

## Suelos por tipo de paisaje asociados al cultivo de la palma de aceite en la Zona Suroccidental de Colombia\*

Soils by Type of Landscape in Relation to Oil Palm Crops in Colombian Southwestern Region

**CITACIÓN:** Rincón, A., Garzón, E., & Torres-Aguas, J. (2016). Suelos por tipo de paisaje asociados al cultivo de la palma de aceite en la Zona Suroccidental de Colombia. *Palmas*, 37(1), 25-43.

**PALABRAS CLAVE:** variabilidad de suelos, monolitos, extensión.

**KEYWORDS:** Soil variability, monolith, extension.

**RECIBIDO:** noviembre de 2015.

**APROBADO:** diciembre de 2015.

\* Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

**ÁLVARO HERNÁN RINCÓN NUMPAQUE**

Asistente de Investigación. Programa de Suelos y Aguas, Cenipalma  
arincon@cenipalma.org

**EDNA MARGARITA GARZÓN GONZÁLEZ**

Ingeniera Agrónoma.  
edmagarzon@yahoo.com

**JORGE STEMBER TORRES AGUAS**

Coordinador. Programa de Agronomía, Cenipalma  
jtorresa@cenipalma.org

### Resumen

Aunque existen diferentes estudios de suelos en la zona palmera Suroccidental de Colombia, los palmicultores desconocen esta información, limitando su uso en la planificación e implementación de prácticas de manejo adecuadas al cultivo. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo identificar y caracterizar los principales suelos por paisaje asociados a la palma de aceite. Se hizo la revisión de los estudios de suelos de la zona, estudios de aptitud de tierras de Cenipalma y otras entidades, verificando esta información con observaciones en campo. Se identificaron y describieron siete perfiles modales de suelos en dos tipos de paisaje contrastantes: 1) piedemontes y lomeríos y 2) planicie aluvial, en los cuales se evaluaron e interpretaron las propiedades físicas y químicas, así como su potencialidad y limitaciones para el desarrollo del cultivo. Adicionalmente, se realizó la extracción y montaje de los monolitos de suelos para utilizarlos en las actividades de extensión y transferencia de tecnología a los palmicultores. Los resultados indican que la diferenciación de tipo de paisaje y relieve permite inferir la variación de los suelos en la Zona Suroccidental y es una herramienta útil en la selección de tierras aptas para el cultivo de la palma de aceite. Así mismo, el establecimiento de colecciones de monolitos permite obtener información de la variabilidad de los suelos de la zona y acercarla de manera efectiva a los palmicultores.

## Abstract

This paper is aimed to identify and define characteristics from the main type of soils by landscape, at the Oil Palm South West Colombian Region. For this purpose, a review of diverse studies on soils and soils suitability was carried out, along with the verification at field. seven modal profiles of soil were identified and described over the two kind of landscape from this region: 1) Hills and foothills, and 2) Floodplain. The chemical and physical properties from those soils were assessed to determine the advantages and limitations for oil palm cultivation. From each soil modal profile, a soil monolith was collected and preserved for extension purposes. In accordance with the obtained results, the types of soil relief and landscape are being useful for determining the soil variation at the Oil Palm South West Colombian Region, and should be helpful for finding suitable lands for the oil palm production.



## Introducción

Los factores más influyentes en el desarrollo del cultivo de la palma de aceite son el clima y el suelo (Owen, 1992). Las características edáficas ideales para el cultivo son alta fertilidad, profundidad efectiva mayor a 80 cm, topografía plana y buen drenaje interno y externo. Aunque estas condiciones se presentan en algunas zonas del país, gran parte de los cultivos de palma de aceite se encuentran establecidos en condiciones edáficas variables, que restringen en diferentes grados su productividad. Esto hace necesario elaborar esquemas de manejo diferentes, de acuerdo con las limitaciones específicas de cada sitio.

Owen (1995) realizó un estudio sobre el estado de las condiciones fisicoquímicas de los suelos palmeros de la región de la costa Pacífica, donde resaltó la importancia del conocimiento del suelo como paso inicial en el proceso de investigación en nutrición y fertilización del cultivo. Lo anterior, unido con información sobre fuentes, dosis y métodos de aplicación de fertilizantes en las plantaciones, se convierte en una herramienta fundamental en la priorización de proyectos de investigación conducentes a la reducción de los costos de producción y el incremento de la productividad del cultivo.

Por otra parte, Cenipalma (2005) hizo un diagnóstico del estado de la asistencia técnica de las alianzas estratégicas con pequeños agricultores de palma de aceite de Santander, Norte de Santander, sur de

Cesar y Nariño, en el cual destaca la importancia del conocimiento de la aptitud de los suelos en la viabilidad de los proyectos productivos. También menciona que en algunas de las experiencias de las alianzas productivas no se cuenta con los estudios de suelos necesarios para realizar paquetes tecnológicos ajustados a sus necesidades. Esto puede generar incertidumbre sobre las recomendaciones técnicas para el establecimiento y manejo del cultivo.

En la Zona Suroccidental de Colombia actualmente se cuenta con información de estudios generales de suelos a escala 1:500.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y con estudios de evaluación edafoclimática de tierras para palma de aceite realizados por Munévar *et al.*, (1999). Sin embargo, esta información aún es poco conocida por los palmicultores de la zona, desaprovechando así una herramienta básica en la planificación e implementación de prácticas de manejo adecuadas.

A pesar de esto, el conocimiento que tienen los agricultores de sus fincas y de su posición fisiográfica ha permitido plantear como alternativa la caracterización de los suelos por tipo de paisaje. Esta información está también contemplada en los estudios generales de suelos, permitiendo unificar el conocimiento actual que tienen los palmicultores con la información de dichos estudios e inferir sobre la aplicación práctica en sus cultivos. Para complemen-

tar lo anterior, se realizó una colección de monolitos de suelos como herramientas de primera mano que ayuden al acercamiento y fácil comprensión de esta información por parte de los productores en actividades de capacitación, cumpliendo así con los objetivos de divulgación y transferencia de tecnología de Cenipalma.

## Metodología

Este trabajo fue desarrollado en la Zona Suroccidental de Colombia, localizada principalmente en inmediaciones del municipio de Tumaco (Nariño), entre 1°21'0,72" y 1°39'9,72" latitud Norte y 78°29'57,12" y 78°51'33,84" longitud Oeste, con una altitud sobre el nivel del mar entre 15 y 130 m. La zona se encuentra en condiciones de bosque húmedo y muy húmedo tropical, con temperatura media anual de 28 °C, humedad relativa de 81,3 % y una precipitación media anual entre 2.900 y 4.206 mm (IDEAM, 2012).

En el desarrollo del trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes pasos:

1. **Recolección y revisión de información.** Se consideraron los estudios geológicos y de suelos de la región del río Mira y el departamento de Nariño de los años 1960 a 2000, además de la cartografía disponible del área de estudio a escala general y semidetallada. También se revisaron los estudios realizados por Munévar *et al.* (1999) y los planos de Catastro y mapas de las plantaciones. Con base en esta información se identificaron los paisajes predominantes asociados al cultivo de la palma de aceite en la zona.
2. **Trabajo de campo.** En cada uno de los paisajes identificados se hizo la identificación de los suelos mediante cajuelas, que fueron corroborados con barrenadas de comprobación distribuidas por mapeo libre. Una vez identificados los suelos predominantes en cada paisaje, se realizó su descripción detallada en calicatas de 1,2 m de ancho por 1,5 m de largo y 1,5 m de profundidad. La descripción y caracterización del perfil se realizó de acuerdo con los lineamientos de la FAO (2009). En las calicatas se tomaron las muestras sin disturbar de cada horizonte para análisis físicos y químicos, y se extrajeron los monolitos correspondientes.
3. **Análisis de laboratorio.** Las propiedades químicas medidas fueron: el pH por el método potenciométrico, acidez intercambiable por el método de Yuang modificado y extracción con KCl 1N, carbono orgánico oxidable por el Método de Walkley Black o de combustión húmeda y materia orgánica (%MO) para suelos orgánicos por el método de ignición a 400 °C (IGAC, 1996). Adicionalmente, se midieron las bases de cambio (Ca, Mg, K y Na), por extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 y absorción atómica, azufre disponible con fosfato monobásico y turbidimetría, y los elementos menores disponibles (Mn, Zn, Cu, y Fe) por extracción con doble ácido y absorción atómica. Las propiedades físicas evaluadas fueron: densidad aparente por el método del terrón parafinado o el cilindro de volumen conocido, densidad real por el método del picnómetro, textura por el método de Bouyucos y resistencia a la penetración en campo con penetrógrafo *Eijkelpamp*®.
4. **Interpretación de la información y clasificación taxonómica.** Con la caracterización de campo y los resultados de análisis fisicoquímicos de los suelos evaluados, se hizo la identificación taxonómica utilizando el sistema de clasificación norteamericano (SSDS, 2006). La evaluación de limitaciones y potencialidades de los mismos para el cultivo de la palma de aceite fue determinada teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo detallados por Munévar (2004).
5. **Extracción y preparación de monolitos de suelos.** Un monolito es una columna de suelo extraída en campo, que luego de un tratamiento de impregnación, es exhibida con la información relevante del mismo y su aplicación al manejo (Hodgson, 1978). La extracción y montaje de monolitos para los suelos predominantes por tipo de paisaje tuvo como fin constituir la colección de los suelos dedicados al cultivo de palma en Colombia, como

una herramienta de transferencia para su conocimiento y manejo sostenible. La extracción y montaje de los monolitos se hizo de acuerdo con la metodología descrita por el CIRS (2003) y Hodgson (1978), que consiste básicamente en extraer una columna del suelo, estabilizarlo mediante impregnación con cola de carpintero y hacer su montaje final sobre láminas de madera, adicionando la información de la clasificación taxonómica del

suelo, ubicación regional y local, que incluye el relieve, uso de la tierra, fotografías del paisaje, características morfológicas, físicas y químicas del suelo (Figura 1).

La exposición final de los monolitos se realizó en la sede principal de Cenipalma en Zona Suroccidental para su uso en actividades de extensión y transferencia de tecnología a palmicultores y personal técnico de las plantaciones.



**Figura 1.** Proceso de extracción y montaje de monolitos de suelos. Fuente: elaboración propia

## Resultados

### Paisajes predominantes en la Zona Suroccidental

A partir de la revisión de los estudios de suelos y la cartografía disponible de la zona, se identificaron dos tipos de paisaje contrastantes asociados al cultivo de la palma de aceite en Tumaco: 1) planicie aluvial y 2) piedemontes y lomeríos (Figura 2).

#### Planicie aluvial

La planicie aluvial está conformada por materiales de origen aluvial transportado por los principales ríos de la región, principalmente el Mira. Los suelos de esta zona presentan relieves planos a ligeramente planos. Dentro de este paisaje se pueden distinguir dos relieves definidos, que conforman en total el 37 % del área dedicada al cultivo de la palma de aceite:

*A) Plano de inundación:* corresponde a las zonas bajas y aledañas a los ríos, en donde se presentan inundaciones frecuentes, regulares y prolongadas durante el año. Están conformados por aluviones recientes depositados en las crecientes del río. Asociados al cultivo de la palma de aceite se pueden encontrar dos formaciones: 1) vegas y 2) basines o bateas (guandales). Los suelos de vega se forman en inmediaciones de los ríos cuando su nivel sube y las arenas en suspensión se decantan en sus orillas elevando el nivel de las riberas. Esto da origen a perfiles de suelos con predominio de materiales gruesos en profundidad y materiales más finos en los horizontes superficiales (IGAC, 1960). Por otra parte, los basines o bateas (guandales) se forman en áreas bajas que han permanecido inundadas por largos periodos de tiempo, formando pantanos y favoreciendo la proliferación de vegetación. Con el tiempo, estas plantas han liberado cantidades significativas de materiales orgánicos en el agua y conforman la turba característica de estas áreas (IGAC, 1960) (Figura 3).



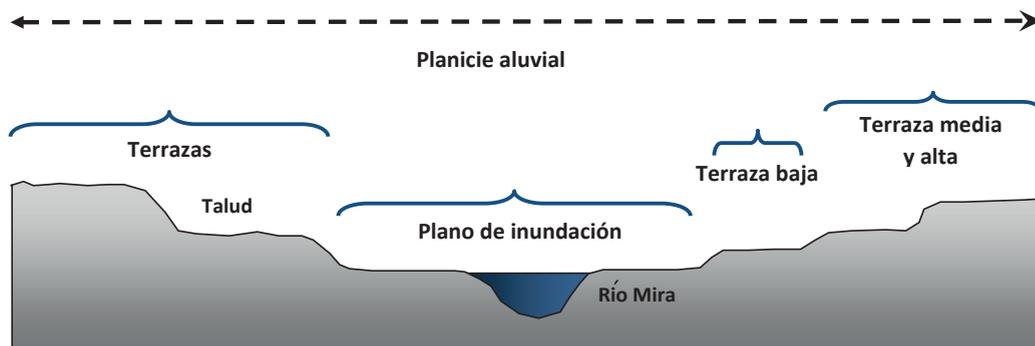
de inundación y en donde se presentan inundaciones esporádicas y niveles freáticos fluctuantes cerca a la superficie, y las terrazas medias y altas, que son zonas más lejanas y elevadas en las cuales no hay problemas de inundación, pero si encharcamientos localizados en algunas zonas de cubeta (Figura 4).

## Piedemontes y lomeríos

En este paisaje se encuentra el 61 % de los suelos dedicados al cultivo de la palma de aceite (Garzón, 2008). Los lomeríos corresponden a un conjunto de lomas alargadas con cimas, laderas y vallecitos.

**Figura 4.** Esquema de distribución de las terrazas en el paisaje de planicie aluvial.

Fuente: Garzón (2008).



Estos suelos se han desarrollado a partir de rocas sedimentarias constituidas por arcillolitas y limolitas (IGAC, 1961). El relieve en lomas y colinas es fuertemente ondulado y quebrado, aunque también se incluyen áreas menos escarpadas. Las pendientes predominantes se encuentran en rangos de 12 a 25 %, aunque en menor proporción pueden llegar a rangos entre 35 y 50 %.

Por otra parte, los piedemontes se encuentran en una zona extensa de donde salen las lomas descritas anteriormente. Son áreas de transición entre las zonas accidentadas y las zonas bajas. Presentan suelos desarrollados a partir de arcillas marinas e influencia volcánica, formadas en el mar y, posteriormente, levantadas y erosionadas (IGAC, 1961). En este paisaje se distinguen dos tipos de relieve: abanicos disectados y abanicos poco disectados. En los primeros, las laderas son fuertemente onduladas, con disección abrupta del terreno y pendientes que varían entre 7 y 12 %. Los segundos, por su parte, presentan laderas ligeramente inclinadas a casi planas en algunos sectores, con pendientes entre 3 y 7 %.

## Características de los suelos por paisaje

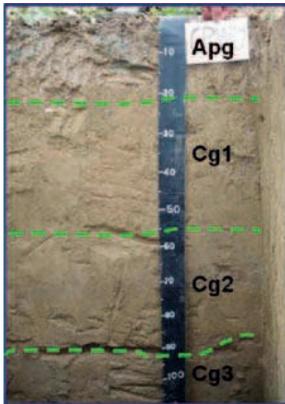
### Suelos de la planicie aluvial

En los paisajes descritos anteriormente, se encontró una amplia gama de condiciones edáficas producto de la combinación de los factores formadores del suelo. Para el caso de la planicie aluvial, la fase de identificación y verificación de los suelos permitió la caracterización de cuatro perfiles modales en las zonas de vega, basín, terraza baja y terraza media.

*a) Suelos de vega:* los suelos de vega corresponden principalmente a entisoles que presentan perfiles con horizontes tipo Ap-Cg, sin conformación estructural en profundidad (Figura 5). Los suelos son de formación reciente con predominio de texturas franco arenosas a franco finas, profundidad efectiva superficial a moderadamente profunda (< 100 cm) y drenaje natural pobre. El predominio de colores grisáceos y gleizados en el perfil da cuenta de las limitaciones existentes por presencia constante de agua en el suelo con inun-

daciones frecuentes y de corta duración, así como nivel freático fluctuante cerca de la superficie. Las texturas gruesas influyen en que la capacidad de retención de humedad sea baja, permitiendo la percolación rápida del agua en épocas secas. Tanto la densidad aparente como la porosidad total del suelo son adecuadas para el desarrollo radical del cultivo, sin limitaciones por compactación o adensamiento en profundidad, con valores de índice de cono menores a 1 MPa (Tabla 1).

Dentro de sus propiedades químicas relevantes, los suelos de vega presentan alto contenido de cationes de cambio (saturación del 100 %), pH entre 5,9 y 6,5, cercano a la neutralidad y no tienen problemas de aluminio tóxico (saturación de Al <10 %). Adicionalmente, estos suelos presentan altos contenidos de materia orgánica y contenidos medios de fósforo, características que proporcionan una fertilidad natural alta disponible para el cultivo de la palma de aceite. Por el contrario, las limitacio-



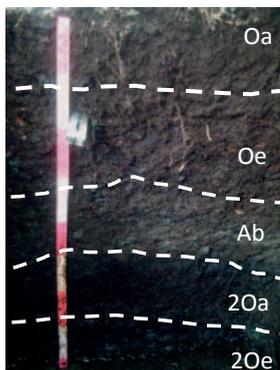
**Figura 5.** Suelos de la planicie aluvial Aerico Fluvaquents asociados zonas de vega.

Fuente: Garzón (2008).

nes para el cultivo incluyen principalmente el desbalance de bases, ya que las saturaciones de calcio son muy altas (>70 %), en detrimento de cationes como el potasio, que puede alcanzar niveles de saturación bajos (<0,9 %) (Tabla 2).

*b) Suelos de basines o bateas (guandales):* en las zonas de basines o guandales, los suelos por lo general son orgánicos con horizontes minerales intermedios de textura fina, formados a partir de la decantación de las arcillas en procesos de acumulación libre (Figura 6).

Estos suelos son pobremente drenados con alta capacidad de retención de humedad debido a sus altos contenidos de materia orgánica (>34 %). Presentan además bajas densidades aparentes (<0,3 g/cm<sup>3</sup>) que los hace muy porosos (porosidad total >80 %) y sin problemas de compactación (IC<0,5 MPa) (Tabla 1). Debido a lo anterior, son suelos susceptibles a problemas de subsidencia; es decir, la pérdida de espesor del suelo por efecto del drenaje o la acción de cargas que superan su capacidad portante; por esta razón, las palmas sembradas en estos suelos tienden a volcarse generando



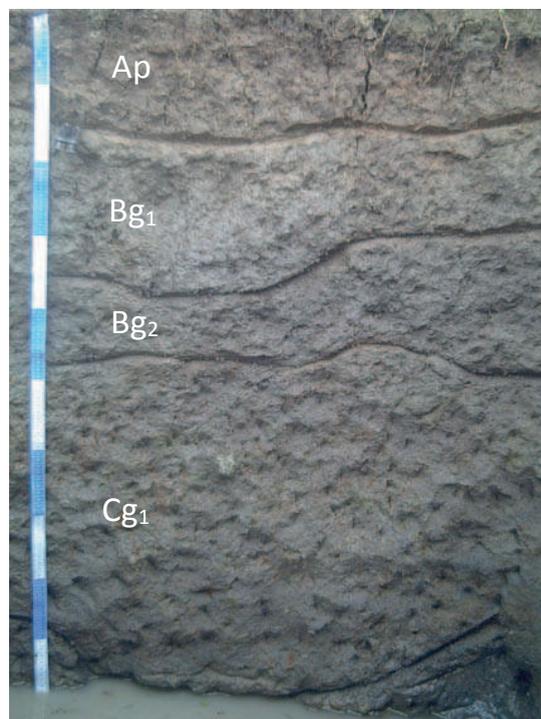
**Figura 6.** Suelos de basín (*Terric Haplohemists*).

problemas a futuro en cuanto a sanidad, logística de la cosecha y polinización, entre otras labores de cultivo (Figura 6). Adicionalmente, son suelos que tienen una profundidad efectiva muy superficial, limitada por niveles freáticos que fluctúan entre 20 y 50 cm de profundidad.

Químicamente, los suelos de estas áreas se caracterizan por altos contenidos de materia orgánica (>35 %), con pH muy fuertemente ácidos (4,1-4,8), altos contenidos de fósforo (>15 mg/kg) y cationes (saturación de bases del 100 %). Sus altos contenidos de nutrimentos incrementan la oferta en fertilidad del suelo para la palma de aceite. Sin embargo, existen desbalances de bases importantes, dado que las saturaciones de calcio son muy altas (>70 %) y las de potasio son bajas (<2 %) (Tabla 2). Cabe resaltar que si bien en la actualidad existen áreas con estos suelos cultivadas con palma de aceite, lo ideal es que se mantengan como zonas de reserva ambiental, debido a la fragilidad de sus propiedades y el impacto negativo que implica su uso en actividades agrícolas.

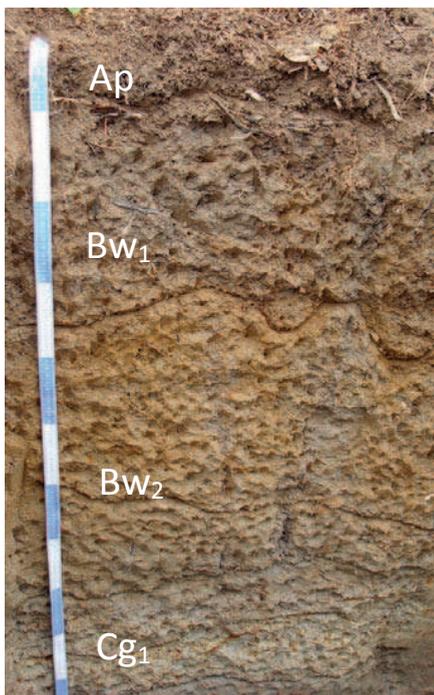
c) *Suelos de terraza:* las áreas de terraza baja presentan, por lo general, suelos jóvenes, saturados internamente con agua durante gran parte del año y que han sido enriquecidos por aportes de los ríos de la región (Figura 7). Tienen poca profundidad efectiva (<50 cm), limitada por niveles freáticos cerca de la superficie y drenaje pobre. Presentan además texturas franco arenosas a arenosas en profundidad, que facilitan la salida del agua una vez se realizan o mejoran los sistemas de drenaje. La presencia de texturas gruesas hace que la capacidad de retención de humedad sea muy baja, por lo cual las palmas pueden sufrir problemas de estrés hídrico y aparición de síntomas de deficiencias de nutrimentos en la época seca del año. La densidad aparente fluctúa entre 1 y 1,4 g/cm<sup>3</sup> considerada como valores normales para el tipo de textura predominante. Sin embargo, en los horizontes más profundos del perfil, la resistencia a la penetración se incrementa, con índices de cono que superan los 2 MPa, condición que se considera restrictiva para el desarrollo del sistema radical de los cultivos (Tabla 1).

**Figura 7.** Suelos Fluventic Endoaquepts asociados a paisajes de terraza baja.



Con respecto a las propiedades químicas, los suelos de terraza baja tienen pH que varían entre 5,8 y 6,5, siendo suelos cercanos a la neutralidad, sin problemas de acidez o aluminio tóxico para el cultivo. Otras ventajas que presentan estos suelos radican en el complejo de cambio, que si bien presenta contenidos altos de calcio (saturación del 65 %), sus contenidos de magnesio y potasio presentan contenidos adecuados (entre 17 y 25 % y entre 8 y 10 %, respectivamente). Este conjunto de propiedades químicas hace que la fertilidad disponible para el cultivo sea media a alta, siendo limitada únicamente por las condiciones fluctuantes del agua en el suelo (Tabla 2).

Por otra parte, en las terrazas medias y altas se presentan suelos jóvenes, profundos y con fertilidad natural media a alta (Figura 8). Físicamente, son imperfectamente drenados, con predominio de texturas francas a franco finas en los horizontes superficiales y arenosas en los horizontes más profundos. Presentan porosidades cercanas al 50 %, ideales para mantener un buen balance entre la fase sólida y líquida del suelo. La densidad aparente varía entre 1,11 y 1,61 g/cm<sup>3</sup> para los diferentes horizontes. A pesar de presentar horizontes con alta densidad aparente, la resistencia a la penetración es poco restrictiva para el cultivo, con valores que fluctúan entre 0,7 y 1,9 MPa en profundidad (Tabla 1).



**Figura 8.** Suelos Fluvaquentic Eutrudepts asociados a relieve de terraza media y alta.



Dentro de las propiedades químicas, los suelos de terraza alta presentan alto contenido de nutrientes y, por ende, una alta fertilidad natural dentro de sus potencialidades. No se presentan limitaciones por acidez, debido a que los contenidos de aluminio son bajos (saturación <15 %) y el pH es moderadamente ácido (5,4-6,1). Pese a esto, se presentan valores bajos de fósforo disponible (5 a 10 mg/kg),

aunque con una alta posibilidad de respuesta a su aplicación, dadas las condiciones favorables de acidez. Se presentan en ellos limitaciones por desbalance de bases, principalmente por los altos contenidos de calcio (saturación >70 %) y magnesio (saturación entre 25 y 35 %), que pueden limitar la disponibilidad de potasio para las palmas (saturación < 1,5 %) (Tabla 2).

**Tabla 1.** Propiedades físicas de los suelos de la planicie aluvial del río Mira, Zona Suroccidental.

Relieve	Suelo	Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	%A	%Ar	%L	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Dr (g/cm <sup>3</sup> )	PT (%)	RP (MPa)
Vega	Aeric Fluvaquents	Apg	0-15	FAL	3,9	29,3	66,8	1,00	2,40	57,0	0,7
		Cg1	15-50	FL	19,1	18,1	62,8	1,10	2,50	55,0	0,8
		Cg2	50-80	FL	8,2	16,4	75,4	1,20	2,50	55,0	0,8
Basines (guandales)	Terric Haplohemists	Oa	0-20	-	-	-	-	0,27	1,59	82,8	0,6
		Oe	20-38	-	-	-	-	0,14	1,22	88,2	0,4
		Ab	38-58	-	-	-	-	0,20	1,41	85,5	0,7
		2Oa	58-70	-	-	-	-	0,22	1,45	84,6	0,6
		2Oe	70-100	-	-	-	-	0,14	1,56	91,1	0,5
Terraza baja	Fluventic Endoaquepts	Ap	0-15	FA	69,6	1,7	28,7	1,03	2,42	57,2	0,8
		Bwg1	15-35	FA	72,6	3,7	23,7	1,37	2,40	43,1	0,7
		Bwg2	35-47	FA	70,6	13,4	16,0	1,36	2,49	45,5	1,0
		Cg1	47-92	-	-	-	-	1,36	2,58	47,1	2,3
		Cg2	92-110	-	-	-	-	1,40	2,81	50,3	2,8
Terraza media	Fluvaquentic Eutrudepts	Ap	0-10	F	46,3	12,5	41,2	1,22	2,53	51,8	0,7
		Bw1	10-37'	F	47,3	25,5	27,2	1,55	2,57	39,6	1,1
		Bw2	37-61	FAr	44,3	28,5	27,2	1,39	2,54	45,2	1,2
		C1	61-83	F	40,3	15,5	44,2	1,36	2,68	49,3	1,6
		Cg1	83-95	F	44,3	16,5	39,2	1,26	2,67	52,8	1,7
		Cg2	95-106	-	-	-	-	1,11	2,58	56,9	1,7
		Cg3	106-120	-	-	-	-	1,61	2,75	41,2	1,9

A: Arena; Ar: Arcilla; L: Limo; Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; PT: Porosidad total; RP: Resistencia a la penetración.

**Tabla 2.** Principales propiedades químicas de los suelos de la Zona Suroccidental.

Relieve	Suelo	Horizonte	Prof. (cm.)	pH	MO (%)	CICE (cmol (+)*Kg-1)	Saturación de bases (%)					P mg kg-1	
							K	Ca	Mg	Na	Al		Sat. bases total
Vegas	Aeric Fluvaquents	Apg	0-20	5,90	2,3	10,10	0,8	81,0	14,0	4,2	*	100,0	11,5
		Cg1	20-55	6,50	1	11,20	0,4	80,0	15,0	4,6	*	100,0	8,6
		Cg2	55-90	6,00	0,9	9,80	0,9	70,0	26,0	3,1	*	100,0	10,8
Basines (guandales)	Terric Haplohemists	Oa	0-20	4,15	61,1	14,37	2,4	74,0	8,0	3,6	11,9	88,1	10,4
		Oe	20-38	4,51	69,6	31,66	0,5	83,1	14,5	1,5	0,4	99,6	2,0
		Ab	38-54	4,88	34,6	11,69	0,5	68,3	28,1	1,6	1,4	98,6	20,8
		2Oa	54-68	4,49	54,7	17,84	0,4	63,3	33,7	1,6	1,0	99,0	1,7
		2Oe	68-80	4,36	54,3	15,47	0,6	62,6	32,8	1,4	2,5	97,5	1,3
Terraza baja	Fluventic Endoaquepts	Ap	0-15	5,86	10,5	14,41	10,5	71,6	17,3	0,6	*	100,0	33,8
		Bg1	15-35	6,28	1,69	7,35	12,8	65,7	20,4	1,1	*	100,0	9,2
		Bg2	35-47	6,53	3,28	5,93	7,9	64,9	25,5	1,7	*	100,0	7,1
Terraza media	Fluventic Eutrudepts	Ap	0-10	4,01	5,15	4,79	10,2	47,4	25,5	2,1	14,8	85,2	5,1
		Bw1	10-37	5,49	1,10	6,26	1,4	64,7	31,2	2,7	*	100,0	3,0
		Bw2	37-61	6,10	0,62	8,75	0,8	59,1	37,1	3,0	*	100,0	3,3
		Cg1	61-83	6,27	0,66	7,38	0,8	59,2	36,7	3,3	*	100,0	6,5
		Cg2	83-95	6,19	0,53	8,98	1,4	59,8	34,9	3,9	*	100,0	10,2

MO: Materia orgánica; CICE: Capacidad de intercambio catiónico efectiva.

## Suelos de piedemontes y lomeríos

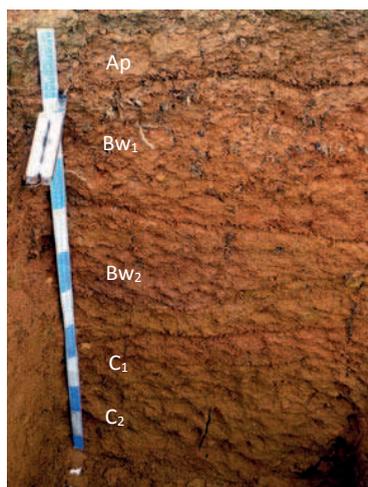
En este tipo de paisaje se identificaron tres tipos de suelos asociados a lomeríos, abanicos disectados y abanicos poco disectados.

a) *Lomeríos*: se presentan suelos moderadamente profundos a muy profundos con predominio de texturas franco arcillosas a arcillosas y buen desarrollo estructural de sus agregados (Figura 9). Son suelos naturalmente bien drenados, con densidades aparentes cercanas a  $1 \text{ g/cm}^3$  y porosidades totales superiores al 60 % que favorecen la infiltración y el movimiento del agua en el perfil. La compactación es la principal limitante a nivel físico, con una resistencia a la penetración que

asciende desde 1 MPa en los horizontes superficiales hasta 2,9 MPa en los más profundos, que pueden restringir la profundidad efectiva para el sistema radical hasta los 50 cm o menos de la superficie (Tabla 3).

Dentro de sus propiedades químicas, los suelos de lomerío son extremadamente a muy fuertemente ácidos, con pH que varían entre 4 y 5. Lo anterior unido a saturaciones de aluminio superiores al 65 % en profundidad, los bajos contenidos de fósforo ( $<2 \text{ mg/kg}$ ) y bases de cambio (sat. Ca 7 a 26 %; sat. Mg 1 a 7 % y sat. K 1 a 8 %), así como su baja capacidad de intercambio catiónica ( $<3 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$ ) limitan la oferta edáfica para el desarrollo de la palma de aceite (Tabla 4).

**Figura 9.** Suelos de lomerío y sus características fisicoquímicas



## Suelos de piedemonte

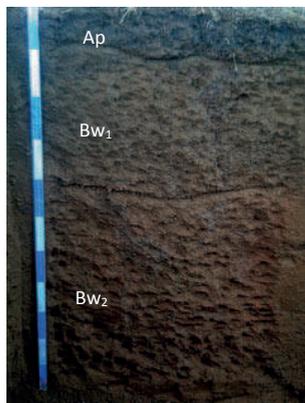
En este paisaje se encontraron suelos asociados a dos tipos de relieve:

a) *Abanicos disectados*: corresponden a suelos viejos (ultisoles), moderadamente profundos a profundos (Figura 10). Como potencialidades para el cultivo, estos suelos ofrecen una alta porosidad total ( $>59 \%$ ) con buena capacidad de drenaje y aireación, fruto de la buena conformación estructural de sus agregados y puesta en manifiesto en el predominio de colores pardos y rojizos en el perfil. Dentro de sus características relevantes se encuentran la acumulación de arcillas en los prime-

ros 50 cm de profundidad en el perfil (horizonte argílico), que puede limitar la capacidad de infiltración y el desarrollo del sistema radical de la palma de aceite.

Si bien la densidad aparente se encuentra alrededor de  $1 \text{ g/cm}^3$ , las mediciones de resistencia a penetración muestran que a profundidades cercanas a 40 cm, los valores de índice de cono pueden alcanzar 2,7 MPa, indicando una alta compactación en esos horizontes (Tabla 3).

Sin embargo, las principales limitaciones de estos suelos se dan en sus propiedades químicas, ya que son extremadamente ácidos (pH entre 3,9 y 5) con bajo contenido de cationes intercambiables y



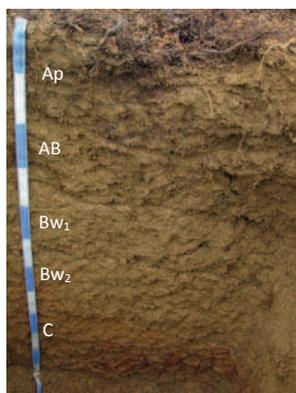
**Figura 10.** Suelos de piedemonte (Typic Hapludults) en relieve de abanico disectado.

fósforo, y baja capacidad de intercambio catiónico, lo que limita su fertilidad natural. También, las bases en este suelo se encuentran en un balance cercano al adecuado, con saturación de Ca entre 30 y 45 %, Mg entre 11 y 25 % y K entre 2 y 8 %, sin presentar problemas importantes por saturación de aluminio (entre 20 y 47 %) (Tabla 4).

*b) Abanico poco disectado:* corresponden principalmente a inceptisoles, en cuyo proceso de formación se ha presentado una constante influencia volcánica debido a su cercanía con la cordillera (Figura 11).

Producto de esta influencia, estos suelos presentan menores valores de densidad aparente que los anteriormente descritos ( $0,6$  a  $1 \text{ g/cm}^3$ ); también comparten algunas características como el predominio de texturas francas a franco arcillosas, buena estructuración, alta porosidad ( $>60 \%$ ) y buen drenaje natural en un perfil moderadamente profundo a muy profundo.

De igual manera, están limitados por problemas de compactación en profundidad, con incrementos en los valores de resistencia a penetración desde  $0,6$  a  $2,4 \text{ MPa}$  (Tabla 3).



**Figura 11.** Suelos de piedemonte (Andic Dystrudepts) en relieve de abanico poco disectado.

Así como en los abanicos disectados, las limitaciones de estos suelos están asociadas con una baja CICE ( $<2,5 \text{ cmol (+)/kg}$ ) y bajo contenido de cationes de cambio en desbalance (sat. Ca:  $<35 \%$ , sat. Mg  $<8 \%$  y sat. K entre 14 y 25 %). Adicionalmente, por tratarse de suelos extremadamente ácidos (pH entre 4,3 y 4,7), presentan

altas saturaciones de aluminio ( $>60 \%$ ) que se incrementan en profundidad y hacen que el P disponible se encuentre en niveles bajos ( $<2,5 \text{ mg/kg}$ ). Todo lo anterior deriva en bajos niveles de fertilidad natural para la palma que pueden ser restrictivos para el cultivo, si no se toman las medidas adecuadas para remediarlos (Tabla 4).

**Tabla 3.** Propiedades físicas de los suelos de piedemontes y lomeríos, Zona Suroccidental.

Relieve	Suelo	Horizonte	Prof. (cm)	Textura	%A	%Ar	%L	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Dr (g/cm <sup>3</sup> )	PT (%)	RP (MPa)
Abanicos poco disectados	Andic Dystrudepts	Ap	0-21	F - A	69,0	13,1	17,9	0,70	2,46	71,6	0,6
		AB	21-40	F - A	71,0	12,1	16,9	0,77	2,44	68,6	1,0
		Bw1	40-57	F - A	66,0	16,1	17,9	0,78	2,44	68,3	1,2
		Bw2	57-82	FAr A	57,0	29,1	13,9	0,94	2,57	63,2	2,3
		C	82-106	FArAn	53,0	28,1	18,9	1,04	2,53	58,9	2,4
Abanicos disectados	Typic Hapludults	Ap	0-10	F	46,3	25,5	28,2	0,92	2,60	64,5	0,7
		Bw1	10-41	Ar	36,3	48,5	15,2	1,05	2,60	59,6	1,5
		Bw2	41-114	FArA	54,3	25,5	20,2	0,98	2,64	62,8	2,7
Lomerío	Oxic Dystrudepts	Ap	0-10	Ar	39,9	44,5	15,6	1,19	2,46	71,6	1,0
		Bw1	10-34	Ar	43,9	42,5	13,6	1,04	2,44	68,6	1,4
		Bw2	34-56	Ar	43,9	42,5	13,6	1,01	2,44	68,3	2,1
		C1	56-70	FArA	49,9	34,5	15,6	1,01	2,57	63,2	2,4
		C2	70-77	FArA	53,9	32,5	13,6	1,05	2,53	58,9	2,9
		C3	77-100	-	-	-	-	0,94	2,64	64,2	2,8

A: Arena; Ar: Arcilla; L: Limo; Da: Densidad aparente; Dr: Densidad real; PT: Porosidad total; RP: Resistencia a la penetración.

**Tabla 4.** Propiedades químicas de los suelos asociados a piedemontes y lomeríos, Zona Suroccidental.

Relieve	Suelo	Horizonte	Prof. (cm.)	pH	MO (%)	CICE (cmol (+)*Kg-1)	Saturación de bases (%)					P mg kg-1	
							K	Ca	Mg	Na	Al		Sat. bases total (%)
Abanico poco disectado	Andic Dystrudepts	Ap	0-21	4,30	4,53	2,23	16,6	10,3	6,7	4,5	61,9	38,1	1,59
		AB	21-40	4,83	3,38	1,84	14,1	7,6	3,8	2,2	72,3	27,7	1,92
		Bw1	40-57	4,44	2,67	1,28	24,2	11,7	5,5	3,1	55,5	44,5	2,06
		Bw2	57-82	4,46	1,29	2,03	17,7	19,7	5,4	1,5	55,7	44,3	1,70
		C	82-106	4,64	1,07	1,07	15,0	36,4	7,5	2,8	38,3	61,7	1,89
Abanico disectado	Typyc Hapludults	Ap	0-10	3,98	5,93	4,41	8,6	44,0	25,6	1,6	20,2	79,8	6,82
		Bw1	10-41	4,56	2,09	3,03	2,3	48,8	17,8	10,9	20,1	79,9	3,72
		Bw2	41-110	4,91	0,76	2,04	5,4	30,4	10,3	7,4	46,6	53,4	3,62
Colinas	Oxic Dystrudepts	Ap	0-10	4,07	1,95	2,74	8,8	27,0	6,9	1,1	56,2	43,8	1,09
		Bw1	10-34'	4,49	1,43	2,45	4,1	26,1	2,4	2,0	65,3	34,7	1,42
		Bw2	34-56	4,87	0,64	2,04	2,9	11,3	1,0	5,4	79,4	20,6	1,92
		C1	56-70	5,04	0,53	1,74	2,3	8,0	1,7	7,5	80,5	19,5	1,28
		C2	70-77	4,99	0,45	1,70	1,8	7,6	1,8	4,7	84,1	15,9	1,32

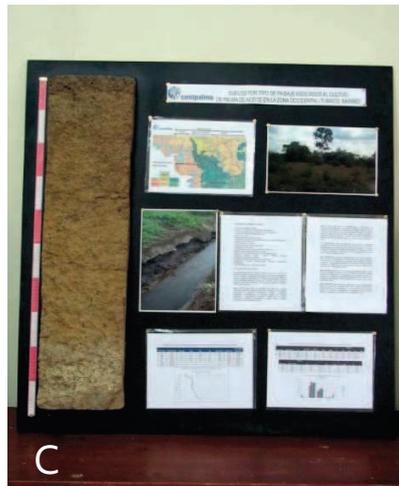
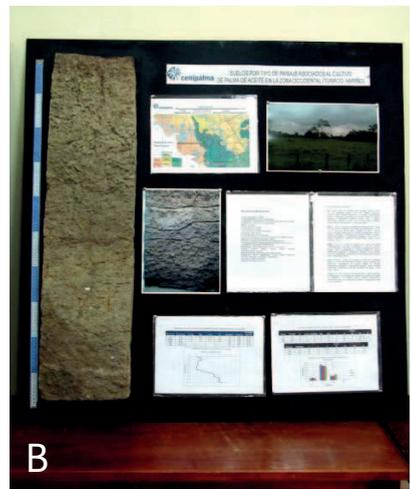
MO: Materia orgánica; CICE: Capacidad de intercambio catiónico efectiva.

## Colección de monolitos y actividades de extensión

Con el fin de acercar la información obtenida en los estudios de suelos a los palmicultores y mejorar su aprovechamiento en el manejo de los cultivos, se realizó el montaje y exhibición de seis monolitos en los diferentes paisajes identificados en la zona. Este material permite observar la complejidad y variabilidad de los suelos de la Zona Suroccidental en actividades de extensión y transferencia de tecnología (Figura 12).

Con apoyo de estas herramientas se realizó la socialización de los resultados de caracterización de suelos en actividades del Comité Agronómico de la Zona Suroccidental y por medio de cursos desarrollados dentro del marco del convenio SENA-SAC-Cenipalma, facilitando la capacitación a palmicultores, personal técnico y administrativo de las plantaciones, y organizaciones de productores de pequeña escala, en el conocimiento de los suelos de sus predios con enfoque al manejo sostenible de las plantaciones (Figura 13).

**Figura 12.** Montaje final de los monolitos de suelos por tipo de paisaje. A) Plano de inundación (Terric Haplohemist). B) Terraza baja (Fluventic Endoaquepts). C) Terraza alta (Fluvaquentic eutrudepts). D) Piedemontes (Abanico disectado: (Typic Hapludults). E) Lomerío disectado (Oxic Dystrudepts). F) Piedemontes (Abanico poco disectado: Andic Dystrudepts).



**Figura 13.** Utilización de monolitos de suelos en actividades de extensión y transferencia de tecnología, Zona Suroccidental.



## Conclusiones

Existe una marcada variabilidad en los suelos dedicados al cultivo de la palma de aceite en la Zona Suroccidental, que puede tener repercusiones importantes en la expresión del potencial productivo del cultivo. La diferenciación de tipo de paisaje y relieve permite inferir sobre la variación de los suelos y es una herramienta útil tanto en la selección de tierras aptas como en la identificación de sus limitaciones y potencialidades de uso en áreas con nuevas siembras.

De esta manera, se ha realizado un acercamiento a la identificación y caracterización de los suelos de la zona, que permitirá mejorar la definición de unidades de manejo agronómico en el cultivo de la palma de aceite. Para facilitar esto, la colección y uso de monolitos de suelos en actividades de transferencia de

tecnología ha permitido el acceso a información de primera mano, útil en la enseñanza de la ciencia del suelo, el conocimiento de sus propiedades y su aplicación al manejo y conservación.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Astorga S.A., Grupo Palmeiras Colombia S.A., Oleaginosas Salamanca S.A., Palmas de Tumaco S.A.S., Grupo Central Manigua, Palmas La Miranda Ltda., Agrigan Ltda., Palmas Santa Fé S.A., Palmar Santa Elena S.A. y a los pequeños palmicultores de Tumaco, por su apoyo logístico y técnico en el desarrollo de este trabajo; así como al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por el apoyo financiero para su ejecución.

## Referencias bibliográficas

- Centro de Información y Referencia de Suelos – CIRS (2003). *Universidad Central de Venezuela*. Disponible en: [www.cirs.ve](http://www.cirs.ve).
- Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite – Cenipalma (2005). *Diagnóstico del estado de la asistencia técnica de las alianzas estratégicas con pequeños productores de palma de aceite de Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar y Nariño*. Informe Técnico, 112 p.
- Garzón, E. (2008). Suelos de la zona occidental palmera de Colombia. En: *Curso Manejo Integrado de suelos en Palma de aceite*. Convenio de Cooperación SENA-SAC-Fedepalma. Tumaco, 18 de Junio de 2008.
- Hodgson, J. J. M. (1978). *Soil Sampling and soil description: Monographs on soil Survey*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Medio Ambiente – IDEAM (2012). *Registros de la estación climática el Mira para el periodo 1985 – 2011*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1960). *Levantamiento general de suelos de la región del río Mira*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1961). *Mineralogía sedimentaria de suelos de Tumaco, Departamento de Nariño*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1996). *Métodos analíticos de laboratorio de suelos. Quinta Edición*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Nariño*. Bogotá: IGAC.
- Méndez, M., & Rosales, A. (1986). *Colección de monolitos de suelos de la planicie lacustrina de la depresión del Lago de Valencia*. Tesis de grado. Universidad Central de Venezuela – Facultad de Agronomía, Maracay.
- Munévar, F., Romero, M., & Moreno, A. L. (1999). *Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá: Fedepalma.
- Munévar, F. (2004). Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para el cultivo de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 25(Especial Tomo II), 148-159.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2009). *Guidelines for soil description. Fourth edition*. Rome: FAO.

Owen, E. (1992). Regiones aptas para la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la costa Pacífica del departamento de Nariño. *Palmas*, 13(4), 15-20.

Owen, E. (1995). Estado de las principales características fisicoquímicas de los suelos palmeros de la región de la costa Pacífica. *Palmas*, 16(3), 29-35.

Soil Survey Division Staff – SSDS (2002). *Soil survey manual. Handbook No. 18*. United States Department of Agriculture (USDA). Washington D. C.: USDA.

Soil Survey Division Staff – SSDS (2006). *Clave taxonómica de suelos*. United States Department of Agriculture (USDA). 10 Ed. Washington D. C.: USDA.

Torres, P., Martínez, M., & Perdomo, C. (2003). Propuesta metodológica y experiencias en la preparación e impregnación de monolitos de suelo usando goma de carpintero. *Bioagro*, 15(1), 31-40.



TELÉFONO 01 800 22 22 22  
www.bancolombia.com

## Además de soluciones financieras, damos razones para sentir que TODO SE PUEDE LOGRAR

Somos personas expertas que trabajamos en equipo con nuestros clientes en el sector agroindustrial, para ofrecerles un portafolio integral de soluciones financieras y el respaldo que necesitan para asumir grandes retos.

Grupo  
**Bancolombia**  
*le estamos poniendo el alma*