original.

Cuando se inicia un proyecto de siembra o resiembra una plantación de palma, el plan de inversión o el estudio de factibilidad contemplan una vida útil de por lo menos 25 años para obtener buenos indicadores financieros que demuestren la viabilidad económica del proyecto y pueda ser objeto de financiamiento. Por lo general un proyecto financiado, bajo situaciones normales de mercado, tiene un periodo de repago (sumar los flujos de caja líquidos esperados para

cada año de vida de tu empresa hasta que se alcance el valor de la inversión inicial para empezar la actividad) de 10 a 12 años y es después de ello que se empieza a obtener utilidades netas. Si el productor se ve obligado a resembrar a los 15 años por baja productividad producto de la baja población por haber sido diezmada por el picudo, prácticamente solo ha trabajado para el banco.

En proyectos de productores independientes (PI), por el hecho de no financiar, ya que normalmente se utilizan recursos propios, programas de ayuda estatal o internacional y en la mayoría de los casos, no llevan registros financieros, lo anterior no se aprecia y es por ello que en países como México y Honduras en donde el área sembrada por PI representa más del 50% se ve un manejo no adecuado de las plantaciones, entre ellos, el control de picudo, al cual son reacios a pesar de esfuerzos estatales y privados.

Ilustración 80. Imagen de Google Earth, mostrando área perdida de una plantación, presumiblemente por el picudo de la palma



Fuente: LAG consultoría

Solo en Colombia se han perdido más de 100,000 hectáreas atribuidas a la enfermedad de pudrición del cogollo (PC), pero muchos técnicos cuestionan si en realidad fue la PC o el picudo el que diezma las plantaciones. En Honduras apareció la PC hace unos 4 años, previo a ello, el autor de este documento, estima que se han perdido “silenciosamente” y en un lapso no mayor de 15 años unas 50,000 ha. por el picudo, a pesar que desde el 2005 se inició una campaña nacional para hacer conciencia sobre la plaga, amparado en un decreto legislativo que “obliga” a todo productor a controlar el picudo y después del 2015, con la intención de alcanzar una certificación de sostenibilidad para tener acceso a mercados exigentes, las empresas iniciaron una campaña fuerte de capacitación en Mejores Prácticas Agrícolas y parte de ello un capítulo especial para el control del picudo. Ahora con la PC en el ambiente y una población de picudo elevada, la situación de no tomar acciones de control adecuadas, se puede volver crítica, por lo que es necesario que dentro del programa MIP se ponga especial atención al picudo.

Manejo integral de enfermedades más comunes en palma aceitera en la ecorregión del SAM

La teoría de la Trofobiosis

Trofobiosis [*trofo*: alimento, *biosis*: existencia de vida] significa que cualquier ser vivo sólo sobrevive si existe alimento adecuado y disponible para él (cadena alimenticia o cadena trófica).

Francis Chaboussou, padre de la Teoría de la Trofobiosis, considera que una planta (o parte de una planta) cultivada solo será atacada por un patógeno (insecto, ácaro, nematodo, hongo, bacteria, virus) cuando en la savia contenga el alimento adecuado para estos patógenos, y este alimento esté constituido principalmente por aminoácidos. Las plantas tratadas de forma incorrecta contienen gran cantidad de aminoácidos. Una planta sana difícilmente será atacada por plagas y enfermedades.

Equilibrio biológico: Este equilibrio hace referencia al control biológico de organismos depredadores y parásitos de las poblaciones de patógenos antes comentadas. A modo de ejemplo, la plaga del pulgón se controla mediante mariquitas (depredador). Es importante mantener este equilibrio para mantener las poblaciones de patógenos (pulgón) en un nivel que no produzcan daño económico.

Factores que pueden causar un aumento descontrolado de plagas y enfermedades:

- Reducción de fauna auxiliar (desequilibrio biológico).
- La resistencia o sensibilidad de la planta al ataque de patógenos está relacionada con el uso de productos fitosanitarios y abonos químicos de alta solubilidad, con la nutrición de la planta (abono equilibrado o desequilibrado) y con las prácticas culturales (adecuadas o inadecuadas).
- Las plagas y enfermedades solo atacan a las plantas débiles, que han sido mal tratadas.

Los insectos, los ácaros, los nematodos, los hongos, las bacterias y los virus son la consecuencia y no la causa del problema. En lugar de hablar de plagas y enfermedades, deberían considerarse todos estos patógenos como indicadores de mal manejo. Un mayor o menor ataque de los patógenos, depende del estado nutricional de las plantas.

El equilibrio nutricional es el principio básico de que las plantas tengan la capacidad de resistir al eventual ataque de patógenos. La plaga o enfermedad, es una patología que se constituye en una secuencia obligatoria, donde primero aparece la causa, se crea la deficiencia mineral, y después aparece el efecto, la enfermedad (<https://wordpress.com/>, 2014).

Recordemos que una plantación es nutritiva para los insectos cuando tiene un desequilibrio en su metabolismo, y también cuando aporta una buena cantidad de nutrientes solubles. El metabolismo de los cultivos se altera mediante el uso de pesticidas, fertilizantes artificiales, fungicidas y herbicidas.

Cuando los insectos detectan una abundancia de aminoácidos y azúcares, incrementan su fertilidad, producción de huevos y longevidad, acortando sus ciclos de reproducción (Franquesa, 2016).

Enfermedades y plagas: Con la intensificación de la agricultura, las enfermedades derivadas de las bacterias son más difíciles de controlar, debido al uso de herbicidas y pesticidas, y a la utilización de fertilizantes de síntesis química, sobre todo los nitrogenados.

Como se aprecia, más que una mayor resistencia por parte de las plagas, el problema estaría en que los productos químicos que aplicamos alteran el me-

tabolismo y el equilibrio bioquímico de los cultivos, provocando una mayor proliferación de plagas y enfermedades de todo tipo.

Siguiendo a esta teoría de la Trofobiosis, entre los factores que originan un descontrol de este equilibrio, y el consiguiente incremento de plagas y enfermedades, está el tratamiento inadecuado de la plantación, que genera plantas más vulnerables a los ataques de plagas y enfermedades, la reducción de la llamada “fauna auxiliar”, es decir, los depredadores naturales, y una especial sensibilidad de los cultivos debido a la utilización de productos fitosanitarios y abonos químicos.

Estos productos agroquímicos penetran en la planta, a través de sus hojas, ramas, raíces, semillas, etc., disminuyen su respiración, transpiración y fotosíntesis, perjudicando claramente la resistencia y los procesos de absorción de nutrientes, como fósforo, calcio, potasio, nitrógeno y otros.

Además, los agroquímicos incrementan el poder de acción y reproducción de los insectos sobrevivientes a la aplicación, aumentando su resistencia genética sobre el insecticida para posteriores aplicaciones, y destruyendo los enemigos naturales de estos agentes patógenos.

La clave, por tanto, para que las plantas resistan mejor el ataque de los patógenos es el equilibrio nutricional. Una planta en su estado óptimo es aquella que usa de forma eficiente el 100% de todos los nutrientes que absorbe, es decir, que los aprovecha todos.

Otro factor que incide en la aparición de brotes de enfermedades y plagas es el incremento progresivo de la temperatura ambiente en la zona palmera de la ecorregión, llegando a temperaturas que sobrepasan los 40°C en algunos días y si se suma la mala distribución de lluvias, con una época seca de más de 3 meses, afectan al suelo, especialmente si este no tiene cobertura vegetal viva o como materia orgánica, elevando su temperatura, provocando cambios dramáticos en la composición microbiológica del suelo, absorción de nutrientes por falta de agua y baja fotosíntesis por el cierre de estomas en las hojas, lo que ocurre cuando la temperatura sobrepasa los 38°C. Igual situación ocurre con un invierno intenso acompañado de inundaciones graves como sucedió en Honduras con los fenómenos ciclónicos Eta e Iota que mantuvieron inundados los terrenos por más de 2 meses o las lluvias intensas en el Caribe guatemalteco y la costa del golfo de México.

Estas alteraciones ambientales desequilibran nutricionalmente las plantaciones, pero si se practican buenas prácticas agrícolas (BPA), entre ellas, drenaje adecuado, cobertura vegetal, adición de materia orgánica y buena nutrición, el impacto negativo se minimiza.

Enfermedades comunes en la ecorregión del SAM

Aunque son muchas las enfermedades que afectan a los palmerales, pocas son de importancia económica, pero, aun así, se debe mantener vigilancia sobre ellas y erradicar los casos que se presente ya que potencialmente y especialmente por el cambio climático pueden en un momento causar mucho daño.

Anillo rojo

Agente causal. Esta enfermedad es causada por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, cuyo vector es el insecto picudo negro, *Rhynchophorus palmarum*. En la actualidad (2023) es la enfermedad más diseminada en Centro América, ya que su vector por múltiples causas no se ha podido controlar.

Ilustración 81. Síntoma clásico de anillo rojo en palma aceitera



Fuente; (Chinchilla C, 2010)

Síntomas. En la sintomatología clásica o aguda, se desarrolla un amarillamiento y secamiento progresivo a partir de las hojas inferiores. Las hojas más jóvenes pueden aparecer más cortas, pero sin deformaciones aparentes. Conforme los síntomas avanzan, hojas cada vez más jóvenes son afectadas y la muerte de la palma puede ocurrir en unos pocos meses; lo cual se acelera cuando se desarrollan pudriciones extensivas en la región del cogollo producto de los daños de larvas del picudo. En muchas plantas afectadas se desarrolla una coloración naranja en las bases peciolares y los racimos en desarrollo pueden podrirse.

La otra sintomatología (muy frecuente en Honduras y Venezuela) ocurre cuando las actividades del nematodo se concentran en la región del cogollo, particularmente en las hojas primordiales en la fase de rápido crecimiento, lo que causa que la palma emita sucesivamente hojas cada vez más cortas y deformes. Las hojas más jóvenes de las plantas así afectadas toman una apariencia arrepollada y la tasa de crecimiento del tronco se reduce con los años, por lo cual la altura de las plantas es normalmente inferior a la de sus hermanas de la misma edad. La ausencia de amarillamiento y la presencia de estas hojas de menor longitud, le ha dado el nombre de hoja pequeña a esta manifestación de la enfermedad. Este tipo de síntoma puede definirse como crónico, ya que la palma puede permanecer viva por años.

Síntomas internos. Aunque la presencia de un anillo de tejido descolorido (rojizo) en el tronco de las palmas afectadas es común en el cocotero, esto no es una regla en la palma aceitera.

Cuando se presenta un anillo de tejido descolorido en palma aceitera, este puede o no ser continuo, y su coloración puede tomar varios tonos de pardo, café muy oscuro hasta casi negro, y en algunos casos rosado. No obstante, la presencia del anillo o manchas en el tronco no puede tomarse como el único síntoma válido para diagnosticar la enfermedad en palma aceitera, ya que tales síntomas pueden estar ausentes.

Control

Monitoreo frecuente de la plantación y diagnóstico de casos iniciales de anillo rojo.

Trampeo adecuado de picudos.

Erradicación inmediata de las palmas sintomáticas verificadas.

Se debe usar un arboricida que seque el tejido de la palma en tiempo corto, impidiendo de esta manera que el picudo llegue o las larvas y pupas finalicen su ciclo biológico y convertirse en un foco de infección.

El control del picudo debe ser exhaustivo, regional y obligatorio para toda la ecorregión del SAM.

Ilustración 82. Izquierda. Daño en las hojas, en la fase de rápida elongación aun dentro del cogollo de la palma afectada. Derecha. Hojas ya emitidas mostrando el daño que fue causado cuando estaban en la fase de elongación



Fuente: (Chinchilla C, 2010)

Ilustración 83. Gama de síntomas en el tronco y el peciolo de hojas de palma infectadas por el nematodo del anillo rojo



Fuente: (Chinchilla C, 2010)

Pudrición Letal del Cogollo (PC)

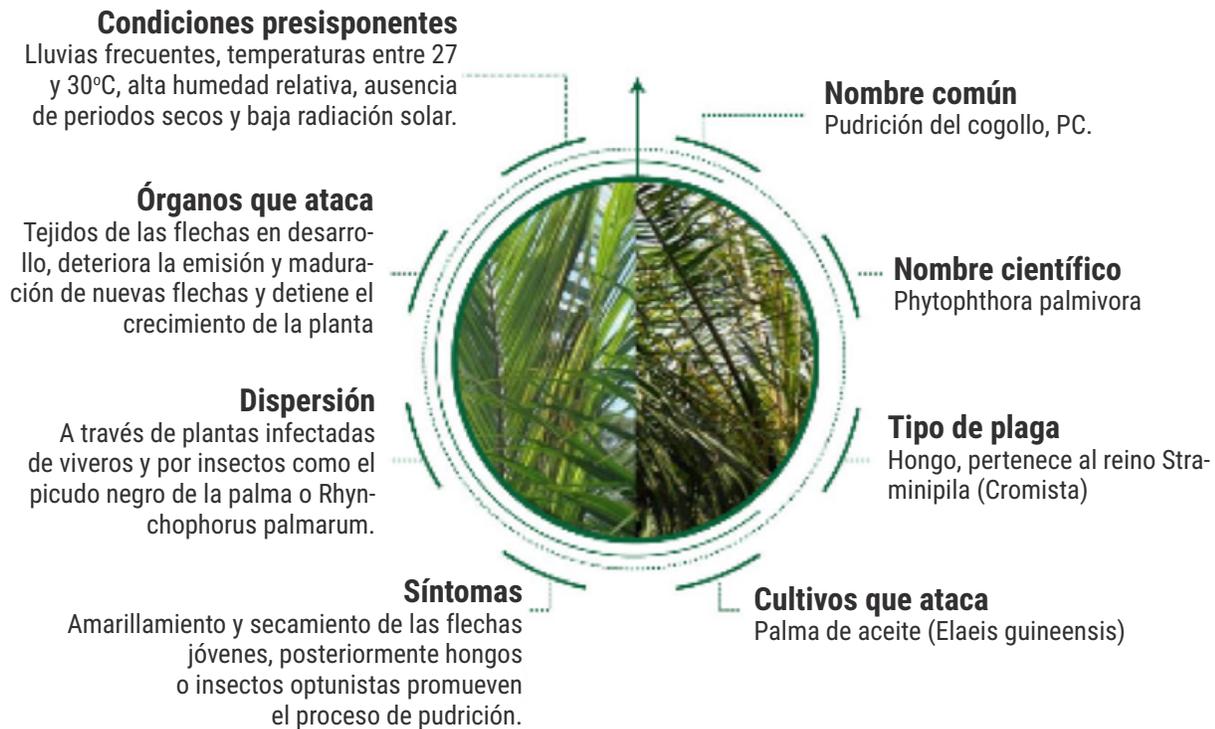
La enfermedad ha sido reconocida desde comienzos del siglo XX en todas las áreas palmeras del mundo, posiblemente con nombres diferentes, con incidencia y con grados de severidad variables, y de acuerdo con estos parámetros, con impactos muy diversos en el cultivo.

A pesar de todas las investigaciones realizadas, no se tenía una idea clara del o los responsables de la PC, encontrándose entre ellos factores bióticos o abióticos que en una forma sinérgica hacen más severo el problema y, a la vez, más difícil el estudio de sus agentes causales (Bunting *et al*, 1934, y Bull y Robertson, 1959, citados por Duff, 1963; Duff, 1963; Kowachich, 1952, citado por Duff, 1963; Gómez *et al.*, 1995; Martínez, 2008 a, b; Martínez y Torres, 2007; Wakefield, 1920, citado por Duff, 1963; Turner, 1981).

Esta situación cambia a partir del momento en que Martínez y colaboradores (2008b), y Sarria y colaboradores (2008b) identificaron a *Phytophthora sp.*, como el responsable de la PC (Gerardo Martínez Greicy A. SarriaGabriel A. Torres Francia Varón, 2010).

Para otros autores, entre ellos el Dr. Carlos Chinchilla, fitopatólogo, que ha estudiado la enfermedad por más de 20 años, aunque no descarta que la *Phytophthora palmivora* tenga relación con la enfermedad, lo ven como una consecuencia posterior a deterioro primario de los tejidos radicales causados por un deterioro progresivo en las condiciones edáficas (drenaje, compactación, elevación de la temperatura del suelo, falta de materia orgánica, fertilización química desbalanceada, abuso de agrotóxicos), que van limitando en el tiempo la capacidad de nutrición de la planta por el pobre desarrollo del sistema radical, la afectación de la microbiota del suelo, acumulación

Ilustración 84. Muestras de la PC



Tomado de Manual de Croplife

de azúcares simples y otros metabolitos en las hojas y posiblemente en las raíces, lo que la hace más atractiva al ataque de enfermedades y plagas. En otras palabras, se debe regenerar el suelo si se quieren plantas sanas.

Control²⁴

La mayoría de las recomendaciones para el manejo de esta enfermedad, orientan a efectuar un manejo de los factores predisponentes y realizar una detección temprana de la **Phytophthora palmívora**, para así efectuar una intervención temprana y detener el proceso infectivo.

La adopción de buenas prácticas de manejo agronómico y con el diagnóstico temprano, desde la etapa de vivero, evaluando los síntomas en la flecha más joven, utilizando la Escala de Severidad desarrollada por Cenipalma en 2008 y continúa con el tratamiento oportuno de las plantas enfermas, la erradicación de las palmas en estados más avanzados de la PC y la prevención del ataque de *Rhynchophorus palmarum* y otros insectos, que pueden estar actuando como diseminadores del agente causal de la enfermedad.

Entre las buenas prácticas de manejo se encuentran las siguientes:

- Manejo del vivero, para lo cual se recomienda:
 - » Uso de semilla con tolerancia a la enfermedad.
 - » Desinfección de los sustratos.
 - » Restricción de acceso a personas ajenas al pre-vivero y vivero.
 - » Asepsia en el vivero.
 - » Evaluación y manejo adecuado de los aspectos sanitarios y tratamiento del agua de riego.
 - » Implementación de riego por goteo.
 - » Aplicación de riego en los momentos oportunos.
 - » Ubicar vivero en áreas lejanas a infestación.
 - » Instalación de bandejas para lavado de botas (pediluvios) previo ingreso.
 - » Manejo de densidad de siembra y de cobertura de suelo.
 - » Manejo de nutrición y de malezas.
 - » Eliminación temprana de plantas infectadas.
 - » Eliminar el uso de fungicidas sistémicos.
 - » Limitar movimiento del material del vivero.

²⁴ Adaptado de manual de Fedepalma 2009

- Manejo y adecuación en la siembra, para lo cual se recomienda:
 - » Evitar siembra inmediata en lotes con antecedentes de la enfermedad.
 - » Establecimiento de leguminosas de cobertura y arvenses.
 - » Tratamiento de los sitios de siembra y siembra en bancales.
 - » Establecimiento de barreras.
 - » Diseño y manejo adecuado del drenaje.
- Prácticas de manejo en el cultivo establecido
 - » Manejo adecuado de la nutrición.
 - » Entrenamiento del personal para identificación de la enfermedad.
 - » Establecimiento de rondas fitosanitarias.
 - » Diseño e implementación de plan de identificación temprana, que incluye la eliminación temprana de palmas enfermas bien la eliminación del tejido enfermo y sus alrededores.

Amarillamiento letal

Es una enfermedad destructiva que afecta principalmente al cocotero (*Cocos nucifera*) y otras palmas, entre ellas a la palma aceitera, en partes de la región Caribe. Se atribuye a fitoplasmas del grupo 16SrIV compuestos de varias cepas.

Síntomas

En la ilustración 84 se muestran los síntomas particulares del amarillamiento letal.

Control

Preventivo. Manejo de un suelo saludable, asegurando buen drenaje, niveles adecuados de materia orgánica, microbiología activa, suelos cubiertos con vegetación diversa, nutrición equilibrada y uso mínimo, racional o de ser posible eliminación total de agrotóxicos, especialmente herbicidas.

Durante los primeros años si se realizan cultivos intercalados, se recomienda sembrar la semilla sin arar el suelo o eliminar los residuos de los campos, obteniendo beneficios que incluyen suelo más sa-

Ilustración 85. Variación en la sintomatología de la PC

Izquierda. Amarillamiento en los folíolos basales de las hojas más jóvenes con pudriciones limitadas.
Derecha. Secamiento extensivo de las hojas flecha y poco o ningún amarillamiento de hojas



Fotos del E. Arias y Carlos Chinchilla.

Ilustración 86. Alternativa de siembra de maíz - frijol en rotación, y cero labranzas, para mantener el suelo cubierto durante los primeros años de siembra



Fuente: CIMMYT

ludable, eliminación de la quema de residuos y un uso más eficiente del agua en los campos donde se siembra arroz-maíz-frijol en rotación y se utilizan las técnicas de la agricultura de conservación. El uso del agua disminuye en casi 30% en comparación con las fincas donde se utilizan sistemas de labranza convencional. No se deben usar agrotóxicos.

Curativo. Seguir el protocolo de Fedepalma, Colombia al que se puede tener acceso en su sitio Web.

Pestalotiopsis

Agente Causal; *Pestalotiopsis palmarum*

Síntoma. Enfermedad que ataca el follaje. Los síntomas iniciales se presentan en el envés de los folíolos con manchas olivas pequeñas y circulares. Según avanza la infección por el hongo, estas lesiones se agrandan y se torna de color pardo rojizo, rodeado por un borde amarillo. En la zona central de las lesiones se observan los cuerpos fructíferos de este hongo.

La lesión luego aumenta en tamaño Toda el área decolorada se necrosa y el centro se torna marrón oscuro, que se aclara en los bordes. Al final, las man-

chas toman un color gris y al necrosarse los tejidos, se observan puntitos negros correspondientes a los acérvulos del hongo.

Las manchas se hacen confluentes y gran parte de la lámina foliar se necrosa en más del 95%, secándose toda la hoja, especialmente las hojas inferiores (Cenipalma, 1996).

Condiciones que lo favorecen: Condiciones ambientales de alta humedad, suelo mal drenado. Manejo agronómico inadecuado del cultivo.

El importante papel de varios insectos, que abren puertas de entrada al tejido sano a patógenos débiles, es bien ilustrado en el caso de los chinches de encaje (*Acysta interrupta*) y el raspador de follaje (*Calyptocephala marginipennis*) que con sus actividades permiten el establecimiento de *Pestalotiopsis* sp. y otros hongos, que causan el secamiento de grandes porciones del follaje.

Control

Control preventivo. Control integrado del cultivo y MIP sobre los posibles vectores.

Ilustración 87. Izquierda. foliolos afectados por pestalotiopsis. Derecha. Palma mostrando un ataque severo de Pestalotiopsis



Fuente. E. Arias

Ilustración 88. Insectos que favorecen la entrada del hongo Pestalotiopsis.
Izquierda. *Acysta interrupta*. Centro. *Calyptocephala* sp. Derecha. Enemigo natural de ambos, hormiga del género *Crematogaster* sp.



Fuente: EcuRed. Naturalista Mex y GREPALMA respectivamente.

Ilustración 89. Arqueo foliar en palma joven en el campo. Los foliolos de parte de la porción doblada del raquis se pudren, se secan y se desprenden



Fuente: (Chinchilla, Carlos, 2008)

Pudriciones comunes de cogollo

A continuación, se describen varias enfermedades foliares o algunas como el síndrome del arqueo foliar que son multicausales, pero al final todas son producto de desequilibrios ambientales, nutricionales o energéticos que presentan las palmas durante su crecimiento y que corregidas en su momento o preventivamente no representan un impacto económico a considerar.

Síndrome del Arqueo Foliar – Pudrición de Flecha

El desorden conocido como Pudrición Común de la Flecha/Arqueo Foliar afecta negativamente el crecimiento vegetativo y los rendimientos iniciales de palmas individuales.

El crecimiento en estas plantas podría no mantener un equilibrio con el proceso de lignificación de los tejidos del peciolo y raquis, lo cual conlleva al desarrollo de los síntomas de arqueo y facilita la invasión de organismos oportunistas habitantes comunes en los tejidos externos de las hojas, tales como *Erwinia* spp. y *Fusarium* spp. Estas observaciones, así como otras obtenidas en otros experimentos (Turner 1981; Monge *et al.* 1992, 1993).

Para la forma más benigna del problema (la pudrición común de la flecha/arqueo foliar), la susceptibilidad parece estar en parte genéticamente determinada (Blaak 1970), pero también se pueden identificar varios factores de predisposición. El desorden está asociado a factores que afectan la relación parte aé-

rea/raíz, particularmente que causan un desarrollo pobre de las raíces (aeración pobre del suelo (drenaje pobre, compactación...), nutrición desequilibrada (alta razón N/K) (Turner 1981, Breure y Soebagjo 1991, Sterling y Alvarado 1996, Alvarado *et al.* 1997, Chinchilla *et al.* 1997) (Chinchilla, Carlos, 2008).

Las pudriciones del cogollo en general se asocian con factores que afectan en forma negativa el desarrollo radical (formación de nuevas raíces y deterioro de las ya formadas). Estos son los factores de predisposición, tales como una mala aeración de los suelos y un periodo de sequía prolongado. La mala aeración de suelo puede ser causada por un drenaje impedido (capas impermeables en el perfil, nivel freático fluctuante, texturas muy finas o contrastantes en el perfil, compactación). El efecto negativo de una sequía sobre el sistema radical es acentuado en suelos con una baja capacidad de retención de humedad y bajos contenidos de potasio. En general, cualquier factor que afecte en forma negativa la formación y longevidad del sistema radical podría predisponer a la planta a un ataque (Chinchilla, Carlos, 2008).

Pudriciones del tallo

Varias son los patógenos que producen pudriciones de los tallos y aunque no representen un impacto económico se deben detectar las palmas afectadas para: eliminar las fuentes de inóculo, erradicarlas de la plantación y evitar problemas a futuro ya que nunca se sabe cuándo una enfermedad endémica se puede convertir en epidémica.

Pudrición Basal Húmeda

Agente causal. El agente causal suelen ser bacterias y en algunos casos *Erwinia* sp. La incidencia de la PBH es más frecuente en palmas jóvenes menores a 5 años. Bajo condiciones de mal drenaje es posible que periodos de anoxia (sin oxígeno), provoquen la muerte prematura de raíces y éstas sirvan de entrada para el ataque del patógeno.

Síntomas. El síntoma más evidente es el secamiento de las hojas bajas, las cuales en etapas tempranas se tornan de un color pardo rojizo hacia los extremos de los foliolos.

- El síntoma se agudiza en pocos días tornándose las hojas amarillas y luego secas de color cenizo.
- Puede que la parte alta del dosel (hojas nuevas) no manifieste ningún síntoma.

Causas. El principal factor para manejar sin duda es el drenaje; se recomienda evitar excesos de hume-

Ilustración 90. Palma con síntomas de pudrición basal húmeda



Fuente: LG Consultorías

dad o encharcamientos por medio de la confección de drenajes superficiales cuaternarios.

Las palmas afectadas se deben botar y asperjar los cortes con un insecticida para evitar la llegada de hembras de *Rhynchophorus palmarum*.

Manejo. El principal factor por manejar sin duda es el drenaje. En áreas bajas y después de nivelar la tierra excavada de los drenes terciarios y secundarios se forman ciertas lagunitas o charcos, éstas debemos secarlas con drenajes cuaternarios, superficiales, dispuestos en “espina de pescado” en relación con los terciarios.

- Las palmas afectadas se deben botar y asperjar los cortes con un insecticida (carbaryl) para evitar la llegada de hembras de *Rhynchophorus palmarum* a ovipositar en los tejidos expuestos.
- No existe evidencia de una mayor susceptibilidad entre materiales genéticos.

Pudrición Basal Seca

Agente causal. El agente causal de la PBS es el hongo *Ceratocystis paradoxa* (Dade) Moreau y su anamorfo *Thielaviopsis paradoxa* (De Seynes) VonHohn.

Síntomas. Suele presentarse en palmas adultas.

Ilustración 91. Palma afectada por pudrición basal seca



Fuente: E. Arias

- En palmas afectadas por este hongo el síntoma más característico es la observación en la base de la planta de una pudrición seca del tejido y de color café claro.
- Ocasionalmente puede observarse la fractura en el peciolo de hojas de aspecto sano y verdes, tampoco es común la falla de racimos.
- Un síntoma importante a considerar es la aparición de raíces adventicias por encima del daño en un intento de la palma por establecer conexión con el suelo.
- En la base del tronco, se forma una cavidad generalmente de gran tamaño, al desintegrarse los tejidos internos y desprenderse de las partes sanas (Hector, 2018).

Manejo. El control de la Pudrición Seca de Estipe o tallo se basa en la revisión periódica, palma por palma, de toda la plantación, apoyado en la búsqueda de orificios con el fin de detectar las palmas enfermas con el mínimo daño. En estos casos se realiza una cirugía pequeña que no afecta para nada a la palma. La cirugía consiste en la remoción completa de

Ilustración 92. Pudrición

Pudrición de color café claro y se encuentra superficial en la periferia; los tejidos descompuestos son corchosos y están surcados por bandas negras, en las cuales se encuentran los estromas que contienen las ascosporas o unidades reproductivas del hongo. El micelio que crece dentro de los tejidos es denso.



Fuente: E. Arias

los tejidos afectados seguida de una aplicación de insecticida y fungicida sobre el área tratada y sobre los residuos.

Cuando la pudrición empieza por la base de la palma, la detección es mucho más complicada, pues hay que esperar hasta cuando la descomposición se haga evidente sobre la corteza, que generalmente es en forma de manchas negras entre las bases peciolares o buscar síntomas foliares; no obstante, cuando la enfermedad se detecta, la pudrición en el estípite ya está muy avanzada y la recuperación mediante cirugía se complica. En los casos muy severos la única alternativa es la erradicación (Tovar & Nieto, 1998).

Pudrición Basal Corchosa

Agente causal. El agente causal es el hongo *Kretzschmaria deusta* (Hoffm.)

P.M.D. Martin, (1970) (Sin. *Ustulina deusta*). Esta enfermedad es causada por un hongo cosmopolita, y su importancia es secundaria en América tropical. El hongo *Ustulina deusta*, es primariamente un saprófita descomponedor de madera, y a lo mejor solamente ataca palmas que han sido previamente estresadas, como es el caso de un terreno expuesto a inundaciones.

Síntomas. Usualmente, las palmas infectadas no muestran síntomas externos visibles en el follaje, hasta que se ha desarrollado una pudrición extensiva en la base del trono, periodo cuando se forman los cuerpos fructíferos externos del hongo, los cuales aparecen como una costra, primeramente, grisácea y luego negra.

Causas. Ataca a palmas con algún tipo de estrés. Descompone tanto la celulosa como la lignina, y coloniza la parte inferior del tallo y/o las raíces de los árboles vivos a través de heridas o por contacto de las raíces con árboles infectados.

Manejo. El hongo continúa descomponiendo la madera después de que el árbol huésped ha muerto, lo que convierte a *K. deusta* en un parásito facultativo²⁵. Los nuevos cuerpos fructíferos se forman en la primavera y son planos y grises con bordes blancos. Los cuerpos fructíferos discretos persisten durante todo el año (wikipedia.org, 2022); razón por la que se deben destruir y sacar de la plantación toda la palma enferma e incinerarla en un sitio adecuado.

²⁵ Se entiende por parásito facultativo a aquel ser que es de vida libre habitualmente, pero puede parasitar a otro organismo vivo susceptible cuando se dan las condiciones adecuadas.

Ilustración 93. Sintomatología de ataque de Ganoderma y fructificación del hongo



Fuente: E. Arias. Arriba. Shutterstock. Abajo. Wikimedia commons.

Pudrición Basal Por Ganadera

Agente causal. *Ganoderma boninense* Pat. 1889

Síntomas. Los síntomas foliares más frecuentes son la ausencia de racimos y el secamiento de las hojas bajas, las cuales pueden descolgarse desde la base o quebrarse a 30 -50 cm de esta; sin embargo, éstos sólo se expresan en palmas cuando la descomposición en el estípote es muy avanzada; incluso se observan palmas que se pudren completamente por dentro, sin manifestar ningún síntoma, llegan a quebrarse teniendo buena carga de racimos y el follaje verde (Tovar & Nieto, 1998).

Causas. No están claras, pero por lo general la incidencia aumenta con períodos prolongados de sequía (estrés hídrico y muerte de raíces):

- Tablas oscilantes de agua aumentan la incidencia.
- Nutrición desbalanceada (potasio).

- Suelos livianos (baja CICE).
- Problemas de acidez (bajo pH).
- Materiales susceptibles.

Manejo. En vista de que la pudrición basal actualmente carece de importancia económica, las medidas de control se deben encaminar a retardar el establecimiento del hongo *Ganoderma* sp. como patógeno, y por lo tanto se debe continuar con la revisión permanente para la detección temprana de las palmas afectadas, porque existen ejemplos de recuperaciones con base en cirugías. Sin embargo, como la enfermedad en estados avanzados ya no tiene recuperación, la única alternativa es la erradicación y posterior destrucción de los tejidos infectados (incluyendo raíces).

Ilustración 94. Eliminación de una planta afectada por Ganoderma



Fuente: E. Arias

Resumen controles de enfermedades relacionadas a la palma

La búsqueda de las causas y soluciones para los diferentes problemas fitosanitarios de la palma de aceite ha sido bastante fructífera durante aproximadamente los últimos quince años, y se han diseñado estrategias de manejo integrado para la mayoría de ellos. Este ha sido el caso para enfermedades como el anillo rojo, la marchitez sorpresiva y también para algunas formas de pudriciones de flecha y cogollo.

La idea central de un manejo integrado se basa en el principio de

que la prevención es la primera barrera contra los problemas fitosanitarios. Algunos elementos que deben ser estándar en la industria son el uso de materiales de siembra de fuentes reconocidas, mejores prácticas de vivero y de preparación del área de siembra (para causar el mínimo daño a sus propiedades físicas, químicas y de equilibrios biológicos), manejo eficiente del agua del suelo, mejores prácticas agronómicas durante el periodo pre productivo y un seguimiento permanente del estado de la plantación.

Detrás de todos estos elementos está el hecho de un sistema radical saludable garantiza una planta saludable y que muchos problemas fitosanitarios tienen su origen en un sistema radical pobremente desarrollado y/o debilitado (Chinchilla, Carlos, 2008).

Nutrición

Para poder entender el tema de nutrición en palma de aceite y de cualquier vegetal, haremos una revisión rápida de procesos fisiológicos que ocurren en la planta para poder nutrirse y a partir de elementos sencillos (Carbono, Oxígeno, Nitrógeno, etc.) sintetizar elementos complejos, como azúcares a partir de los que se forman almidones, proteínas, grasas y otros necesarios en el proceso metabólico²⁶ de crecimiento y producción.

Fotosíntesis

La vida en la Tierra depende fundamentalmente de la energía solar. Esta energía es atrapada mediante la fotosíntesis, responsable de la producción de toda la materia orgánica de la vida (biomasa).

La fotosíntesis es el proceso biológico más importante que ocurre sobre la tierra, mediante el cual las plantas y algas convierten la energía solar en compuestos de carbono ricos en energía.

El carbono y el oxígeno, que son los principales constituyentes del organismo vegetal (90% de la biomasa total), no los obtiene la planta del suelo, sino del aire, por medio de la actividad fotosintética. El hidrógeno, proveniente del agua del suelo, representa el 6% de la biomasa total, mientras que el 4% restante corresponde a los nutrientes retirados del suelo.

La base biológica para aumentar la producción de los cultivos comprende la maximización de los procesos fisiológicos que regulan o intervienen directamente en la actividad productiva de las plantas. Dentro de este enfoque se considera prioritario el incremento de la capacidad de las plantas para captar la energía solar, la conversión de ésta en productos fotosintéticos y la distribución eficiente de los fotoasimilados²⁷ en los órganos que van a formar el "recipiente de la producción" (tallos, hojas, frutos, tubérculos, etc.).

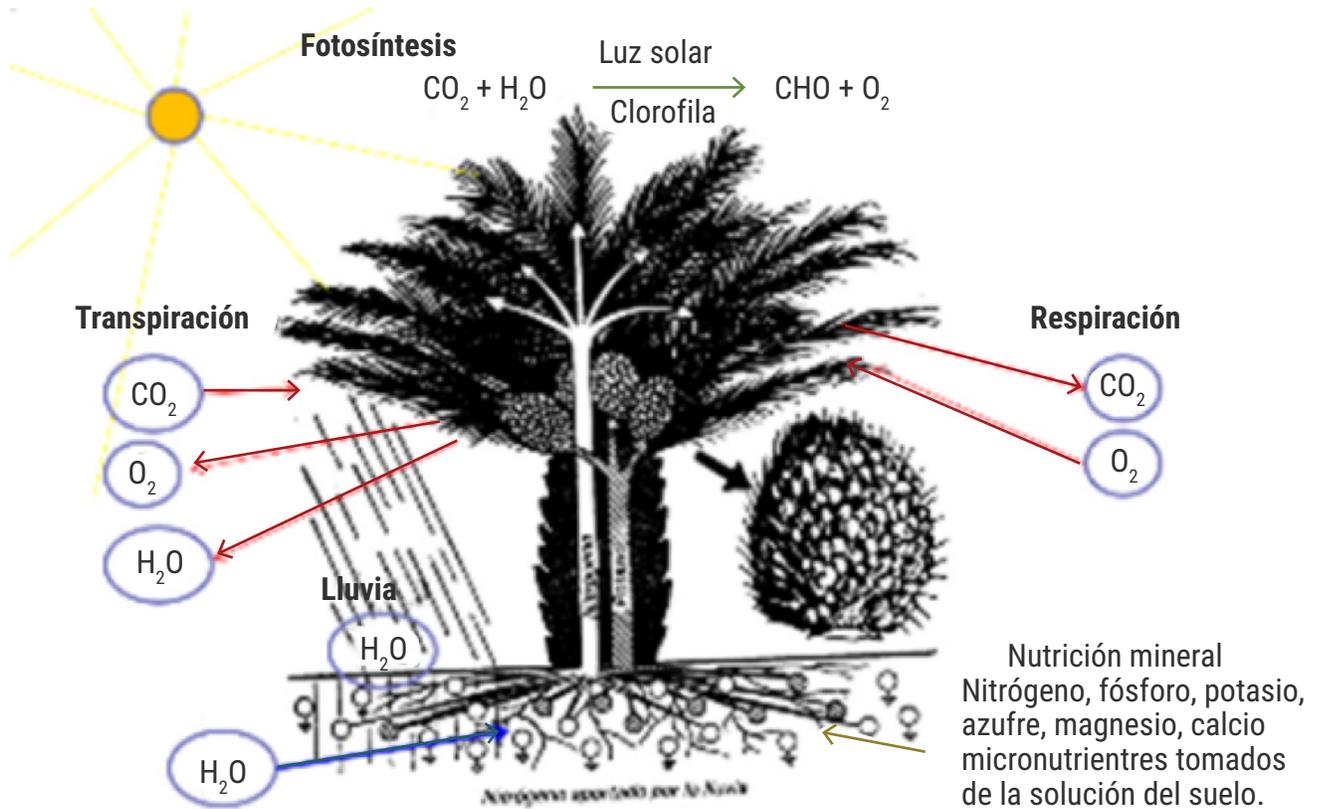
En plantaciones de palma de aceite, el IAF (Índice de Área Foliar) aumenta con la edad de las palmas hasta alcanzar un valor máximo a los 10 años. En la mayoría de los suelos palmeros, relativamente fértiles, palmas con unas 40 hojas y sembradas en densidad de 148 plantas/ha presentan IAF de 6.0, que se alcanza con un rango promedio de 24 a 30 hojas por

²⁶ El metabolismo vegetal es el conjunto de fenómenos fisicoquímicos que se producen en la planta, gracias a los cuales se llegan a sintetizar, en una serie de procesos anabólicos, los diversos elementos que forman el organismo, a la vez que, por otra parte, y de manera catabólica la materia es degradada o simplificada.

²⁷ Sustancias sintetizadas por las plantas a partir de CO₂ y de la energía solar.

Ilustración 95. Fotosíntesis

A partir del agua y de los elementos minerales absorbidos por las raíces y el carbono fijado en las hojas por la fotosíntesis, las plantas elaboran sustancias orgánicas que se distribuyen a todos los tejidos vegetales.



Fuente: Adaptado de fuente desconocida.

planta, con lo que podría obtener una producción de 12 racimos/planta-año, con un peso promedio de 20 a 30 kg/racimo.

Respiración

El crecimiento y mantenimiento de los vegetales requiere un gasto continuo de energía que las plantas obtienen mediante la respiración, que es un proceso metabólico que consiste en oxidar nutrientes y obtener energía de ellos en forma de ATP, para lo cual se requiere oxígeno.

Los carbohidratos, lípidos y proteínas pueden ser procesados y consumidos como fuente de energía, y terminan siendo completamente oxidados y reducidos a dióxido de carbono y agua, que son los productos finales de la respiración.

Es un proceso que ocurre en todas las células vivas de las plantas, y como consecuencia de él se produce una pérdida del carbono asimilado durante la fotosíntesis. La ganancia líquida de materia seca por las plantas depende entonces tanto de la fotosíntesis bruta como de la respiración total de todos los

órganos. Recientemente, la respiración oscura o mitocondrial ha sido separada en respiración de crecimiento (Rc) y respiración de mantenimiento (Rm). La Rc corresponde a la actividad respiratoria asociada con el crecimiento y almacenamiento del organismo y la Rm está relacionada con el gasto de energía para soportar la organización celular. La distribución de estos dos tipos de respiración es operacional, por lo cual no existe diferencia entre ellas respecto a las rutas bioquímicas o a los productos formados.

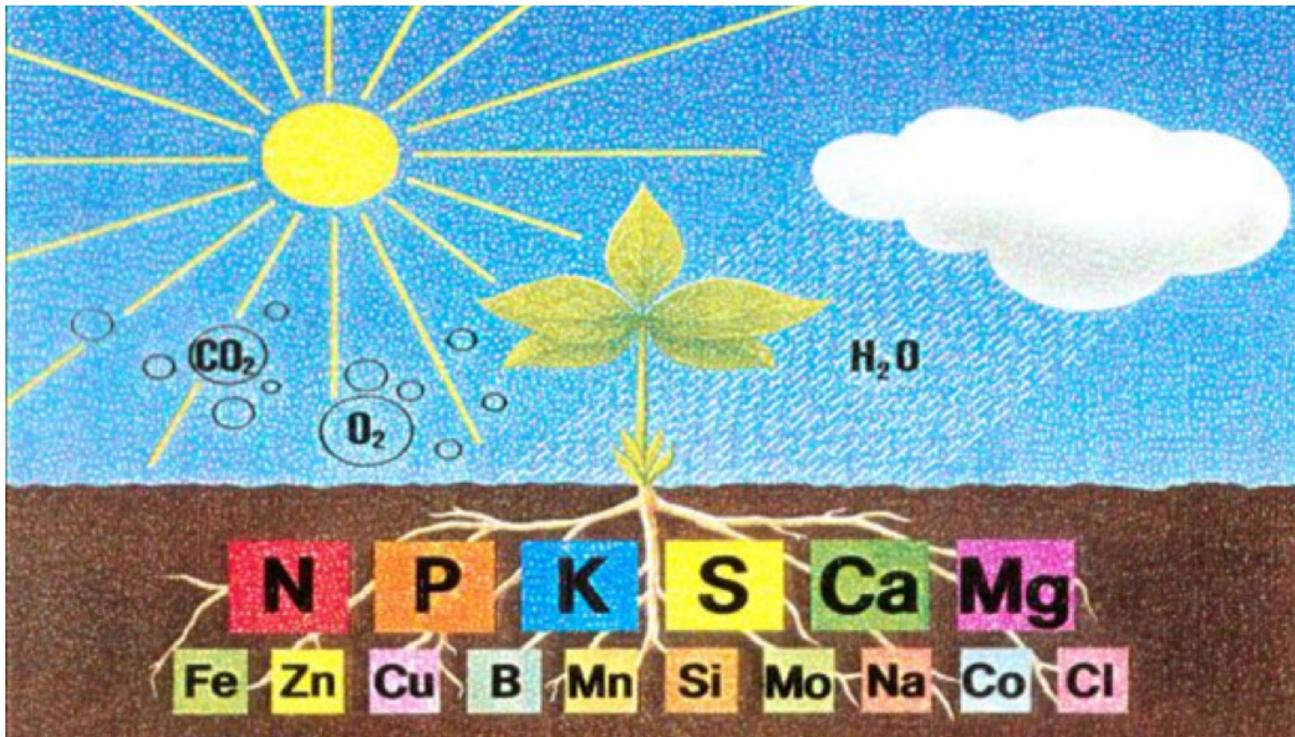
Las hojas son las que más contribuyen a la Rm de la palma de aceite, mientras que la mayor Rc es mostrada por los racimos, ocurre como resultado de sus requerimientos altos de asimilados para la síntesis de lípidos, la Rc y la Rm contribuyeron 22% - 25% y 75% - 78%, respectivamente, a la respiración total y constituyeron cerca de 18% y 58% de la asimilación bruta.

Trabajos previos demuestran que la asimilación bruta de carbohidratos fue de 47,6 y 59,7 t CH₂O/ha/año en los sitios seco y húmedo, respectivamente, equivalentes a 69,9 y 87,5 t CO₂/ha/año; las pérdidas respiratorias constituyeron 76,1% y 75,8% de la asi-

Ilustración 96. Nutrientes para las plantas

La cantidad de nutrientes presente en el suelo determina su potencial para alimentar organismos vivos.

Los 16 nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas se suelen clasificar entre macro y micronutrientes dependiendo de su requerimiento para el desarrollo de las plantas. Los macronutrientes se requieren en grandes cantidades e incluyen Carbono(C), Oxígeno (O), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre(S). Los micronutrientes por otro lado se requieren en pequeñas cantidades, su insuficiencia puede dar lugar a carencia y su exceso a toxicidad, se refieren a Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl).



Fuente: LAG Consultoría, adaptado de fuente desconocida.

milación bruta en el sitio seco y húmedo, respectivamente. Corley (1982) encontró que, en palmas de tres años, la tasa de respiración oscura disminuyó gradualmente con la edad de las hojas, de 1,7 mg CO₂/dm²/h en la hoja 1, a 1,4 mg CO₂/dm²/h en la hoja 36.

Nutrición vegetal

La nutrición vegetal es el conjunto de procesos mediante los cuales los vegetales toman sustancias del exterior para sintetizar sus componentes celulares o usarlas como fuente de energía.

El C, H y O constituyen el 94-99,5% de los elementos de las plantas. La mayor parte del carbono y del oxígeno lo obtienen directamente del aire, por fotosíntesis, mientras que el hidrógeno deriva del vapor de agua del aire y, principalmente, del agua del suelo. Sin embargo, las plantas no pueden desarrollarse exclusivamente con agua y aire, ya que requieren de cierto número de elementos químicos que suelen absorber de la disolución del suelo. Aunque estos elementos

constituyen una pequeña porción del peso anhidro de la planta (entre el 0,6-6%), no dejan por ello de ser fundamentales para las plantas, ya que son los que comúnmente limitan el desarrollo de los cultivos.

Después de las cosechas, el suelo pierde gran parte de sus nutrientes, que los recuperará a través de la fertilización orgánica o inorgánica. Los elementos esenciales requeridos por las plantas superiores son exclusivamente de naturaleza inorgánica. Para que un elemento sea considerado un nutriente esencial de las plantas debe satisfacer las tres condiciones siguientes (Arnon y Stout, 1934):

- Una deficiencia de este elemento hace imposible que la planta complete su ciclo vital.
- La deficiencia es específica para el elemento en cuestión.
- El elemento está directamente implicado en la nutrición de la planta con función específica e insustituible.

Basándose en el contenido de cada nutrimento dentro del tejido vegetal, se pueden clasificar en dos tipos; **macronutrientes y micronutrientes**. Cabe hacer énfasis en que esta división no obedece al tamaño molecular del elemento ni a la importancia de estos; todos son esenciales pero los macros se requieren en mayores cantidades. Actualmente está demostrado y admitido que los elementos esenciales para el crecimiento de todas las plantas son 16, y 5 solo son esenciales para algunas.

Proceso de la nutrición vegetal

Las plantas absorben nutrientes esenciales del suelo a través de sus raíces y del aire (principalmente dióxido de carbono, oxígeno y vapor de agua) a través de sus hojas. La absorción de nutrientes en el suelo se logra mediante el intercambio de cationes, en el que los pelos de las raíces (pelos radiculares) bombean iones de hidrógeno (H⁺) al suelo. Estos iones de hidrógeno desplazan los cationes adheridos a las partículas del suelo cargadas negativamente para que los cationes estén disponibles para ser absorbidos por la raíz. En las hojas, las estomas se abren para absorber dióxido de carbono y expulsar oxígeno. Las moléculas de dióxido de carbono se utilizan como fuente de carbono en la fotosíntesis.

La raíz, especialmente el pelo radicular, es el órgano esencial para la absorción de nutrientes. La estructura y arquitectura de la raíz pueden alterar la tasa de absorción de nutrientes. Los iones de nutrientes se transportan al centro de la raíz y el tallo, para que los nutrientes lleguen a los tejidos conductores, el xilema y el floema. La banda de Caspary, una pared celular en la raíz, evita el flujo pasivo de agua y nutrientes, ayudando a regular la absorción de nutrientes y el agua. El xilema mueve el agua y los iones minerales desde la raíz a la parte aérea y el floema es responsable del transporte de moléculas orgánicas producidas en las hojas al resto de la planta y la raíz. **El potencial hídrico** juega un papel clave en la absorción de nutrientes de una planta. Si el potencial hídrico es más negativo en la planta que en los suelos circundantes, los nutrientes se moverán de la región de mayor concentración de solutos, en el suelo, al área de menor concentración de solutos en la planta.

Hay tres formas fundamentales en que las plantas absorben nutrientes a través de la raíz:

- La difusión simple ocurre cuando una molécula apolar, como el O₂, CO₂ y NH₃, sigue un gradiente de concentración, moviéndose pasivamente a través de la membrana de la bicapa lipídica celular sin el uso de proteínas de transporte.

- La difusión facilitada es el movimiento rápido de solutos o iones siguiendo un gradiente de concentración, facilitado por proteínas de transporte.
- El transporte activo es la captación por parte de las células de iones o moléculas frente a un gradiente de concentración; esto requiere una fuente de energía, generalmente ATP, para impulsar las bombas moleculares que mueven los iones o moléculas a través de la membrana.

Los nutrientes se pueden mover en las plantas a donde más se necesitan. Por ejemplo, una planta intentará suministrar más nutrientes a sus hojas más jóvenes que a las más viejas. Cuando los nutrientes son móviles en la planta, los síntomas de cualquier deficiencia se hacen evidentes primero en las hojas más viejas. Sin embargo, no todos los nutrientes son igualmente móviles. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son nutrientes móviles, mientras que los demás tienen diversos grados de movilidad. Cuando un nutriente menos móvil es deficiente, las hojas más jóvenes sufren porque el nutriente no se mueve hacia ellas, sino que permanece en las hojas más viejas. Este fenómeno es útil para determinar qué nutrientes pueden faltar en una planta.

Muchas plantas producen simbiosis con microorganismos. Dos tipos importantes de estas relaciones son:

- Con bacterias como los rizobios, que realizan la fijación biológica de nitrógeno, en la que el nitrógeno atmosférico (N₂) se convierte en amonio (NH₄⁺).
- Con hongos micorrícicos, que a través de su asociación con las raíces de las plantas ayudan a crear una superficie radicular efectiva más grande.

Ambas relaciones mutualistas mejoran la absorción de nutrientes.

La atmósfera de la Tierra contiene más del 78% de nitrógeno. Las plantas llamadas leguminosas, incluidos los cultivos agrícolas de alfalfa y soja, que los agricultores cultivan ampliamente, albergan bacterias fijadoras de nitrógeno que pueden convertir el nitrógeno atmosférico en nitrógeno que la planta puede utilizar. Las plantas no clasificadas como legumbres como el trigo, el maíz y el arroz dependen de los compuestos nitrogenados presentes en el suelo para apoyar su crecimiento. Estos pueden ser suministrados por mineralización de materia orgánica del suelo o residuos de plantas añadidos, bacterias fijadoras de nitrógeno, desechos animales o mediante la aplicación de fertilizantes.

Macronutrientes

Los macronutrientes se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0.1% de la materia seca. Los tres elementos que se encuentran en mayor concentración son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno; los cuales se toman del agua y de la atmósfera. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son llamados macronutrientes primarios y es muy frecuente fertilizar con esos nutrientes. Los macronutrientes secundarios son el calcio, el magnesio y el azufre. La presencia

de una cantidad suficiente de elementos nutritivos en el suelo no garantiza por sí misma la correcta nutrición de las plantas, pues estos elementos han de encontrarse en formas moleculares que permitan su asimilabilidad por la vegetación.

En síntesis, se puede decir que una cantidad suficiente y una adecuada disponibilidad de estos nutrientes en el suelo son fundamentales para el correcto desarrollo de la vegetación.

Tabla 11. Macronutrientes esenciales para las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas

Elemento	Hidrogeno
Símbolo químico	H
Forma disponible para las plantas	H ₂ O, H ⁺
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	600000
Funciones: El hidrógeno es necesario para la construcción de prácticamente la totalidad de moléculas orgánicas de la planta. Procede del aire y del agua.	
Elemento	Carbono
Símbolo químico	C
Forma disponible para las plantas	CO ₂ , HCO ₃ ⁻
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	450000
Funciones: El carbono forma la columna vertebral de la mayoría de las biomoléculas vegetales, incluidas las proteínas, el almidón y la celulosa. El carbono se fija mediante la fotosíntesis; esto convierte al dióxido de carbono del aire en carbohidratos, que se utilizan para almacenar y transportar energía dentro de la planta. También se puede absorber de la disolución del suelo en forma de bicarbonato.	
Elemento	Oxigeno
Símbolo químico	O
Forma disponible para las plantas	O ₂ , CO ₂ , H ₂ O
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	450000
Funciones: El oxígeno es necesario para la respiración celular, los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en numerosos otros componentes celulares. Procede del aire y del agua.	
Elemento	Nitrógeno
Símbolo químico	N
Forma disponible para las plantas	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	15000
Funciones: El nitrógeno es el componente de los aminoácidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, clorofila, coenzimas, alcaloides, etc. Los compuestos nitrogenados comprenden entre el 40%-50% de la materia seca del protoplasma celular. En muchos campos agrícolas, el nitrógeno es el nutriente limitante para un crecimiento rápido.	

Elemento	Potasio
Símbolo químico	K
Forma disponible para las plantas	K ⁺
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	10000
<p>Funciones: El potasio, a diferencia de otros elementos principales, no forma parte de la composición de ninguno de los componentes importantes de las plantas que intervienen en el metabolismo, pero se encuentra en todas las partes de las plantas en cantidades sustanciales. Es esencial para la actividad enzimática, incluidas las enzimas involucradas en el metabolismo primario. Desempeña un papel en la regulación de la turgencia, afectando el funcionamiento de las estomas y el crecimiento del volumen celular. Parece ser de particular importancia en hojas y en puntos de crecimiento. El potasio se destaca entre los elementos nutritivos por su movilidad y solubilidad dentro de los tejidos vegetales. También ayuda en la coloración y la forma de la fruta y también aumenta su brix.</p>	

Elemento	Calcio
Símbolo químico	Ca
Forma disponible para las plantas	Ca ²⁺
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	5000
<p>Funciones: El calcio es un componente de la pared celular; cofactor de enzimas; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares, etc. Se encuentra principalmente en las hojas, con concentraciones más bajas en semillas, frutos y raíces. Regula el transporte de otros nutrientes a la planta y también participa en la activación de ciertas enzimas vegetales. La deficiencia de calcio resulta en el retraso en el crecimiento. Este nutriente está involucrado en la fotosíntesis y en la estructura de la planta. Es necesario como catión de equilibrio para los aniones en la vacuola y como mensajero intracelular en el citosol.</p>	

Elemento	Magnesio
Símbolo químico	Mg
Forma disponible para las plantas	Mg ²⁺
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	2000
<p>Funciones: El magnesio es el componente central de la molécula de clorofila. Como portador, también participa en numerosas reacciones enzimáticas como activador eficaz, en las que está estrechamente asociado con compuestos de fósforo que aportan energía.</p>	

Elemento	Fosforo
Símbolo químico	P
Forma disponible para las plantas	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	2000
<p>Funciones: El fósforo se encuentra en los compuestos fosfatados que transportan energía (ATP, ADP), los ácidos nucleicos, varias coenzimas y los fosfolípidos. Al igual que el nitrógeno, el fósforo participa en muchos procesos vitales de las plantas. Está presente tanto en formas orgánicas como inorgánicas, las cuales se trasladan fácilmente dentro de la planta. Todas las transferencias de energía en la célula dependen fundamentalmente del fósforo. El fósforo también se puede usar para modificar la actividad de varias enzimas por fosforilación y se usa para la señalización celular. El fósforo se concentra en los puntos de crecimiento más activo de una planta y se almacena dentro de las semillas en previsión de su germinación.</p>	

Elemento	Azufre
Símbolo químico	S
Forma disponible para las plantas	SO ₄ ²⁻
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	1000
<p>Funciones: El azufre forma parte de algunos aminoácidos (cisteína y metionina), así como de la coenzima A, algunas vitaminas, y es esencial para el crecimiento y la función del cloroplasto; se encuentra en los complejos de hierro-azufre de las cadenas de transporte de electrones en la fotosíntesis. Es necesario para la fijación de N₂ por las leguminosas y la conversión de nitrato en aminoácidos y luego en proteínas.</p>	

Fuente: (Peter H. Raven, Ray F. Evert, Susan E. Eichhorn, 2007), (P.R. Scout, Proceeding of the Ninth Annual California Fertilizer Conference, 1961), (Roy, R.N.; Finck, A.; Blair, G.J.; Tandon, H.L.S. (2006).

Micronutrientes

Los micronutrientes llamados también oligoelementos no sobrepasan el 0.01% de la materia seca. Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre y el molibdeno. Todos los mencionados cumplen

en todas las especies vegetales con los criterios de esencialidad mencionados anteriormente. Existen otros elementos benéficos que pueden ser esenciales para algunos cultivos; tales como el sodio, el silicio o el cobalto.

Tabla 12. Micronutrientes esenciales para las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas

Elemento	Cloro
Símbolo químico	Cl
Forma disponible para las plantas	Cl ⁻
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	100
Funciones: El cloro se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno.	

Elemento	Hierro
Símbolo químico	Fe
Forma disponible para las plantas	Fe ⁺² , Fe ⁺³
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	100
Funciones: El hierro es necesario para la síntesis de la clorofila; componente de los citocromos y de la nitrogenasa.	

Elemento	Boro
Símbolo químico	Bo
Forma disponible para las plantas	H3BO3
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	20
Funciones: El boro interviene en la utilización del Calcio, la síntesis de los ácidos nucleicos, la polinización y la integridad de las membranas. También tiene un importante efecto positivo en el cuajado de frutos y el proceso de formación de semillas.	

Elemento	Manganeso
Símbolo químico	Mn
Forma disponible para las plantas	Mn ⁺²
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	50
Funciones: El manganeso es activador de algunas enzimas; necesario para la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis.	

Elemento	Zinc
Símbolo químico	Zn
Forma disponible para las plantas	Zn ⁺²
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	20
Funciones: El zinc es el activador o componente de numerosos enzimas.	

Elemento	Cobre
Símbolo químico	Cu,
Forma disponible para las plantas	Cu+1, Cu+2
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	6
Funciones: El cobre es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones.	

Elemento	Molibdeno
Símbolo químico	Mo
Forma disponible para las plantas	Mo4 ²⁻
Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	0.1
Funciones: El molibdeno es necesario para la fijación del nitrógeno y en la reducción de los nitratos	

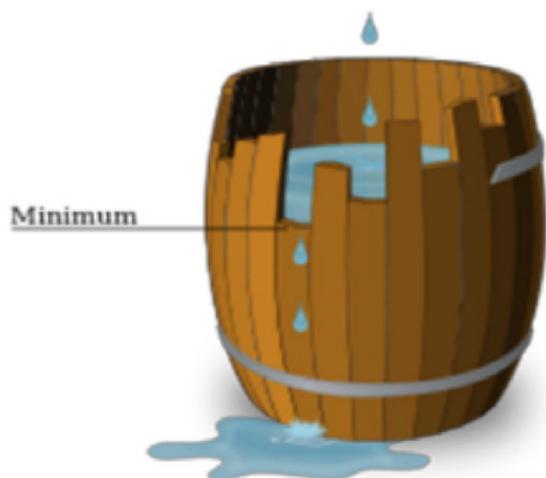
Fuente: Fuente: (Peter H. Raven, Ray F. Evert, Susan E. Eichhorn, 2007), (P.R. Scout, Proceeding of the Ninth Annual California Fertilizer Conference, 1961)

Crecimiento y rendimiento de las plantas

La producción de alimentos y materias primas vegetales se produce a través del crecimiento de la planta sobre la base de la fotosíntesis y otros factores de crecimiento, de naturaleza física, química o biótica. Los factores de rendimiento son factores climáticos y de suelo, disponibilidad de agua, de nutrientes, presencia de sustancias tóxicas, valor de pH del sustrato, sustancias orgánicas...

Ley del Mínimo de Liebig. Justus von Liebig, en el año 1840, enunció el siguiente principio: "el rendimiento de la cosecha está determinado por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad". Además, un exceso en cualquier otro nutriente no puede compensar la deficiencia del elemento nutritivo limitante.

Ilustración 97. Barril de Liebig



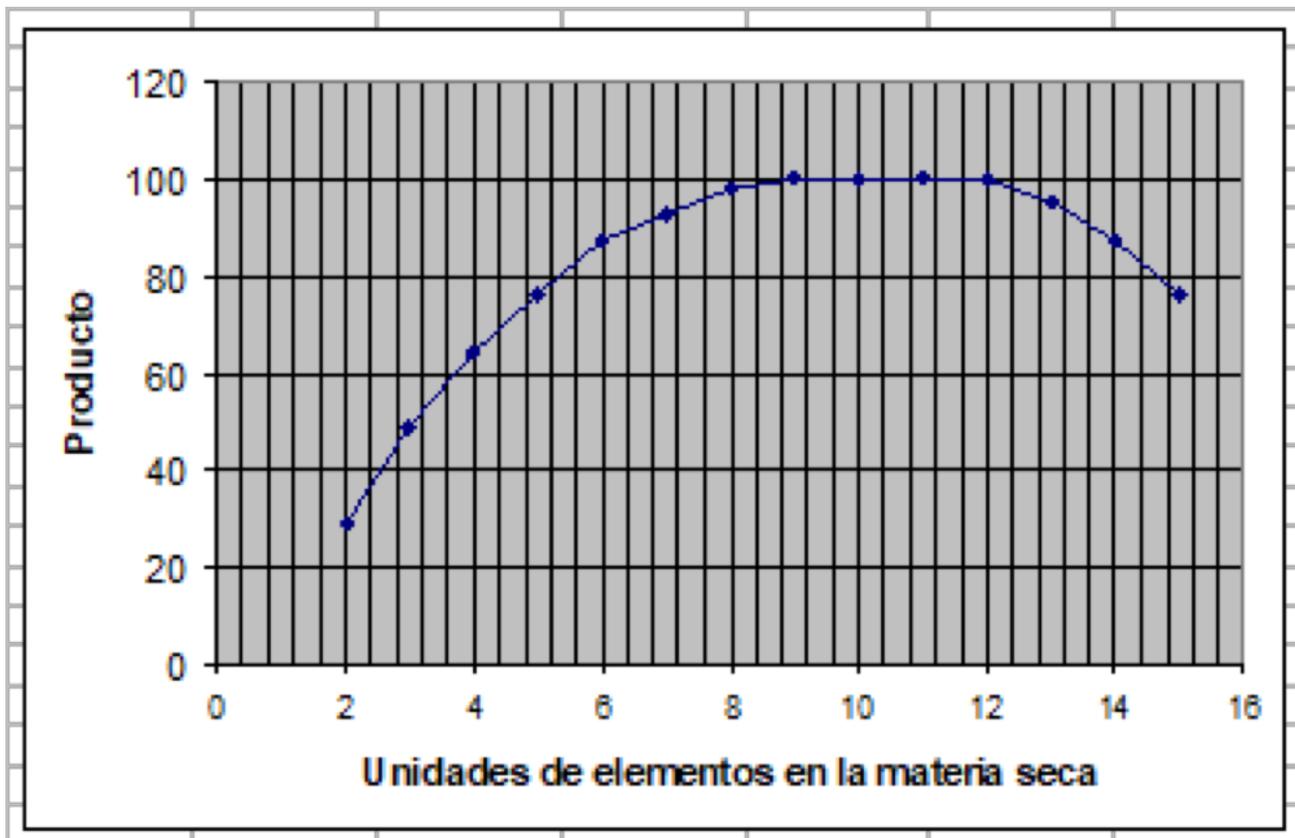
Fuente: Wikipedia

Esta ley pone en evidencia la relación entre los elementos nutritivos y la necesidad de alcanzar una riqueza suficiente en cada uno de ellos, para que pueda obtenerse el rendimiento óptimo. Este concepto se aplicó originalmente al crecimiento de plantas y cultivos, donde se encontró que el aumento de la cantidad del nutriente más abundante no hacía aumentar el crecimiento de las plantas. Sólo mediante el aumento de la cantidad del nutriente limitante (el más escaso) se podía mejorar el crecimiento de una planta o cultivo. Este principio puede ser resumido en el aforismo: "la disponibilidad del nutriente más abundante en el suelo es como la disponibilidad del nutriente menos abundante en el suelo" (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, ESPAÑA, 2009).

Ley de los rendimientos decrecientes. La ley de los rendimientos decrecientes o ley de Mistcherlich concluye que: "a medida que se aumentan las dosis de un elemento fertilizante disminuye el incremento de cosecha que se consigue por cada unidad fertilizante suministrada, hasta llegar un momento en que los rendimientos no solo no aumentan, sino que disminuyen".

Según esta ley, el rendimiento óptimo o económico es el punto que se alcanza cuando el rendimiento que se obtiene de la cosecha compensa el gasto en fertilizantes. Evidentemente, en la determinación del rendimiento óptimo o económico intervienen una serie de factores ajenos a la naturaleza y rendimiento del cultivo, tales como el precio de los fertilizantes utilizados y el precio de los productos agrícolas estimado (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, ESPAÑA, 2009).

Ilustración 98. Ley de los rendimientos decrecientes



Fuente: Mérida J.

Ley de la restitución. Al finalizar el ciclo de cultivo, el suelo debería conservarse en las mismas condiciones en las que se encontraba al iniciarse el mismo. En lo que a nutrientes se refiere, esto significa que deben reponerse los extraídos por las cosechas, con objeto de que no se pierda fertilidad tras las sucesivas campañas. La restitución al suelo de lo exportado por la cosecha debe de considerarse desde un punto de vista económico y en cuanto a garantizar la correcta nutrición de la próxima cosecha. La fertilización debe tener como objetivo primordial mantener la fertilidad del suelo, no debiendo limitarse a la restitución de los elementos extraídos por la cosecha (Wikipedia.org, 2023).

Un ejemplo de cálculo de balance de nutrientes adaptado de Ng *et al.* (1999) se presenta en la tabla 2. En este cálculo, la meta de rendimiento es de 30 Tm ha de rff. Se asume que las plantas están completamente maduras y estables productivamente, que el tamaño de la parte aérea de la palma permanece constante y que las necesidades de nutrientes para el crecimiento de esta son satisfechas totalmente con los nutrientes reciclados de las hojas podadas.

Se asume además que el sistema radicular está completamente desarrollado. En estas condiciones queda como única demanda los nutrientes necesarios para el crecimiento del tronco. No se toma en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo, se reciclan los racimos vacíos y los efluentes de la extractora, pero el cake (fibras resultantes del prensado industrial) de la extractora no se regresa al campo (Donough, 2008).

Este método es simple y robusto y provee una base lógica y cuantitativa para una primera aproximación de los requerimientos de nutrientes.

Sin embargo, la información anterior debe complementarse con la información existente de otros experimentos de fertilización, análisis foliares propios al sitio. Toda esta información es necesaria para estimar la eficiencia de recuperación de nutrientes. Es importante contar con el conocimiento, habilidad y experiencia de un ingeniero agrónomo para interpretar correctamente los datos y diseñar la recomendación final de fertilizantes.

Tabla 13. Balance de nutrientes y fertilizantes para producir 30 Tm ha de rendimiento anual de racimos de fruta frescas. Adaptado de Ng et al. (1999)

Componentes del balance de nutrientes	Nutrientes			
	N	P	K	Mg
	Kg ha			
Demanda				
Almacenamiento en el tronco	42.4	4.1	121.6	10.2
Promedio en los racimos frescos	99.1	15.6	129.6	33.3
Perdidas por escorrentía, lixiviación y erosión	21.0	1.9	27.9	5.7
Demanda total	162.5	21.6	279.2	49.1
Demanda total por Tm rff	5.4	0.7	9.3	1.6
Suplemento				
Racimos vacíos retornados al campo	17.2	2.1	62.6	2.8
Efluentes industriales retornados al campo	6.6	1.4	31.3	5.8
Contribución de la lluvia	17.0	2.4	31.6	4.8
Suplemento total	40.8	5.9	125.3	13.4
Suplemento total por Tm rff	1.4	0.2	4.2	0.4
Diferencia	-121.7	-15.7	-153.9	-35.7
Diferencia total por Tm rff	-4.1	-0.5	-5.1	-1.2

Para el caso el Dr. Julio Herrera en sus investigaciones en el laboratorio de CATECSA ha encontrado en sus análisis que aplicando:

N = 6.75 kg/t

P205 = 1.7 kg/t

K20 = 11.05 kg/t

Datos que contrastan con lo encontrado por Ng et al. Las diferencias probablemente, se deban al sitio, prácticas culturales y entorno del estudio, por lo que se debe ser muy cuidadoso al interpretar datos de los análisis de suelos y cálculos de requerimientos nutricionales.

Fertilización orgánica y mineral

La fertilización racional de los cultivos debe conjugar la utilización de fertilizantes orgánicos y minerales, que se complementan. Los orgánicos, aunque también aportan nutrientes, actúan, sobre todo, mejorando las propiedades físico-químicas del suelo y su actividad biológica, mientras que los minerales, en cambio, aportan la mayor parte de los nutrientes que la planta precisa. Los abonos minerales permiten

producir plantas sanas y vigorosas, que en parte después se incorporan al suelo, manteniendo e incluso elevando su contenido en humus. Todos los recursos orgánicos que estén al alcance del agricultor (estiércol, purín, restos de cosecha, compost, bocashi, etc.) deben incorporarse al suelo en cantidades adecuadas, previendo su mineralización y la cantidad de nutrientes que pueden liberar en cada momento. Estas aportaciones anuales deben ser tenidas en cuenta a la hora de practicar el abonado mineral.

Consideraciones de la información suplementaria para decidir las dosis finales de nutrientes a aplicar

Análisis de suelo

Consiste en determinar las condiciones químicas y las cantidades de elementos “disponibles” para el cultivo. A la muestra del suelo se le extraen los elementos por medio de soluciones extractoras y en el extracto se determinan los distintos elementos que han sido extraídos. Aquí se supone que la solución extractora hace el trabajo en un momento que a la raíz le toma mucho tiempo. Esta técnica es muy buena para cultivos de estación corta como el maíz, pero

para cultivo permanentes como la palma, que tiene un sistema radicular muy extenso y por lo tanto más eficiente no es recomendable hacerlo muy seguido. Sin embargo, es de gran ayuda a largo plazo porque nos da indicaciones de problemas futuros.

A nivel de plantación la única operación que se realiza es la obtención de la muestra. Esta operación tiene que hacerse cuidadosamente para obtener una muestra representativa o sea que nos dé un buen promedio del lote muestreado.

El análisis periódico del suelo es útil para monitorear la salud del suelo a largo plazo, para determinar si se está afectando a mejorando la fertilidad del suelo por efecto de las prácticas agrícolas implementadas o los nutrientes aplicados (Chew, 2007; Tinker, 2003). Algunos parámetros del análisis del suelo también tienen un impacto significativo en las respuestas en rendimientos a la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, en general, los datos del análisis de suelo no son tan útiles como los datos del análisis foliar como guía para determinar las necesidades de nutrientes en la palma aceitera por la falta de estandarización en los métodos de muestreo en el campo y análisis de suelo y alta variabilidad incluso en las mismas series de suelo (Goh, 1997).

Análisis foliar

Como vimos antes, la producción está determinada por la concentración de elemento en la materia seca y que esta concentración depende a su vez de la cantidad del elemento que está disponible en el suelo, por lo tanto, el lógico que si analizamos la materia seca podemos estimar cuanto del elemento se necesita para obtener determinada producción. Esta técnica nos da una idea más clara del estado nutritivo de la plantación. Actualmente es la más usada y se practica una vez al año, lo que nos permite conocer los cambios que ocurren año a año, si va aumentando o disminuyendo el contenido foliar, lo que nos permite tomar medidas oportunas.

Se ha comprobado que los tejidos a analizar son los foliolos de las hojas de mediana edad, ni viejas ni jóvenes, y que estén fisiológicamente activas. Según la edad de la palma la hoja a muestrear será:

Palma madura: No. 17, joven: No. 9 muy joven: No. 3.

La identificación del número que le corresponde a cada hoja es relativamente fácil y fue tratado en temas anteriores cuando se describió la filotaxia.

Los datos del análisis foliar se pueden corroborar con observaciones de campo que determinen la presencia de síntomas de deficiencia, Witt *et al.* (2005) demostró que la calificación visual de los síntomas de deficiencia de Mg en el campo se correlacionaba estrechamente con los niveles foliares de Mg, haciendo más confiable la respuesta a fertilización (Fairhurst *et al.*, 2005). La observación de los síntomas es también muy útil para nutrientes cuyas deficiencias se presentan en hojas jóvenes y no necesariamente en la hoja 17, por ejemplo, el boro.

Síntomas de deficiencia

Consiste en hacer observaciones visuales del estado de la plantación, principalmente por cambios en la coloración de las hojas. En nuestras condiciones las principales deficiencias son: La deficiencia de nitrógeno, que se encuentra en lugares mal drenados o donde el terreno está cubierto por zacate, especialmente con gamalote (*Paspalum fasciculatum*). Las palmas jóvenes presentan una coloración amarillenta y poco vigorosa. La deficiencia de potasio es muy común debido a que el contenido de potasio disponible es muy bajo en el suelo, generalmente empieza en las hojas más viejas, con manchitas anaranjadas que con el tiempo se van agrandando hasta juntarse, la deficiencia de boro se presenta con malformaciones en las hojas nuevas, especialmente como corrugaciones en las láminas foliares, las puntas de los foliolos parecen como ganchos, las hojas cada vez son más pequeñas y la parte de la corona queda plana.

Esta técnica tiene la gran desventaja que cuando aparecen los síntomas ya se ha perdido producción y cuesta que la planta se recupere. Otra desventaja es que muchas veces puede presentarse dos deficiencias y los síntomas cambian.

Cosecha de racimos de fruta fresca (rff)

La cosecha es la culminación del esfuerzo realizado por el productor en los últimos 40 meses, tiempo transcurrido entre la iniciación del primordio floral en la planta a estar listo para ser cortado y llevado a la planta extractora de aceite.

Signos y criterios de madurez

Los criterios de madurez son importantes, especialmente para evaluar la calidad de la cosecha ya sea en el campo o la planta extractora, en donde lo que prima es el potencial de aceite que lleva el racimo.

Ilustración 99. Izquierda. Frutos Nigressen, color negro cuando están verdes y rojizos al madurar. Derecha. Frutos virescens. Color verde cuando están verdes y anaranjados al madurar



Fuente LAG Consultoría

Cambio de coloración

El racimo cambia de un color negro brillante a color negro mate y ya listo para cosecha a un color rojizo. Hay algunas variedades que son de color verde cuando están verdes y cambian a color anaranjado cuando están maduros, especialmente los híbridos O_xG, pero también se da mucho en cruces africanos especialmente en materiales La Me y Nigeria entre otros.

Desprendimiento natural de frutos

Un signo inequívoco de madurez del racimo es que empieza a desprender fruto de manera natural. Es muy importante especialmente en palmas sobre 10 metros de altura en donde la visualización del racimo es difícil y el cortero se guía por los frutos desprendidos alrededor de las palmas.

Textura

Cuando el fruto está maduro, la textura se vuelve suave y es fácil meterle la uña y esta queda impregnada de aceite.

Ilustración 100. Racimo maduro mostrando cambio de coloración y desprendimiento natural de frutos



Fuente LAG Consultoría

Crterios de cosecha

La madurez de los racimos es gradual y empieza del apice o punta del racimo hacia la base y de los frutos externos hacia el interior de la espiga, por lo que si esperamos a que todo el racimo tenga un grado optimo de madurez, lo que se recogeria seria la fruta suelta, pues a medida madura se desprende y ello no resultaria ni logico ni economico, por lo que para garantizar que los racimos lleguen a la extractora con el mayor contenido de aceite posible se crearon los siguientes criterios de cosecha.

Orden de corta

Indica la cantidad de frutos desprendidos de manera natural necesarios para cortar el racimo. Es una decision administrativa y varia entre 1 fruto suelto a 5 frutos desprendidos del racimo. Entre mas alta es la orden de corta mayor sera la cantidad de fruto suelta al cortar el racimo y esto es bueno si se tiene la disciplina y el personal disponible para esta labor, caso contrario es mejor tener una orden de corta lo mas bajo posible. Observaciones llevadas a cabo en una plantacion de Honduras, durante un año, evaluando distintos materiales geneticos, concluyo que no hay una diferencia estadística representativa en cortar a 1 fruta desprendida o 10 frutos desprendidos, en relacion al contenido de aceite en racimo

Ciclo de cosecha

Determina la periodicidad o intervalo de tiempo entre un corte y el siguiente. por lo general oscila entre 7 a 15 dias y mas depende del tamaño de la plantacion y epoca productiva (baja o akta produccion) y la implicacion economica que el mantenerlos rigidos conlleva.

Si el ciclo es corto la calidad de la fruta es mejor pues la mayoría de los racimos estan en un rango de madurez aceptable y a medida estos se alargan hay una tendencia a cortar racimos solo por color, sin desprendimiento, ya que en el siguiente ciclo estaran sobremaduros y en el otro extremo, muchos racimos sobremaduros, que no son un problema si se ecoge toda la fruta desprendida y empiezan a aparecer racimos pasados que son los que tienen mas del 75% de fruta desprendida. Tanto los racimos verdes como los pasados, tienen riesgo a ser devueltos o castigados por el control de calidad en planta extractora.

En epoca de baja produccion se recomienda mantener ciclos de 10 dias, a excepcion de palmas menores de 4 años, que por la velocidad de maduracion de los racimos se deben mantener en ciclos de 7 dias.

En temporada baja, la densidad de racimos por hectarea baja y aunque es costumbre pagar esta actividad a destajo, en este caso por tm de fruta cortada, el cortero no hace salario y debe hacerse ajuste al salario minimo decretado por ley, pero se pacta con los corteros un recorrido minimo diario y asi de esa manera se calcula la cantidad necesaria de personas en la actividad. Pasa lo mismo con los recolectores de fruta desprendida, los cargadores de fruta, transportistas, etc.

En fincas menores a 20 ha, en manos de productores independientes, por lo general se mantienen ciclos a 15 dias y la razon basica es que en baja produccion la cantidad de fruta cortada, si se mantienen los ciclos a 10 dias, no ajusta a llenar y camion de 10 tm y siempre hay que pagar flete completo, al igual hay que hacer ajustes de salario a todo el personal involucrado en la coscha, lo que encarece la actividad. Cada decision que tome un productor independiente se debe analizar desde el punto de vista de costo / beneficio.

Planificación de la cosecha. Se debe considerar:

- Area de la finca.
- Epoca de produccion (alta o baja).
- Ciclo de cosecha.
- Rendimiento del personal ya sea desarrollando la actividad o en recorrido minimo en el caso de baja produccion.
- Numero de personas a contratar por actividad.
- Equipo necesario por actividad. (Cosecha, recoleccion de fruta suelta y racimos y evacuacion de racimos al punto de carga de el transporte de la fruta).
- Coordinacion de transporte a la planta extractora o al punto de acopio.

El objetivo es que la fruta cortada hoy este en la extractora en menos de 24 horas, para garantizar calidad y cantidad de aceite.

Supervisión de cosecha

Se recomienda un supervisor por cada 10 corteros, acompañados por 1 hojero, 1 acarreador de racimos al centro frutero y 1 recolector de fruta desprendida. cada 3 corteros; en alta produccion esta relacion de personal baja de 1:3 a 1:2 o 1:1 dependiendo de la productividad de la finca y cuan grande sea el pico de cosecha. El recorrido diario y el logro del ciclo meta son los indicadores de la necesidad de personal.

En el recorrido diario el supervisor debe asegurarse de que todo racimo maduro sea cortado, evacuado

y transportado a la planta extractora, al igual que la fruta desprendida.

Que el personal bajo su dirección acate ordenes, trabaje con el equipo de trabajo y de seguridad ocupacional adecuado y en buenas condiciones y sobre todo se dote de suficiente agua o líquido hidratante para reponer electrolitos.

Que el equipo de evacuación de fruta, sea tracción animal o mecánica, esté disponible y en buen estado.

Coordinar el equipo de transporte hacia la extractora.

Reportar los rendimientos de la cuadrilla (individual o grupal, según lo pactado) para su justo pago o ajuste salarial y llevar estadísticas de rendimiento para futuras planificaciones.

Evacuación de fruta

La evacuación de fruta merece especial atención ya que el mayor volumen de producción, o sea los meses pico de fruta, coinciden con la época lluviosa y por muy bien estructurados que estén los suelos, se vuelven frágiles y proclives a la compactación.

El equipo debe ser liviano, de ser posible con llantas de flotación y una capacidad de carga no más de 500 kg (por la tendencia a la sobrecarga por parte de los cargadores de fruta).

Como se dijo anteriormente, lo ideal es que desde el diseño de plantación se planifique como evacuaremos la fruta de la parcela y que la misma sea expedita y eficiente.

El equipo o animales de trabajo siempre deben estar en buenas condiciones, especialmente en el pico de cosecha.

En el caso de suelos livianos, francos, por lo general los drenes terciarios están separados cada 8 hileras. Se recomienda hacer un centro frutero en el centro de la tapa o sea cada cuatro surcos o hileras de palma a cada lado del centro frutero y acarrear manualmente o con carretilla de mano, la fruta hacia este centro. De esa manera, el área compactada se reduce en un 75%. La lógica indica que la fruta se debe evacuar iniciando en el fondo de la tapa hacia afuera. Es probable que estos centros sufran algún deterioro durante la época de lluvias por lo que debemos programar su mantenimiento para el siguiente verano.

Transporte de fruta hacia la extractora. Generalmente se realiza con equipo de 10 o más toneladas de capacidad. La administración debe asegurar tener el equipo suficiente, en buen estado y cumplimiento legal de

circulación para enfrentar el pico de producción, época en la que puede haber atrasos por lluvias, inundaciones, desperfectos mecánicos de la extractora u otros imprevistos y tener planes de acción de que hacer en caso de...".

Poda de Hojas

Tanto en la labor de cosecha como en la labor de poda sanitaria realizada 1 o 2 veces al año en donde se cortan las hojas que ya no cumplen una función fisiológica por senectud (viejas o secas) o dañadas por plagas o enfermedades, se deben observar las siguientes recomendaciones:

- Recordar siempre que las hojas son el laboratorio de la planta en donde se sintetiza todos los nutrientes de la planta a través del carbono fijado en las hojas y el agua y nutrientes absorbidos por la raíz en el proceso de la fotosíntesis.
- Mantener una óptima área foliar para maximizar la conversión de luz solar, nutrientes y agua en materia seca vegetativa y producción de racimos.

Tabla 14. Recomendaciones para poda

Edad/años	# de hojas por palma
<5	No cortar hojas fotosintéticamente activas
> de 5 < 8	Mantener entre 40 a 48 hojas de ser posible
> De 8	Mantener una media de 36 hojas

Fuente: LAG Consultorías

La razón de la recomendación es porque la hoja en la palma aceitera alcanza su tamaño definitivo entre 8 a 10 años y a edades tempranas debemos compensar el tamaño con mayor número de hojas para alcanzar un nivel de fotoasimilados capaz de cubrir las necesidades de mantenimiento y crecimiento vegetal.

Por lo general en palmas adultas el nivel adecuado de hojas se alcanza dejando dos hojas abajo del último racimo. Conociendo lo anterior una práctica normal sería combinar la práctica de cosecha con la de poda en donde planta que se cosecha se poda de una sola vez. Hay que llegar a un acuerdo salarial con los empleados a cargo de esta labor.

- Mantener un adecuado número de hojas saludable mediante la poda del exceso de hojas muertas, dañadas o enfermas.

- Disminuir la retención de fruta suelta en las axilas de las hojas.
- Favorecer la polinización.
- Reducir el peligro por accidentes.
- Disminuir el desarrollo de plantas epifitas para visualizar mejor los racimos.

Reciclaje de nutrientes

Las hojas durante la cosecha y poda anualmente representan 10 Tm de materia seca, por lo que deben ser distribuidas ordenadamente o a discreción en la plantación y solamente el peciolo foliar o sea la parte con espinas colocarlos entre plantas y separados 3 metros del tronco de la palma para evitar accidentes mientras se cosecha o se poda.

Todo racimo podrido o inflorescencias masculinas cortadas en la cosecha o poda igualmente se deben colocar juntamente con los peciolo foliares.

Seguridad ocupacional

La cosecha y poda son las actividades que demandan mucho esfuerzo, razón por la que el personal siempre debe estar bien hidratado.

Es una actividad de mucho riesgo biológico (serpientes, larvas urticantes, alacranes, etc.), físicos (esfuerzos, esguinces, sucio en los ojos, problemas lumbares, espinados, etc.) por lo que el equipo de seguridad recomendado debe ser obligatorio.

Las herramientas utilizadas en la cosecha y poda son cortos punzantes por lo que a la hora de transportarse de un lugar a otro deben estar con protector adecuado.

La herramienta de cosecha debe ser lo suficiente larga para que el personal de cosecha (cortero), salga del círculo de la palma y evitar accidentes cuando caiga el racimo o la hoja cortada.

Evitar que los racimos, buenos o podridos, y las hojas cortadas queden en los drenajes, deben ser retiradas.

Si utiliza tracción animal en la evacuación de fruta, debe asegurarse de rehidratarlos durante la jornada, usar aperos en buen estado, al terminar la jornada y ya en el establo bañarlos para quitarles el sudor y utilizar aperos limpios el día siguiente. Así evita peladuras en los animales.

No quemar las hojas cortadas o usarlas como leña en los fogones hogareños.

Ilustración 101. Área recién podada y apilamientos de peciolo o raquis foliares entre palmas y el resto de las hojas dispuestas en las calles de cosecha



Fuente: LAG Consultoría

6. Caso de éxito



1. Gremial de Palmicultores de Guatemala –GREPALMA

Considerando registros históricos, información de productores y haciendo uso de imágenes de radar y satélites ópticos, al año 2021, la extensión del cultivo de palma de aceite en Guatemala es de 180,614 hectáreas, lo que representa el 1.66% del territorio nacional, y el 0.72% del cultivo a nivel global.

Parte de la visión organizacional de GREPALMA es “velar por que el sector se mantenga como referente nacional e internacional en la producción sostenible de palma de aceite...”.

De las hectáreas de cultivo establecidas al año 2021 en el país, el 96.45% corresponde a área con palma de aceite en fase productiva (\geq a 5 años); el restante 3.55% se encuentra en fase pre-productiva. Los datos registrados por productores de palma de aceite en Guatemala, arrojan un valor promedio de productividad al año 2020 de 25.31 tRFF/ha y en el 2021 de 25.61 tRFF/ha.

La media mundial, en relación a la producción de toneladas de fruta fresca que se obtiene por hectárea, se estima en 18 tRFF/ha al 2021. Según registros al año 2021, la productividad en las regiones palmeras de Guatemala, oscila entre 22 tRFF/ha y 32 tRFF/ha, siendo la media nacional de 25.35 tRFF/ha en el año 2020 y 25.61 tRFF/ha en el año 2021, posicionado al país como líder mundial en productividad.

Los indicadores relacionados a la alta productividad del cultivo de palma de aceite en Guatemala en función al comportamiento de todas aquellas variables (como condiciones climáticas, plagas y enfermedades, prácticas agroindustriales, compromisos con la sostenibilidad, entre otras) que incide y que demuestra, no solamente que es el país con el mayor rendimiento del mundo en relación a toneladas de aceite de palma por hectárea de cultivo, sino también, que se mantiene en Latinoamérica, como el mayor productor de aceite de palma sostenible certificado bajo estándares internacionales como RSPO e ISCC.

Uno de los múltiples factores que incide de manera directa en el nivel de productividad que alcanza un país palmero, es el manejo de plagas y enfermedades. Las rondas fitosanitarias y el control basado en MIP, son sumamente importantes para alcanzar el estado de salud deseable en una plantación de palma aceitera. El buen manejo fitosanitario debe

de dar como resultado mantener los umbrales bajos en plagas y las incidencias bajas en enfermedades, y que estas tengan un comportamiento a la horizontalidad. Muchas veces por inclemencias del tiempo, las cuales pueden ser favorables para la reproducción de plagas y enfermedades, estas pueden salirse de control y dañar severamente las plantaciones; sin embargo, las estrategias de manejo fitosanitario bien aplicadas deben garantizar un buen estado de salud fitosanitario de las plantaciones. De las plagas más importantes se han identificado *Rhynchophorus palmarum*, *Opsiphanes cassina*, *Durrantia spp.* y *Euprosteria spp.*

El rendimiento promedio nacional de aceite crudo de palma al año 2021 para el caso de Indonesia, el productor más grande de ACP, es de 3.68 TM/HA; en el caso de Malasia es de 3.43 TM/HA y el rendimiento promedio en Tailandia es 3.12 TM/HA. Colombia, el mayor productor de aceite de palma en Latinoamérica, reporta un rendimiento promedio de 3.23 TM/HA; el rendimiento promedio de Honduras es de 3.3 TM/HA y en Guatemala, el rendimiento promedio asciende a 5.86 TM/HA, siendo este último, el país que más aceite por hectárea produce en el mundo.

En el 2021, el volumen total de aceite certificado creció en 36% respecto al volumen de aceite certificado en el año 2019, llegando a las 569,702 toneladas métricas de aceite de palma certificado como sostenible por estándares internacionales de sostenibilidad que aplican al sector palmicultor, tales como los Principios y Criterios de la Mesa Redonda de Aceite de Palmas Sostenible (RSPO, por sus siglas en inglés) y la Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono (ISCC, por sus siglas en inglés). Es entonces que el 60% del volumen total de aceite de palma producido en Guatemala, se comercializó como aceite de palma sostenible.

Los procesos eficientes, la identificación de puntos críticos de control y las buenas prácticas industriales, han mantenido la tasa de extracción de aceite de palmiste a lo largo de los últimos 6 años; de igual forma, la eficiencia en la recuperación de aceite en harina de palmiste, ha contribuido a que la tasa de extracción no disminuya.

Asimismo, a partir del monitoreo satelital del cultivo de palma de aceite que realiza la organización Sate-

ligeramente desde el año 2020, se determina que cero (0) hectáreas de bosque han sido deforestadas para el establecimiento de cultivo de palma, entre el período de octubre 2020 – diciembre 2021, asegurando así una producción sostenible y libre de deforestación por parte de las empresas asociadas a GREPALMA.

El desarrollo económico y social en las áreas de influencia donde está presente el cultivo de palma se logra expresar a lo largo del Capítulo 6 en términos de generación de empleo, aporte directo al Producto Interno Bruto –PIB– y otros indicadores macroeconómicos, demostrando así que la palmicultura es un motor de desarrollo sostenible.

Dentro de los principales impactos sociales positivos que el sector aporta al país, sobresalen la generación de 30,102 empleos directos y 150,600 empleos indirectos. Asimismo, el aporte a las economías locales de las áreas donde opera el cultivo es significativo; para el caso del departamento de Petén, las operaciones palmeras representan el 29.60% del PIB, le siguen los departamentos de Izabal y Alta Verapaz, cuyo aporte al PIB es de 10.34% y 7.98% respectivamente.

El uso adecuado de tecnología aplicada y oportuna, el manejo (obtención. Análisis, interpretación y aplicación), inteligente de datos estadísticos, la comunicación y transferencia de tecnología eficiente con sus agremiados y el valor agregado que todo esto le da al cultivo, consolidó a GREPALMA y al sector palmero de Guatemala un caso de éxito digno de replicar en otros países y en menor escala ser emulado por empresas o asociaciones de productores independientes.

Bibliografía

- (s.f.). amazoniaforestal.blogspot.com. (s.f.). *CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO*. Obtenido de <http://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/capacidad-de-intercambio-cationico-del.html>
- FAO,Org. (s.f.). *Estructura del suelo*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm
- FAO,Org. (s.f.). *El Suelo*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm#TopOfPage>
- FAO,Org. (s.f.). *FAO_Training*. Obtenido de General: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s01.htm
- FAO,Org. (s.f.). *Portal de suelos de la FAO*. Obtenido de Definiciones Clave: <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO,Org. (s.f.). *Textura del suelo*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- foodinnovacione. (18 de dic de 2019). Obtenido de <https://innovacione.eu/category/agricultura/>: <https://innovacione.eu/2019/12/18/materia-organica-procesos-humificacion/>
- Herrera Ramos, A. C. (julio de 2021). *El valor de los microorganismos en el suelo*. Obtenido de www.disagro.com: <https://www.disagro.com/el-valor-de-los-microorganismos-en-el-suelo#:~:text=El%20conjunto%20de%20organismos%20vivos,%2C%20hongos%2C%20protozoos%20y%20nematodos>
- Intagri. (2018). *Disponibilidad de Nutrimientos y el pH del Suelo*. Obtenido de Serie Nutrición Vegetal. Núm. 113. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
- Julca-Otiniano, A. M.-F.-S.-A. (febrero de 2006). *LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA*. Obtenido de Idesia (Arica), 24(1), 49-61.: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- Ortega G. (23 de octubre de 2014). *Composición y clasificación de los suelos*. Obtenido de <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>
- Primavesi, A. (1980). *Manejo ecológico del suelo*. Sao Pablo, Brasil: Livraria Nobel S.A,
- Rocks, L. e. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Rojas, J. M. (s.f.). *inta.gob*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_densidad_aparente.pdf
- wikipedia.org. (1 de Sept de 2022). *dinámica del suelo*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_del_suelo#Historia
- Wikipedia.Org. (1 de septiembre de 2022). *Química de suelo*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%ADmica_del_suelo#Historia
- wikipedia.org. (2 de nov de 2022). *wiki/Humus*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Humus>

- Wikipedia.org. (29 de enero de 2023). *Suelos*. Obtenido de edafología:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo#Gases>
- www.edafologia.net/. (s.f.). Obtenido de
<http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm#anchor618597>
- Chinchilla C. (Jun de 2010). *ASD Costa Rica*. Obtenido de ANILLO ROJO EN PALMA ACEITERA:
https://www.canapalma.cr/wp-content/uploads/2019/10/Protocolo_Anillo_Rojo_Jun_10_final.pdf
- Chinchilla, Carlos. (23 de 11 de 2008). *Las muchas caras de las pudriciones del cogollo (y de flechas) en palma*. Obtenido de:
<https://asd-ec.com/>
<https://asd-ec.com/wp-content/uploads/2021/10/ASD-OPP-No.32-2008-min.pdf>
- Donough, C. R. (Abril de 2008)
<http://www.ipni.net/>
Obtenido de Manejo de la nutrición y fertilización de la palma aceitera:
[http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/507F36F2304F376E852579A0006BF2F6/\\$FILE/Manejo%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Palma%20Aceitera.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/507F36F2304F376E852579A0006BF2F6/$FILE/Manejo%20de%20la%20Nutrici%C3%B3n%20y%20Fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20Palma%20Aceitera.pdf)
- Franquesa, M. (21 de 04 de 2016).
<https://www.agroptima.com/es/blog/>
Obtenido de
<https://www.agroptima.com/es/blog/trofobiosis-en-actividad-agricola/>
- Gerardo Martínez Greicy A. Sarria Gabriel A. Torres Francia Varón. (31 de nov de 2010)
<https://publicaciones.fedepalma.org/>
Obtenido de Phytophthora palmivora es el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite:
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1538/1538>
- Hector, A. (09 de Dic de 2018). *Pudriciones-Basales-del-Estipite-en-Palma-Aceitera*. Obtenido de
<https://www.grepalma.org/>
<https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2018/09/D1-C4-Pudriciones-Basales-del-Estipite-en-Palma-Aceitera.pdf>
- <https://wordpress.com/>. (15 de 04 de 2014).
<https://agrologia.wordpress.com/>
Obtenido de:
<https://agrologia.wordpress.com/2014/04/15/teoria-de-la-trofobiosos/>
- Idolina Flores. (s.f.). *www.sabermas.umich.mx*. Obtenido de
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/370-numero-43/679-comunicacion-bajo-tierra.html>
- Mexzón, R., & Chinchilla, C. (24 de nov de 2003). *PALMAS -Vol. 24 No. 1,2003*.
Obtenido de Especies vegetales atrayentes de la entomofauna benéfica .
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO, ESPAÑA. (2009).
GUÍA PRÁCTICA DE LA FERTILIZACIÓN RACIONAL DE LOS CULTIVOS EN ESPAÑA. Obtenido de
[https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N\(BAJA\)_tcm30-57890.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/01_FERTILIZACI%C3%93N(BAJA)_tcm30-57890.pdf)
- Tovar, J. P., & Nieto, L. (1998). *Caracterización de las principales pudriciones de estipe de la palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.), en la Zona Norte de Colombia*. Obtenido de gecortes,+Gestor_a+de+la+revis-ta,+1998_19_2_45-52.pdf
- wikipedia.org. (15 de Junio de 2022). *Kretzschmaria_deusta*. Obtenido de
https://en.wikipedia.org/wiki/Kretzschmaria_deusta
- Wikipedia.org. (15 de marzo de 2023). *Nutrici%C3%B3n vegetal*. Obtenido de
https://es.wikipedia.org/wiki/Nutrici%C3%B3n_vegetal



CUENCAS CONSERVADAS

ARRECIFES SALUDABLES



Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)
Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)

Final Bulevar Cancillería, Distrito El Espino, Ciudad Merliot,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador.

+503 2248 8800
+503 2248 6900

Redes sociales CCAD

www.sica.int/ccad
www.sica.int/mar2r

Más información:
mar2rccad@sica.int