

# Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia

Integrated Management of Water and Soil: Sustainability and Regeneration of Oil Palm in Colombia

**CITACIÓN:** Arias-A., N. (2022). Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia.

*Palmas*, 43(1), 52-63.

**NOLVER ATANACIO ARIAS ARIAS**  
Coordinador del Programa de  
Agronomía de Cenipalma

## Introducción

Uno de los retos que enfrenta la agroindustria de la palma de aceite a nivel mundial es lograr una progresiva reducción de la asociación que se tiene entre esta agroindustria y algunas prácticas que se catalogan como insostenibles, tales como la incorporación de áreas selváticas, la reducción de la biodiversidad, la afectación del balance hidrológico y el deterioro continuo de los suelos.

Para el caso colombiano desvirtuar la imagen negativa que se podría tener frente al cultivo de palma de aceite empieza por la documentación de los procesos históricos que muestran el cambio en el uso de la tierra, el establecimiento de acuerdos de cero deforestación para nuevos desarrollos, la generación de una política denominada Aceite de Palma Sostenible

de Colombia, la puesta en marcha de los 10 principios del Aceite de Palma Sostenible de Colombia que involucran toda la cadena del aceite de palma y la generación y validación de investigaciones relativas a prácticas de manejo del suelo, del agua y, en general, prácticas agronómicas que le apuntan a la sostenibilidad del cultivo y a la regeneración de los suelos establecidos con palma de aceite.

Sobre el cambio en el uso de la tierra, se ha evidenciado que, en el caso colombiano, alrededor del 97 % de las que son dedicadas al cultivo de palma, anteriormente se utilizaban principalmente para pastizales o cultivos transitorios, y una proporción cercana al 3 % se encontraba en áreas de bosques tropicales o selvas. Esto demuestra que a diferencia de lo acontecido en otros países del Sudeste Asiático e incluso en Latinoamérica, el desarrollo de la palma

en Colombia no se ha basado en la intervención de áreas selváticas, por lo tanto, la posibilidad de impactar negativamente los suelos es baja y, por el contrario, existe la oportunidad de mejorar y regenerarlos.

Con respecto a los nuevos desarrollos, desde Fedepalma se ha impulsado la participación en el llamado Acuerdo Cero Deforestación, el cual implica la no intervención de áreas selváticas teniendo en cuenta el impacto negativo que tiene incursionar en estas, en términos de reducción de la biodiversidad y las pérdidas del carbono almacenado, tanto en la biomasa aérea como en el suelo. Pues cuando se intervienen áreas de bosques, las pérdidas de carbono almacenado difícilmente se pueden recuperar, aún con el incremento de la biomasa del cultivo (Guillaume *et al.*, 2018; Jcu, 2018; Wisdom, Owusu-Bennoah y Kofi, 2017).

El cumplimiento de estos acuerdos es factible en Colombia debido a que estudios recientes demuestran que en el país se cuenta con alrededor 5 millones de hectáreas sin ninguna restricción para el cultivo y alrededor de 16 millones con restricciones leves a moderadas.

Por otra parte, con relación al programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia, el segundo de los diez principios contempla el uso adecuado y eficiente del suelo, el agua y la energía entendiendo la importancia de la conservación y regeneración del suelo, así como el mejoramiento de la calidad y disponibilidad de agua dentro de la sostenibilidad de las actividades agroindustriales, como es el caso de la palma de aceite.

Teniendo en cuenta los elementos descritos con relación al enfoque del manejo sostenible de la palma, en el presente artículo se realiza un recorrido que involucra: el reconocimiento de la diversidad de suelos, los antecedentes en el uso de los suelos y las prácticas de manejo y su impacto sobre su física, química y biología, y su relación con el manejo del agua en el cultivo. También, se discuten algunas orientaciones el mejoramiento de la salud de los suelos palmeros.

## Diversidad de suelos palmeros, antecedentes e implicaciones en el manejo de la física, la química y la biología

### Diversidad de suelos palmeros

Para el año 2020, se reportan alrededor de 600.000 hectáreas cultivadas en palma de aceite (Fedepalma,

2020), que se distribuyen en cuatro zonas palmeras: Norte, Central, Oriental y Suroccidental, las cuales a su vez se han dividido en 16 subzonas en virtud de la variación de las condiciones agroecológicas. La amplia dispersión de estas subzonas involucra también diversidad de suelo, la cual se fundamenta en el origen del material parental, los procesos geológicos y las condiciones climáticas, especialmente las relacionadas con temperatura y humedad.

Con respecto a las variables climáticas, existen extremos de precipitaciones que van desde los 700 mm año<sup>-1</sup> en el sur de La Guajira, hasta valores cercanos a los 4.500 mm año<sup>-1</sup> en el Urabá antioqueño y, relacionado con esto, condiciones de humedad relativa con promedios de 70 % hasta 95 %, respectivamente. De igual forma, se presentan extremos en los periodos secos del año, llegando a ser hasta de 6 meses en la Zona Norte y alrededor de 2 meses en la Zona Suroccidental. Sumado a lo anterior, extremos en radiación solar y temperatura se presentan para las zonas Norte y Suroccidental, llegando a existir diferencias superiores a las 1.200 horas/año entre estas dos zonas.

Por otra parte, la combinación de la naturaleza de los diferentes materiales parentales y los procesos geomorfológicos asociados, han originado diversidad de suelos, que abarcan taxonómicamente desde Entisoles e Inceptisoles, siendo estos los de menor evolución, hasta Oxisoles y Alfisoles, los cuales presentan mayor grado de evolución. Así, por ejemplo, para la Zona Oriental predominan los Oxisoles y Ultisoles, en la Zona Norte los Alfisoles, en la Zona Central los Inceptisoles y en la Zona Suroccidental los Entisoles y Oxisoles. Sin embargo, en las 4 existen proporciones distintas de por lo menos 11 de los 12 órdenes de suelos, de acuerdo con la clasificación de la USDA (Soil Survey Division Staff, 2014).

Asociado con esta diversidad de órdenes taxonómicos de suelos, se tienen variaciones en las propiedades físicas químicas y biológicas, que una vez identificadas conducen a manejos diferentes con el objeto de procurar la conservación y mejoramiento de estas propiedades. Es así como se tienen desde suelos con baja a alta profundidad efectiva, con alta y baja estabilidad estructural, con baja y alta permeabilidad, con valores de pH desde extremadamente ácidos (<4) hasta otros en los cuales se registran problemas con sales y/o sodio (Amézquita, 1999; Arias y Munévar, 2004; Martínez, Botón, Herrera, Burgos y Robles, 2004; Rincón, Garzón y Torres, 2016). También, valores extremos de

saturación de aluminio intercambiable (>90 %) y, al contrario, valores de saturación de calcio (>80 %).

Además de las variaciones asociadas con los procesos de formación de los suelos, los antecedentes de manejo previo al establecimiento de la palma de aceite también es otro de los factores a considerar en la conservación y regeneración de los suelos cultivados. En el caso de los cultivos transitorios, algunas prácticas de manejo pueden conducir al deterioro de la física y la biología del suelo cuando se establecen, por ejemplo, arroz bajo la modalidad de inundación o cultivos como el maíz con uso de implementos de preparación de suelo que generan pérdida de estructura y la formación del denominado “pie de arado”, el cual posteriormente limita el desarrollo de las raíces de la palma y con esto la reducción del agua y los nutrientes disponibles para el cultivo. Además, cuando se incorporan suelos anteriormente dedicados a la ganadería extensiva, presentan limitaciones asociadas con baja porosidad y compactación.

Bajo las consideraciones descritas, el manejo integrado del agua y el suelo involucra, en primer lugar, el conocimiento previo y detallado de las particularidades físicas, químicas y biológicas para su conservación y regeneración y, en segundo, el conocimiento de los impactos de estas propiedades en la dinámica suelo-agua-planta. A continuación, se destacan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sus impactos y las prácticas de manejo.

### Propiedades físicas del suelo: impactos y manejo

Para el adecuado desarrollo de la palma de aceite es deseable contar con suelos cuya profundidad efectiva sea superior a los 70 cm, es decir, que en este volumen de suelo se presenten las condiciones adecuadas para la circulación del agua, el aire y la proliferación de la vida, tanto de macro como de microorganismos. Bajo estas condiciones será posible el desarrollo adecuado de las raíces y a través de estas, el acceso a los nutrientes y al agua.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo sobre las cuales es necesario evaluar de manera periódica y ejecutar intervenciones de mejoramiento, se destacan: la resistencia a la penetración y la porosidad total, ambas relacionadas con la densidad aparente y la permeabilidad del suelo, es decir, la capacidad de este de permitir flujo de agua. Sobre la resistencia

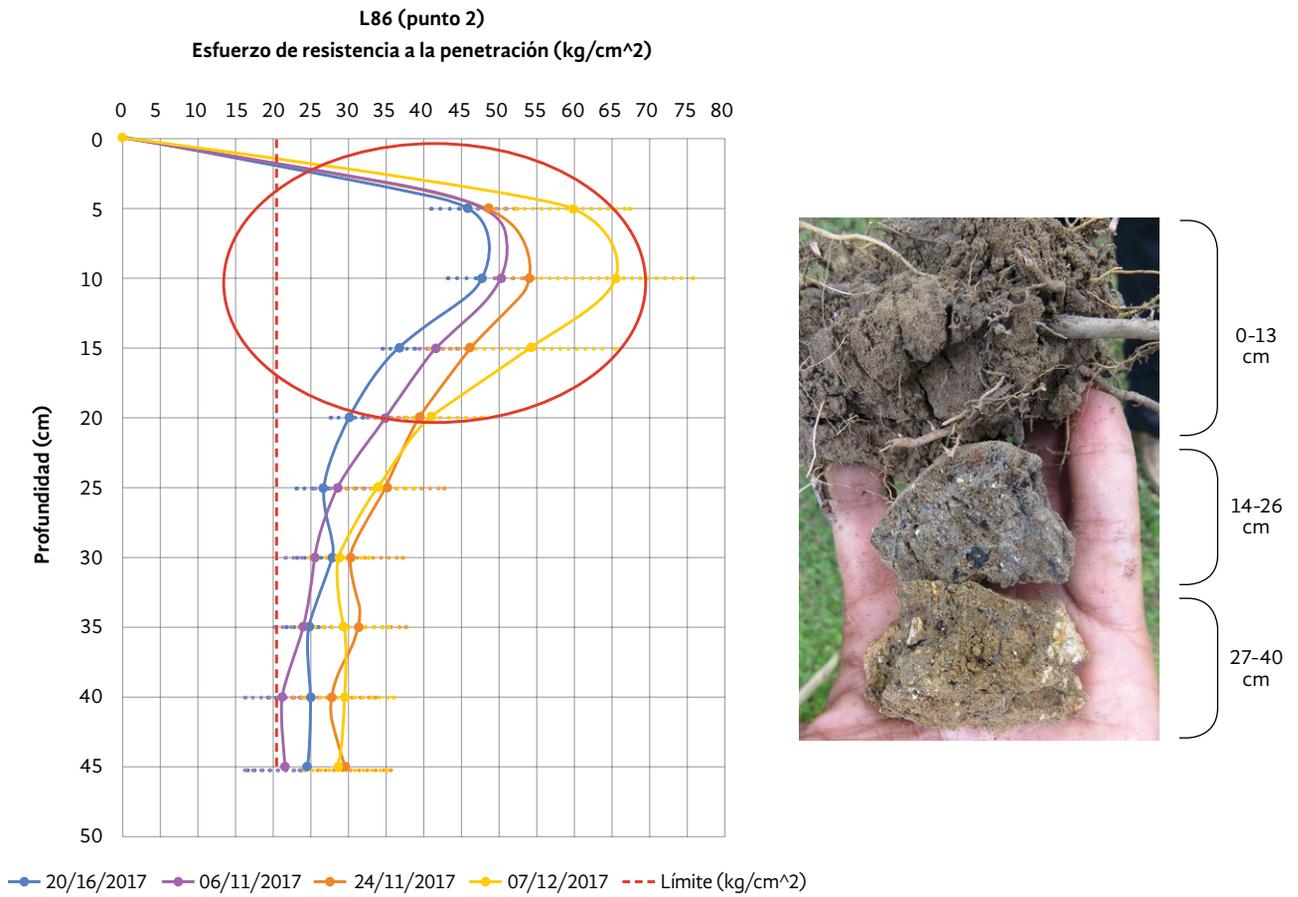
a la penetración, valores superiores a 2 Mpa limitan el desarrollo de raíces, la infiltración y favorecen el desarrollo de enfermedades como la Pudrición del cogollo (Arias, Beltrán, Guerrero y Sánchez, 2014; Joaquín, Marco, Carlos y Rafael, 2014; Martínez *et al.*, 2009). Como se observa en la Figura 1, al utilizar el penetrógrafo para evaluar la resistencia a la penetración es posible observar capas de suelo en las cuales se incrementan estos valores y que se relacionan frecuentemente con manejos a cultivos anteriores como el arroz bajo inundación o la intervención frecuente con arados de disco.

Además, existe relación directa entre el incremento de la densidad aparente y la reducción de la porosidad total del suelo (Figura 2). Se muestra que la reducción es cercana al 38 %, lo que representa menor espacio para la circulación del agua y el aire en el suelo. Este aumento de la densidad aparente se relaciona con procesos previos a la siembra de la palma, pero también con prácticas de manejo como el paso frecuente de maquinaria pesada para la recolección de fruto u otras labores.

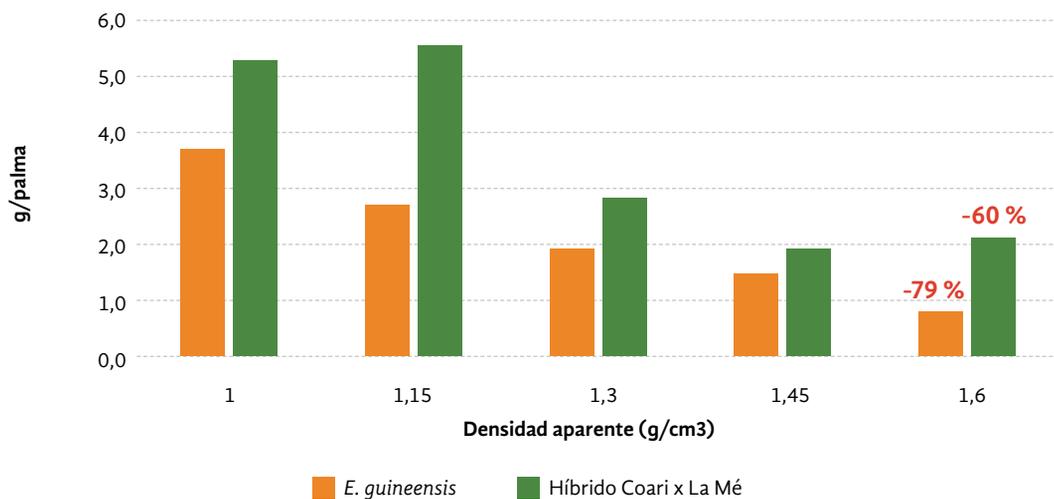
El impacto de la disminución de la porosidad total se ve reflejado en la reducción de la masa seca de raíces y consecuentemente en la reducción de la acumulación de masa seca foliar. Ensayos realizados por Cenipalma en etapa de vivero, mostraron que la reducción en el desarrollo fue cercana a 67 % en comparación al suelo que presentaba una condición más cercana al óptimo de porosidad total, la cual se considera apropiada cuando está en alrededor del 50. Además, se presentan impactos negativos en la tasa de recuperación de nutrientes. Cuando se compararon los cultivares *E. guineensis* y OxG, la reducción de la recuperación de nitrógeno, para el caso del potasio, fue del 79 % y 60 % respectivamente. Esta menor eficiencia implica aumento de los costos de producción e impactos en la huella de carbono y la huella hídrica del cultivo, teniendo en cuenta que más de 60 % de esta huella en el campo se asocia con la aplicación de fuentes fertilizantes.

Además de los efectos mencionados, son importantes los impactos de las limitaciones físicas del suelo en la reducción de la tasa de infiltración, el incremento de la escorrentía y la erosión de las tierras (Sahat, Yusop, Askari y Ziegler, 2016; Satriawan y Fuady, 2017; Satriawan, Fuady y Mayani, 2017; Sung, Joo, Chien y Seng, 2011). Bajo estas condiciones, en el caso de la palma de aceite es necesario realizar la

**Figura 1.** Representación de la resistencia a la penetración en suelos establecidos con palma de aceite



**Figura 2.** Comportamiento de la materia seca foliar en palmas de vivero en función de diferentes valores de densidad aparente del suelo



intervención física del suelo aun cuando se tengan cultivos establecidos. Estas acciones implican el uso de maquinaria pesada que permita superar la resistencia ofrecida por el suelo y las raíces. También con implementos que ayuden a lograr mejoramientos a una profundidad mínima de 40 centímetros en el perfil del suelo.

Trabajos desarrollados por Cenipalma en la Zona Oriental (Figura 3) muestran que, al comparar 4 tipos de implementos para mejorar el suelo, con el uso del Cenitandem en la línea de siembra al momento de establecer el cultivo, se incrementa la tasa de infiltración hasta 2,3 veces con respecto al tratamiento tradicional de rastra pesada. En zonas con meses de altas e intensas precipitaciones resulta relevante el incremento de la tasa de infiltración, con el objeto de mejorar la disponibilidad de agua para el cultivo, mantener el balance hidrológico y reducir la erosión en las áreas cultivadas.

Además de la intervención física del suelo, es necesario evaluar y procurar que el mejoramiento alcanzado sea sostenible y duradero. Si se considera que uno de los objetivos de este tipo de intervenciones logra el incremento de la estabilidad estructural de las partículas del suelo, una práctica recomendada es el establecimiento de coberturas que aporten carbono orgánico, incrementen la diversidad biológica (Acosta, 2009; Barrios-Maestre *et al.*, 2011; Ruiz y Molina, 2014) y consecuentemente los ácidos orgánicos producidos por los microorganismos y que a su vez favorecen la estabilidad estructural. Si bien es importante la adición de biomasa, la proliferación de diversidad de especies que con sus raíces exploren di-

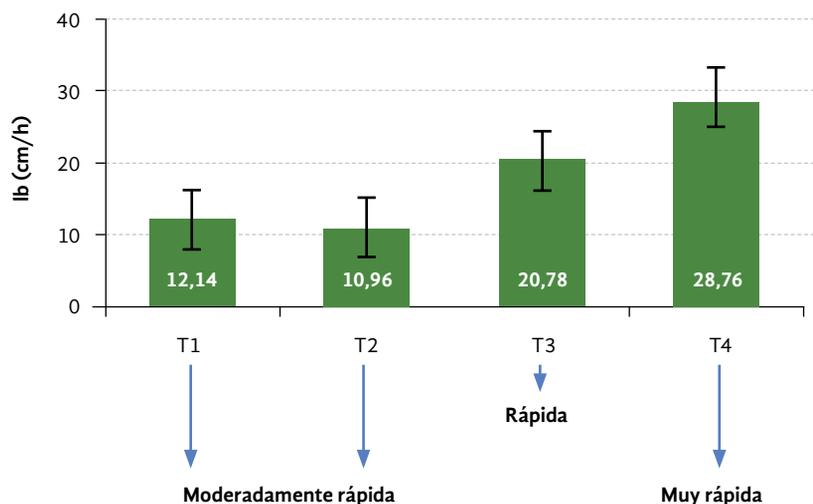
ferentes profundidades en el perfil del suelo, resulta ser más sostenible en la medida en que es menos dependiente de recursos externos.

Sobre los efectos de la cobertura del suelo, para palma de aceite existen diversidad de estudios que muestran impactos tanto en la reducción de la erosión como en el incremento de la humedad del suelo. Tiemann *et al.* (2018) encontraron que bajo condiciones de suelo desnudo las pérdidas de este fueron cercanas a 70 t ha año<sup>-1</sup>, mientras que con la cobertura de leguminosas o arvenses fueron cercanas a 10 t ha año<sup>-1</sup> en ambos casos, lo cual representa una reducción de 77 % de la pérdida de suelo cuando se tienen coberturas de leguminosas o arvenses. Menor erosión es también reducción de las pérdidas del carbono del suelo y de los nutrientes, lo que implica disminución de la huella de carbono y la huella hídrica del cultivo.

Asociado con la reducción de la erosión, el uso de coberturas vegetales también permite la disminución de la escorrentía desde valores de 15 % en suelos desnudos a 3 % en suelos con arvenses, es decir, una reducción de 80 %, lo cual se traduce en mayor cantidad de agua disponible para el cultivo y las plantas acompañantes. También se evidencia que en las áreas de cultivo, en las cuales se permite el crecimiento de plantas arvenses y se recicla biomasa, es posible tener tasas de infiltración tan altas como 13 cm hora mientras que en las áreas de tráfico o en el plato de la palma estos valores son inferiores a 3 cm hora<sup>-1</sup>.

El incremento de la tasa de infiltración, la reducción de la escorrentía y el aumento de la hu-

**Figura 3.** Impacto de diferentes métodos de labranza sobre la infiltración básica del suelo



medad disponible en el suelo, además del aporte de carbono orgánico y el favorecimiento de la estabilidad estructural de los agregados del suelo, y el establecimiento y favorecimiento de coberturas vegetales en la palma, resultan clave en el manejo integrado de la conservación del suelo y el agua en los cultivos de palma de aceite.

### Propiedades químicas del suelo: impactos y manejo

La química del suelo es una de las características comúnmente estudiada en la agricultura y que de manera frecuente se relaciona más directamente con la nutrición de los cultivos, la determinación de las necesidades de aportes de fuentes fertilizantes y en consecuencia con impactos económicos y ambientales. Cuantificar la disponibilidad de nutrientes, la capacidad del suelo de intercambiarlos y determinar los limitantes en términos de acidez o basicidad, resulta determinante para el manejo sostenible de los suelos.

Teniendo en cuenta que los que son dedicados al cultivo de la palma de aceite en Colombia son predominantemente ácidos, con  $\text{pH} < 5,5$  unidades y con alta saturación de aluminio intercambiable y por tanto baja saturación de bases, una de las prácticas recomendadas es la aplicación de enmiendas que impacten la acidez del suelo y que además incrementen los contenidos de nutrientes como el calcio, magnesio, potasio y fósforo.

En etapa de vivero (Figura 4) ha sido posible cuantificar los impactos de la aplicación de enmiendas en el desarrollo vegetativo, el sistema radical, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la planta. De acuerdo con esto, cuando la saturación de aluminio es superior a 70 % se presentan restricciones para el desarrollo de las raíces y la acumulación de biomasa en la palma de aceite. También, previo a la selec-

ción de enmiendas, es conveniente la ejecución de las denominadas Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE), a través de las cuales es posible evaluar bajo condiciones controladas el impacto probable de respuesta de las enmiendas.

Con respecto a las PRE, la premisa es: aquellas enmiendas que muestren respuestas positivas en condiciones controladas es muy probable que funcionen en el campo, si sucede lo contrario, es poco probable.

Si bien es deseable el mejoramiento de la química de los suelos ácidos antes de la siembra, en la palma es posible obtener respuestas positivas a la aplicación de enmiendas aún en cultivos establecidos y en etapa adulta. Sin embargo, su incorporación tiene un impacto diferencial sobre las propiedades de los suelos (Figura 5). Al comparar diferentes fuentes y dosis de enmiendas, en todas fue evidente que la mejor respuesta se dio cuando se realizó la incorporación con ayuda de una rastra pesada. En el caso del aluminio intercambiable, las diferencias fueron tan grandes como 65 % de saturación de aluminio cuando no se incorporó, mientras que cuando se incorporó los valores evaluados fueron cercanos a 20 %.

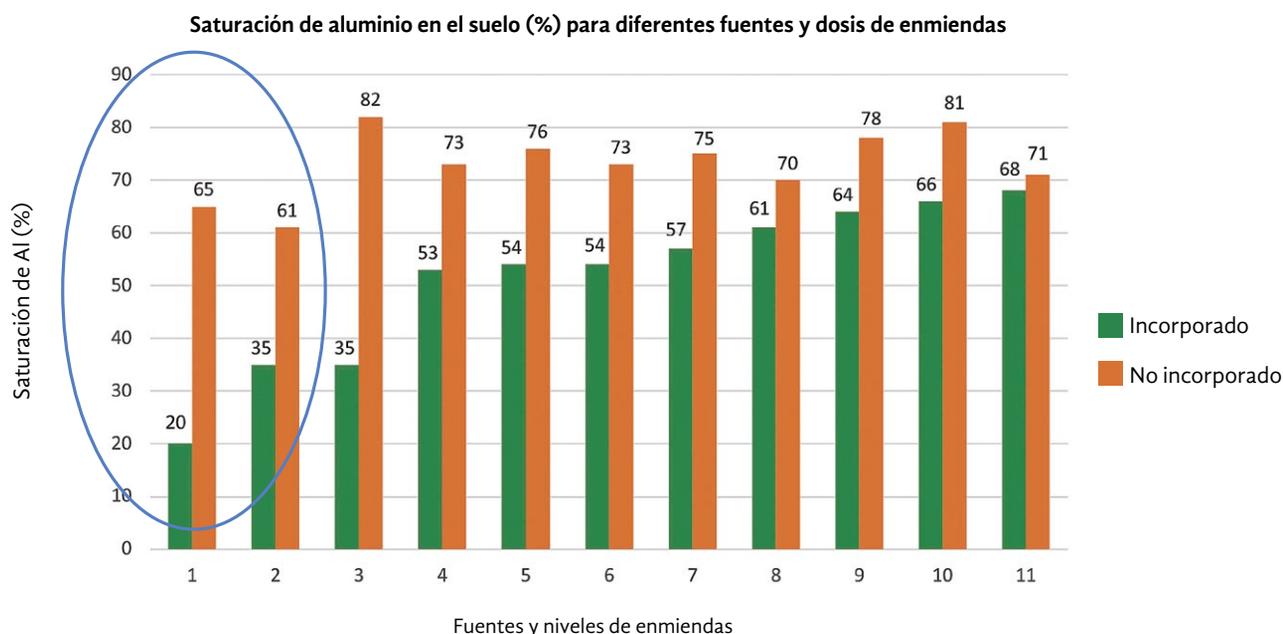
También, bajo condiciones de suelos ácidos es necesario considerar el aporte de nutrientes como es el caso del calcio y el magnesio, los cuales al ser suministrados con fuentes de baja solubilidad tienen un costo que puede ser hasta 50 % menor en términos de unidad de nutriente disponible con respecto a las fuentes solubles y dada la naturaleza perenne del cultivo, son factibles de utilizar. Esto es particularmente importante bajo situaciones de altos precios de las fuentes fertilizantes como la que se ha venido presentando durante 2021.

La mayor superficie de contacto de la enmienda con el suelo y la menor exposición a pérdidas por

**Figura 4.** Impacto de la saturación de aluminio en el suelo sobre el desarrollo vegetativo en palmas de vivero



**Figura 5.** Impacto de la incorporación de enmiendas sobre la saturación de aluminio en suelos establecidos con palma de aceite



escorrentía se relacionan directamente con la mejor respuesta de las enmiendas al ser incorporadas.

Por otra parte, con predominancia en la Zona Norte, los suelos con tendencia a la basicidad, con valores de pH > a 5,5 unidades, alta saturación de calcio y baja disponibilidad de micronutrientes, también presentan limitaciones para el desarrollo y productividad de la palma de aceite. Bajo estas condiciones, también es necesaria la aplicación de enmiendas y subproductos de la planta de beneficio que impacten la saturación de calcio y la disponibilidad de micronutrientes.

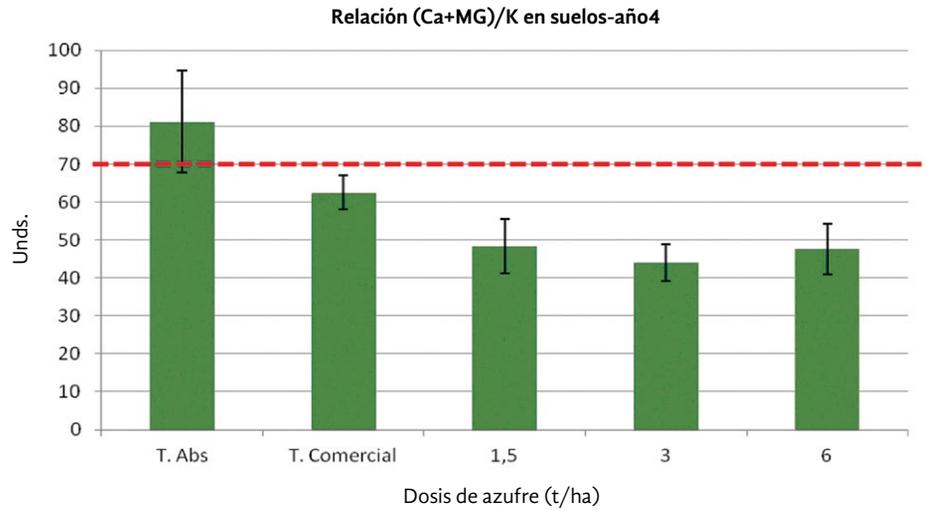
En cuanto a las relaciones entre los cationes del suelo, la relación ((Ca+Mg)/K) resulta un indicador para tener en cuenta, considerando el impacto en la asimilación del potasio por la planta y las asociaciones entre el desbalance y enfermedades de importancia como lo es la Pudrición del cogollo (PC). Trabajos desarrollados en la Zona Norte, bajo condiciones de saturación de calcio superior al 80 %, mostraron el impacto positivo de la aplicación de enmiendas portadoras de azufre en la R (Ca+Mg)/K (Figura 6) encontrándose respuestas con la aplicación de 1,5 t ha de azufre

Además de la incorporación de enmiendas, la aplicación de subproductos de la palma como los racimos vacíos o el compost producido a partir de la combinación de diferentes subproductos de la planta de beneficio (fibra, efluentes, lodos, cenizas y racimos vacíos), debido a los altos contenidos de potasio (Boafo, *et al.*, 2020; Moradi, *et al.*, 2014; Raham, 2004), logran equilibrar la relación de nutrientes cuando se aportan dosis cercanas a 400 kg de racimos vacíos o 200 kg de material compostado por palma año.

Bajo condiciones de altos contenidos de calcio en el suelo es necesario considerar la baja disponibilidad de micronutrientes tales como zinc, hierro y manganeso. Es frecuente la determinación de bajos contenidos de zinc y manganeso en el tejido foliar y la aparición de patologías relacionadas con las deficiencias de estos nutrientes. Además de las condiciones de poca disponibilidad de agua que favorecen la aparición de estas deficiencias, la baja inclusión de estos micronutrientes en los planes de fertilización puede resultar en la reducción progresiva de los contenidos en los suelos.

Otra variable para tener en cuenta en la conservación y regeneración de los mismos con respecto

**Figura 6.** Impacto de la aplicación de azufre al suelo sobre las relaciones entre cationes



a la química es el seguimiento de los contenidos de nutrientes, ya que el enfoque de manejo bajo el concepto de balance de masas, implica la reposición de aquellos nutrientes que son inmovilizados en la planta o extraídos en los racimos cosechados y que deben ser aportados por el suelo o por fuentes de nutrientes.

Con este propósito, Cenipalma ha avanzado en la determinación de la extracción e inmovilización de nutrientes en cultivares OxG (Tabla 1), encontrándose diferencias importantes al compararlos con los cultivares *E. guineensis*. Se aprecian diferencias, por ejemplo, en el caso del calcio y el potasio.

Además de la extracción e inmovilización de nutrientes en el cultivo, también es pertinente con-

siderar las pérdidas de estos por efecto de factores climáticos como las altas precipitaciones, y actuar para mitigar su impacto. En este sentido, la cobertura del suelo con plantas arvenses y biomasa puede llegar a representar una reducción de 58 % del potasio en sedimentos, cuando se mantienen coberturas y biomasa.

Adicionalmente, resultan relevantes las épocas de aplicación y el tipo de fertilizantes suministrados al cultivo. Bah *et al.* (2014), al comparar fuentes comunes de fertilizantes con respecto a otras de liberación controlada, para épocas de altas precipitaciones, se percataron de que las pérdidas de potasio fueron de 3,5 kg/ha para fertilizantes compuestos mientras que,

**Tabla 1.** Contenido de nutrientes en racimos para cultivares *E. guineensis* e híbrido OxG.

Componente	N %		P %		K %		Mg %		Ca %		S %	
	<i>E. guineensis</i>	OxG										
Foliolo	2,05	2,12	0,128	0,14	0,88	0,89	0,233	0,14	0,356	0,7	0,174	0,18
Raquis	0,37	0,26	0,074	0,08	1,49	1,18	0,193	0,05	0,213	0,21	0,182	0,06
Pecíolo		0,33		0,11		1,71		0,09		0,45		0,09
Base pecíolar del estípite		0,4		0,11		1,56		0,28		0,76		0,36
Flecha	1,33	2,23	0,14	0,18	1,7	1,46	0,198	0,18	0,187	0,32	0,157	0,18
Estípite	0,54	1,5	0,07	0,24	1,54	0,96	0,168	0,15	0,179	0,27	0,311	0,28
Raíz	0,32	0,39	0,027	0,07	0,8	0,51	0,083	0,14	0,048	0,12	0,308	0,15

Para OxG: 30 % menos de K y 50 % más de Calcio en el estípite con respecto a *E. guineensis*.

en el caso de los fertilizantes de liberación controlada, esta fue cercana a 2 kg/ha. Sin embargo, en meses de bajas precipitaciones, las pérdidas fueron similares para ambos tipos de fertilizantes. Esto demuestra la importancia del momento adecuado de aplicación, pero también de las opciones tecnológicas que se tienen para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes en la palma de aceite.

### Propiedades biológicas del suelo: impactos y manejo

Además de la física, la biología del suelo cada vez toma mayor importancia por su impacto en la sostenibilidad de la agricultura y las oportunidades que representa para el incremento de la eficiencia nutricional, el manejo de enfermedades y plagas, la tolerancia frente al estrés biótico, los servicios ecosistémicos y, en general, el mejoramiento y regeneración de los suelos.

Una de las estrategias para mejorar sus indicadores de actividad biológica es el aporte de biomasa a través del favorecimiento del reciclaje de las hojas y otras estructuras de la palma, o del aporte de subproductos de la planta de beneficio de fruto, tales como los racimos vacíos y la fibra.

El efecto de los racimos vacíos ha sido estudiado por diversidad de autores y se destacan los efectos iniciales sobre propiedades físicas como la humedad del suelo (Sung *et al.*, 2011), el aumento de la estabi-

lidad estructural de los agregados, la disminución de la densidad aparente y el incremento de la porosidad total, lo que a su vez impacta de forma positiva la actividad biológica del suelo (Boafo *et al.*, 2020; Tao *et al.*, 2018, también se destaca el incremento de la actividad de forrajeo de la fauna del suelo, la actividad microbiana medida a través de la tasa de respiración (Tahat *et al.*, 2020), la biomasa de lombrices (Figura 7) y la abundancia de ácaros.

Por otra parte, en la palma de aceite es posible asociar alrededor de 200 especies de plantas, las cuales desempeñan un papel fundamental en el favorecimiento de la diversidad de fauna y flora microbiana, esto asociado con el incremento de raíces finas en el suelo, lo que a su vez impacta la calidad de la materia orgánica, la abundancia de microorganismos-rizo microbioma y el *stock* de carbono (Kogge *et al.*, 2020; Tao *et al.*, 2017). De acuerdo con esto, resulta imprescindible el aprovechamiento de la diversidad de plantas que es posible asociar con la palma, ya que en cultivos adultos, alrededor de 70 % del área puede permanecer con abundante vegetación.

Es destacable también el impacto positivo del incremento de la vegetación asociada sobre las reservas de carbono en el suelo. Alrededor de 35 % de este que se acumula en el agroecosistema de la palma se encuentra en el suelo y puede llegar a representar alrededor 24 t de carbono acumulado en un cultivo de 10 años (Hood *et al.*, 2019; Luke *et al.*, 2020). Es importante destacar que la naturaleza de este carbono

**Figura 7.** Evidencias de actividad de macroorganismos en suelos establecidos con palma de aceite



no orgánico, al encontrarse incorporado en el suelo y con baja remoción durante el ciclo de vida del cultivo, tiende a ser estable y contribuir a la vida y regeneración de los suelos palmeros.

## Avances necesarios en el manejo integrado del suelo y el agua

El manejo integrado del suelo y el agua en los agroecosistemas palmeros resultan clave para enfrentar el cambio y la variabilidad climática, el incremento de los rendimientos, la reducción de los impactos ambientales y el bienestar y calidad de vida en las regiones palmeras de Colombia. Tres avances resultan necesarios para seguir contribuyendo de manera decidida con la producción de aceite de palma sostenible de Colombia: la generalización del uso de coberturas vegetales, la viabilización de la carbonización de residuos y la profundización en estudios de biología del suelo.

Sobre el fomento de arvenses asociadas con el cultivo de la palma (Figura 8), el impacto positivo en las variables físicas, químicas y biológicas del suelo, además de los servicios ecosistémicos asociados, son razones suficientes para incentivar el fomento de agroecosistemas palmeros diversos y más sostenibles. Sin embargo, existen retos tales como: la caracterización de especies por zonas agroecológicas, el cambio en la composición y diversidad en función de la edad del cultivo, los beneficios y desventajas de las especies más predominantes, los arreglos deseables para el mayor impacto en la conservación de suelos, reciclaje de nutrientes y servicios ecosistémicos, así como también las mejores

prácticas de manejo que garanticen el buen balance para el suelo y el cultivo.

Con relación al biocarbón, más allá de los impactos demostrados en etapa de vivero, es necesario viabilizar la carbonización de los residuos de la palma a nivel industrial, especialmente al momento de la renovación, lo cual permitirá incrementar significativamente la captura de carbono en el cultivo y favorecer propiedades tan importantes como la capacidad de intercambio catiónico del suelo y su relación con el incremento de la eficiencia de la fertilización, tema de mayor relevancia desde el punto de vista económico y ambiental.

Por último, el mejor aprovechamiento de biología del suelo, empezando por su estudio detallado para la identificación de potencialidad de los macro y microorganismos en variables de interés como: la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y potasio, la estimulación del desarrollo o promoción del crecimiento de las plantas, la potencialización del sistema de defensa de las plantas, el antagonismo frente a organismos plaga y, en general, la reducción de gases de efecto invernadero asociada con uso más eficiente de insumos agrícolas, especialmente los fertilizantes.

## Agradecimientos

Al grupo de investigación en Agronomía de la palma de aceite en Cenipalma. Especialmente a los investigadores: Álvaro Hernán Rincón, Jhon Fredy Jiménez Vera y Wilson Pérez, por sus contribuciones a la presente publicación. También al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

**Figura 8.** Vegetación acompañante para cultivo joven y adulto de palma de aceite



---

## Referencias bibliográficas

- Acosta, S. I. C. (2009). *Promoting the Use of Tropical Legumes as Cover Crops in Puerto Rico*. M.Sc Thesis, Department of Agronomy, University of Puerto Rico, 78.
- Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Palmas*, 20(1), 28-30.
- Arias, N. A., Beltrán, J. A., Guerrero, J. M. & Sánchez, A. C. (2014). Tecnologías para el manejo de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite validadas en las zonas palmeras de Colombia. *Revista Palmas*, 35(2), 39-52. Recuperado de <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10978>
- Arias, N. & Munévar, F. (2004). Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia. *Palmas (Colombia)*, 25, 137-147.
- Barrios-Maestre, R., Fariñas, J., Silva-Acuña, R. & Sanabria, D. (2011). Comportamiento de cinco especies de leguminosas como cobertura viva en palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. *Idesia (Arica)*, 29(2), 29-37. doi: 10.4067/s0718-34292011000200004
- Boafo, D. K., Kraisornpornson, B., Panphon, S., Owusu, B. E. & Amaniampong, P. N. (2020). Effect of Organic Soil Amendments on Soil Quality in Oil Palm Production. *Applied Soil Ecology*, 147(November), 103358. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.09.008
- Fedepalma. (2020). *Anuario estadístico 2020*. Bogotá D. C., Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (Ed.).
- Guillaume, T., Kotowska, M. M., Hertel, D., Knohl, A., Krashevskaya, V., Murtlaksono, K., ... Kuzyakov, Y. (2018). Carbon Costs and Benefits of Indonesian Rainforest Conversion to Plantations. *Nature Communications*, 9(1). doi: 10.1038/s41467-018-04755-y
- Hood, A. S. C., Aryawan, A. A. K., Advento, A. D., Purnomo, D., Wahyuningsih, R., Luke, S. H., ... Naim, M. (2019). Understory Vegetation in Oil Palm Plantations Promotes Leopard Cat Activity, but does not Affect Rats or Rat Damage. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2(September), 1-12. doi: 10.3389/ffgc.2019.00051
- Jcu, R. (2018). *Soil Carbon Dynamics Under Oil Palm Plantations*.
- Joaquín, T., Marco, G., Carlos, C. & Rafael, M. (2014). *Características del suelo, desarrollo radical e incidencia de PC (Pudrición del cogollo) en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) Materiales y métodos localización del estudio y material vegetal*.
- Kogge Kome, G., Oben Tabi, F., Brice Tedo, F. & Kogge Enan, R. (2020). Identification of Soil Management Factors for Sustainable Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Production in Coastal Plains of Southwest Cameroon. *Journal of Agronomy*, 19(2), 83-93. doi: 10.3923/ja.2020.83.93
- Luke, S. H., Advento, A. D., Aryawan, A. A. K., Adhy, D. N., Ashton-Butt, A., Barclay, H., ... Turner, E. C. (2020). Managing Oil Palm Plantations More Sustainably: Large-Scale Experiments Within the Biodiversity and Ecosystem Function in Tropical Agriculture (BEFTA) Programme. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2(January), 1-20. doi: 10.3389/ffgc.2019.00075

- Martínez, G., Arias, N. A., Sarria, G. A., Torres, G., Varón, F., Noreña, C., ... Burgos, C. A. (2009). *Manejo integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite*, 1-24.
- Martínez, R., Botón, J., Herrera, V., Burgos, L. & Robles, J. (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Moradi, A., Teh, C. B. S., Goh, K. J., Husni, M. H. A & Ishak, C. F. (2014). Decomposition and Nutrient Release Temporal Pattern of Oil Palm Residues. *Annals of Applied Biology*, 164(2), 208-219. doi: 10.1111/aab.12094
- Raham, D. (2004). Study of Mineral Nutrient Losses From Oil Palm Empty Fruit Bunches During Temporary Storage. *Journal of Oil Palm Research*, 16(1), 11-21.
- Rincón, A., Garzón, E. & Torres, J. (2016). Suelos por tipo de paisaje asociados al cultivo de la palma de aceite en la Zona Suroccidental de Colombia. *Revista Palmas*, 37(1), 25-43.
- Ruiz, E. & Molina, D. (2014). Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite en Oil Palm and Other Perennial Crops. *Palmas (Colombia)*, 35(1), 53-64.
- Sahat, S., Yusop, Z., Askari, M. & Ziegler, A. D. (2016). Estimation of Soil Erosion Rates in Oil Palm Plantation with Different Land Cover. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1). doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012086
- Satriawan, H. & Fuady, Z. (2017). Soil Conservation Techniques in Oil Palm Cultivation for Sustainable Agriculture Teknik Konservasi Tanah Pada Budidaya Kelapa Sawit untuk Pertanian Berkelanjutan, 7(2), 178-183. doi: 10.19081/jpsl.2017.7.2.178
- Satriawan, H., Fuady, Z. & Mayani, N. (2017). *Soil Conservation by Vegetative Systems*, XLIX. doi: 10.17951/pjss/2016.49.2.223
- Soil Survey Division Staff. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos*. NRCS-US Department of Agriculture.
- Sung, C. T. B., Joo, G. K., Chien, L. C. & Seng, S. T. (2011). Short-Term Changes in the Soil Physical and Chemical Properties Due to Different Soil and Water Conservation Practices in a Sloping Land Oil Palm Estate. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 34(1), 41-62.
- Tahat, M. M., Alananbeh, K. M., Othman, Y. A. & Leskovar, D. I. (2020). Soil Health and Sustainable Agriculture. *Sustainability (Switzerland)*, 12(12), 1-26. doi: 10.3390/SU12124859
- Tao, H. H., Snaddon, J. L., Slade, E. M., Caliman, J. P., Widodo, R. H., Suhardi & Willis, K. J. (2017). Long-Term Crop Residue Application Maintains Oil Palm Yield and Temporal Stability of Production. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(4). doi: 10.1007/s13593-017-0439-5
- Tao, H. H., Snaddon, J. L., Slade, E. M., Henneron, L., Caliman, J. P. & Willis, K. J. (2018). Application of Oil Palm Empty Fruit Bunch Effects on Soil Biota and Functions: A Case Study in Sumatra, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256(November 2017), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.012>
- Tiemann, T. T., Donough, C. R., Lim, Y. L., Härdter, R., Norton, R., Tao, H. H., ... Oberthür, T. (2018). Feeding the Palm: A Review of Oil Palm Nutrition. *Advances in Agronomy*, 152, 149-243. doi: 10.1016/bs.agron.2018.07.001
- Wisdom, B. S., Owusu-Bennoah, E. & Kofi, A. M. (2017). Dynamics of Soil Carbon Sequestration Under Oil Palm Plantations of Different Ages. *Global Symposium on Soil Organic Carbon*, 2(1-4), 21-23.