



Agronomía Costarricense

ISSN: 0377-9424

rac.cia@ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Arias, Fulvio; Mata, Rafael; Alvarado, Alfredo; Serrano, Edgardo; Laguna, Jorge  
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ALGUNOS SUELOS  
CULTIVADOS CON BANANO EN LAS LLANURAS ALUVIALES DEL CARIBE DE COSTA RICA

Agronomía Costarricense, vol. 34, núm. 2, 2010, pp. 177-195

Universidad de Costa Rica

San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43620066006>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ALGUNOS SUELOS CULTIVADOS CON BANANO EN LAS LLANURAS ALUVIALES DEL CARIBE DE COSTA RICA

*Fulvio Arias<sup>I/</sup>, Rafael Mata<sup>\*\*</sup>, Alfredo Alvarado<sup>\*\*</sup>, Edgardo Serrano<sup>\*\*\*</sup>, Jorge Laguna<sup>\*\*\*\*</sup>*

**Palabras clave:** Clasificación suelos, Inceptisoles, Andisoles, química suelos, fertilidad suelos, banano, Costa Rica.

**Keywords:** Soil taxonomy, Inceptisols, Andisols, soil chemistry, soil fertility, banana, Costa Rica.

Recibido: 17/11/09

Aceptado: 15/04/10

### RESUMEN

Se realizó la caracterización morfológica, química y la clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano en las 11 cuencas hidrográficas que confluyen en las llanuras aluviales de la Vertiente Caribe de Costa Rica. Se identificaron 2 sectores con suelos que tienen propiedades morfológicas, químicas, y taxonómicas diferentes. En una zona, se encontraron principalmente Inceptisoles formados a partir de materiales fluvio-volcánicos con propiedades ándicas (Andic Eutrudepts, Aquandic Endoaquepts), Inceptisoles dístricos (Fluventic Dystrudepts) y Andisoles (Typic Hapludands); caracterizados por presentar la mayoría buen drenaje, texturas medias (franco arenosa, franca, franca limosa), una suma de bases entre 10 y 19 cmol.l<sup>-1</sup>, una CIC entre 13 y 28 cmol.l<sup>-1</sup> y carga permanente en la arcillas. En la otra zona, se encontraron principalmente Inceptisoles formados a partir de aluviones de origen sedimentario depositados por inundaciones frecuentes (Fluventic Endoaquepts, Dystric Fluventic Eutrudepts, Fluvaquentic Eutrudepts, Fluvaquentic Endoaquepts), con una suma de bases entre 18 y 46 cmol.l<sup>-1</sup>, una CIC entre 19 y 46 cmol.l<sup>-1</sup>, sin propiedades ándicas, texturas finas y moderadamente finas (franco arcillosa, franco arcilloso

### ABSTRACT

**Chemical properties and classification of soils cultivated with banana in the Caribbean lowlands of Costa Rica.** Soils from 11 watersheds planted with banana in the alluvial valleys of the Caribbean zone of Costa Rica were chemically characterized and classified. Two major soil areas were identified based on their morphological and chemical properties and taxonomic criteria. One of the areas consisted mainly of Inceptisols formed from fluvio-volcanic materials with andic properties (Andic Eutrudepts, Aquandic Endoaquepts), dystric Inceptisols (Fluventic Dystrudepts) and Andisols (Typic Hapludands), most with good drainage, medium textures (sandy loam, loam, silty loam), sum of bases 10 to 19 cmol.l<sup>-1</sup>, CEC 13 to 28 cmol.l<sup>-1</sup> and clays with permanent charge. The adjacent zone consisted mainly of Inceptisols formed from alluvial sedimentary materials deposited by frequent river floods (Fluventic Endoaquepts, Dystric Fluventic Eutrudepts, Fluvaquentic Eutrudepts, Fluvaquentic Endoaquepts), with a sum of bases 18 to 46 cmol.l<sup>-1</sup>, CEC 19 to 46 cmol.l<sup>-1</sup>, without Andic properties, textures fine to medium (clay loam, silty clay loam, clay, silty clay) and in some case with poor drainage (Endoaquepts, Epiaquepts, Fluvaquentic). Geographically, the

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: [farias@delorocr.com](mailto:farias@delorocr.com)

\* Grupo del ORO. La Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\*\* CORBANA (Corporación Bananera Nacional). Guápiles, Costa Rica.

\*\*\*\* Escuela de Geología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

limosa, arcillosa, arcillosa limosa) y con problemas de drenajes en algunos casos (Endoaquepts, Epiaquepts, Fluvaquentic). Geográficamente, estas zonas fueron separadas por la subcuenca formada por los ríos Vueltas-Silencio-Parismina, de forma que hacia el noroeste se encuentran suelos con influencia volcánica y fertilidad media, y hacia el sureste suelos sin influencia volcánica y de fertilidad alta.

2 zones were separated by the watersheds of Vueltas-Silencio-Parismina Rivers; the northwest area is highly influenced by volcanic ash deposits and has its medium fertility characteristics, while the southeast area is not influenced by volcanic ejecta and has high fertility characteristics.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano, es una de las actividades agrícolas más importantes para la economía de Costa Rica, tanto por la generación de divisas (US\$ 674 mill., año 2008), como por la generación de empleos (140 000, año 2008). Las áreas de cultivo se encuentran principalmente en las llanuras del Caribe y cubren alrededor de 40 255 hectáreas (CORBANA 2009).

La caracterización de suelos de las plantaciones bananeras en el Caribe se inicia a principios del siglo XX (Prescot 1918, Bennett 1926). Posteriormente, se hacen otros estudios de caracterización regional (Nuhn y Pérez 1967, Jiménez 1972) y otra serie de trabajos de caracterización de fincas para el programa de fomento bananero, exigidos por el Sistema Bancario Nacional y generados durante el período 1977 a 1992. La mayoría de los estudios realizados para el programa de fomento bananero llevados a cabo por profesionales nacionales y de carácter privado son de difícil acceso; sin embargo están incluidos en el Atlas de la zona Atlántica Norte de Costa Rica resumido y digitado por Stoorvogel y Eppink (1995). Los trabajos más recientes relacionados con el tema en la zona Caribe norte son los de Nieuwenhuyse (1996) en los cuales se describen las principales características ambientales de la región. Segundo Nieuwenhuyse (1996) en la zona de estudio se distinguen geomorfológicamente llanuras aluviales del Holoceno y planicies aluviales disectadas del Pleistoceno,

aunque en su mayoría son de origen muy reciente (100-5000 años), incluyen tanto suelos minerales (dominantes) como orgánicos, sometidos a tectonismo activo (Cohen et al. 1986, Nieuwenhuyse y Kroonenberg 1994). En la zona Caribe sureste, Luijckx y Zunnenberg (1992) distinguen 4 unidades fisiográficas en los sectores planos, a saber: Llanura Costera, Llanuras aluviales de los ríos grandes, Abanicos Aluviales y Cuencas de Deposición Interna, con descripción en la Llanura Costera, Typic Tropopsammets, Typic Eutropepts, Hydric y Fluvaquentic Tropofibrists y Typic Hydraquents, en la Llanura Aluvial de los ríos grandes Fluventic Eutropepts, en los Abanicos Aluviales Andic y Fluvaquentic Eutropepts, Fluvaquentic Dystropepts, Typic y Epiaquic Tropoudults y en la Cuenca de deposición Interna Typic Eutropepts y Typic Dystropepts.

La zona Caribe del país se divide en 2 grandes regiones geológicas (Dondoli et al. 1968), de manera que los suelos del sector Caribe noroeste se desarrollan sobre coladas de lava, laharas, rocas piroclásticas, ignimbritas, rocas andesíticas, basaltos, cenizas volcánicas del cuaternario y pocas rocas sedimentarias. El Caribe sureste tiene suelos derivados de materiales provenientes de depósitos marino clásticos finos, calizas locales y aluviones de origen sedimentario. Las calizas además, son la causa de la gran inestabilidad de los terrenos de la parte alta de estas cuencas (Mora 2007).

Lara (1970) y Jiménez (1972) utilizan el río Reventazón como límite geográfico entre los

2 sectores; más aún Jiménez considera que los suelos del noroeste son de fertilidad baja y los del sureste de fertilidad alta. Las llanuras aluviales del Caribe (noroeste y sureste) incluyen las principales zonas de producción de banano, distribuidas en 11 cuencas hidrográficas conformadas por ríos que nacen en las cordilleras Volcánicas, Central y Talamanca.

La edad de los suelos de la región noroeste de la zona Atlántica de Costa Rica se estima en varios trabajos, 2 de ellos emplean  $^{14}\text{C}$  (Cohen et al. 1986, Dechesne 1994) y los otros el contenido total de elementos, a partir de que el Ti es inmóvil (Nieuwenhuyse et al. 1994a,b, Nieuwenhuyse y van Bremen 1997). Cohen et al. (1986), al estudiar los depósitos de turba en la cuenca baja del río Parismina, mencionan la presencia de estratos de sedimentos de origen volcánico (cenizas) alternándose con estratos de turba; los autores datan la parte superior del segundo estrato de turba a 270 cm de profundidad en 2330 años ( $^{14}\text{C}$ ) y la parte superior del tercer estrato orgánico a 430 cm de profundidad en 3370 años ( $^{14}\text{C}$ ). Dechesne (1994), al estudiar la deposición de sedimentos aluviales en la parte media de las cuencas de los ríos Tortuguero y Jiménez, estimaron la edad de la base de los sedimentos en canales de drenaje a 200-300 cm de profundidad entre  $2200 \pm 75$  y  $2975 \pm 110$  años ( $^{14}\text{C}$ ), y correlacionaron la edad de estos sedimentos con períodos eruptivos del volcán Turrialba. De estos trabajos se deduce que: 1) los suelos en la superficie actual son mucho más jóvenes que los 2000-3000 años mencionados anteriormente, que 2) la deposición de materiales está íntimamente ligada al vulcanismo activo de la Cordillera Volcánica Central y 3) que pueden ocurrir fenómenos devastadores cada 1000 años, lo que permite enterrar gran cantidad de restos vegetales a partir de los cuales pueden formarse suelos orgánicos.

Los trabajos de Nieuwenhuyse et al. (1994a,b) y Nieuwenhuyse y van Bremen (1997) se concentran en la génesis de suelos derivados de ceniza volcánica andesítica en frentes de playa y la cabecera de la llanura aluvial de la zona Atlántica; los autores concluyen que en la

extensa llanura aluvial se presentan suelos de textura variable de menos de 2000-5000 años (Holoceno) y suelos arcillosos de más de 50 000 años en terrazas del Pleistoceno. Los suelos arenosos de los frentes de playa se consideran con menos de 500-2000 años de edad.

De acuerdo con Vargas (2004) la región Caribe de América Central presenta lluvias durante todo el año y no existe en ella una estación seca definida; en esta vertiente, la distribución de lluvias presenta 2 máximas (julio y diciembre) y 2 mínimas. En las llanuras del Caribe de Costa Rica llueven de 3915 (Puerto Limón) a 5420 (Barra del Colorado) mm.año $^{-1}$ , al ser el sector noroeste el más lluvioso; por esta razón los régimenes de humedad del suelo que se presentan son considerados como údico, perúdico y ácuico (Soil Survey Staff 2006). Como la temperatura media de toda la región es superior a los 24°C y la mayoría de las tierras están por debajo de los 300 msnm, el régimen de temperatura del suelo se considera como isohipertérmico (Soil Survey Staff 2006).

La precipitación media del sector noroeste es de 4282 mm.año $^{-1}$  y la del sector sureste 3396 mm.año $^{-1}$ ; donde Sixaola es el sector con menor precipitación (3058 mm.año $^{-1}$ ) y Sarapiquí el sector de mayor precipitación (4789 mm.año $^{-1}$ ). La temperatura máxima oscila entre 29,5 y 31,4°C; la media entre 24,5 y 26,0°C y la mínima entre 20,3 y 21,9°C. En el Cuadro 1 y la Figura 1 se detallan los datos de temperatura y precipitación de estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio.

De acuerdo con Holdridge (1996) las llanuras del Caribe se ubican en las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Tropical en el noroeste y central y Bosque Húmedo Tropical en el sureste. Sin embargo, aunque originalmente la zona estuvo cubierta de densos bosques, en la actualidad el sector comprendido entre los ríos San Juan (límite noreste de zona) y Matina, colonizado hace 300 años, tiene otro tipo de cobertura, mientras que del río Matina hacia el sureste la zona fue colonizada hace 140 años, cuando se construyó el ferrocarril (Nieuwenhuyse 1996). Alvarado

Cuadro 1. Datos climatológicos de 10 estaciones meteorológicas ubicadas en las llanuras del Caribe de Costa Rica.

Estación	Ubicación política	Años	Precipitación media (mm.año <sup>-1</sup> )	Temp. Media (°C)	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)
<b>Región noroeste</b>						
Corbana	Pococí, La Rita de Guápiles	1989-2005	4104,7	24,5	30,5	20,3
Mola 1	Pococí, Duacarí	1972-2004	3948,5	25,1	30,5	21,5
Finca 1	Sarapiquí, Horquetas, Río Frío	2000-2005	4442,2	nd	30,5	20,4
Zurquí 1	Sarapiquí, Horquetas, Río Frío	2001-2005	4787,5	nd	29,5	20,4
La Selva	Sarapiquí, Horquetas	1992-2004	4127,2	nd	30,9	21,5
<b>Región sureste</b>						
Daytonia	Talamancas, Sixaola, Daytonia	1996-2003	3157,0	26,0	31,0*	20,5*
Fortuna	Limón, Matama, Fortuna	2000-2005	3058,8	nd	31,4	21,1
Los Ríos	Limón, Rio Blanco, Bananito Sur	2003-2005	3454,0	nd	30,9	21,9
Corbana	28 Millas, Matina, Bataan	1989-2005	3586,0	24,9	30,6	20,8
Carmen 1	Siquirres, Siquirres, El Carmen	1972-2004	3785,1	25,3	30,5	21,4

\* Los datos de t max y t min corresponden a valores promedios para el año 2005.

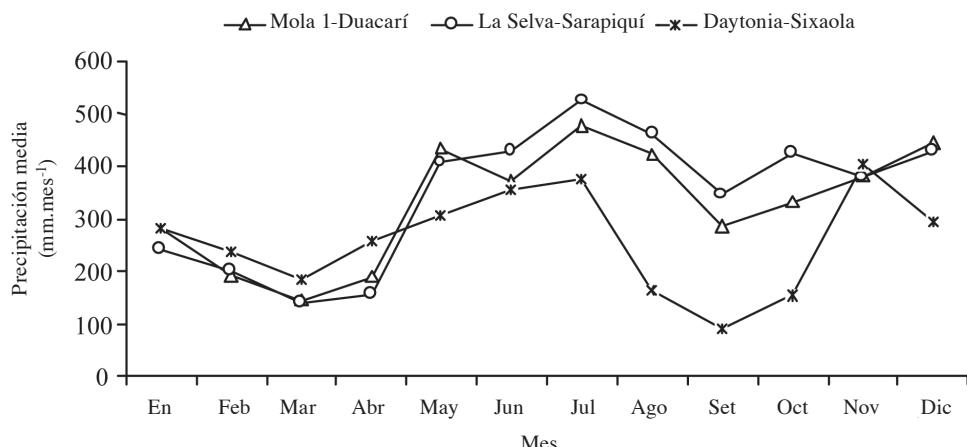


Fig. 1. Distribución de precipitación en las estaciones Mola 1, La Selva y Daytonia.

(2006) menciona que en éstas zonas de vida del piso tropical de Costa Rica es donde se produce la mayor cantidad de biomasa debido a la mayor pluviosidad y otros autores documentan los cambios que sufre esta fracción con cambios en la vegetación original (Vargas y Flores 1995, van Dam et al. 1997, Guggenberger y Zech 1999, Powers

2001 2004, Powers y Schlesinger 2002a,b, Russell et al. 2004).

En vista de que el cultivo de banano es de suma relevancia para la economía del país y que es poco lo que se ha publicado sobre las propiedades químicas, físicas y morfológicas de los suelos de esta región, el objetivo de esta investigación es

realizar una caracterización del agro ecosistema y una caracterización de los suelos en áreas cultivadas de banano en las 11 cuencas que conforman las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en fincas bananeras ubicadas en las llanuras aluviales de las cuencas hidrográficas de los ríos Sixaola, Estrella, Moín, Banano, Matina, Madre de Dios, Pacuare

y Reventazón que pertenecen a las llanuras del Caribe Sureste; y Tortuguero, Chirripó Caribe y Sarapiquí que pertenecen a las llanuras del Caribe Noroeste de Costa Rica. En la zona bananera Atlántica existen alrededor de 150 fincas con una área de 40 751 ha distribuidas en las cuencas de los ríos Sixaola (2288 ha), Estrella (1652 ha), Banano (916 ha), Moín (2665 ha), Matina (5954 ha), Madre de Dios (5886 ha), Pacuare (1611 ha), Reventazón (4087 ha), Tortuguero (9852 ha), Chirripó Caribe (2618 ha) y Sarapiquí (3138 ha). En la Figura 2 se detalla el área de influencia de cada cuenca y los sitios estudiados.

- A. Depósitos aluviales y coluviales del cuaternario
- B. Rocas sedimentarias del Mesozoico-Cenozoico
- C. Rocas volcánicas de cuaternario.  
(Según Tournon y Alvarado 1995).

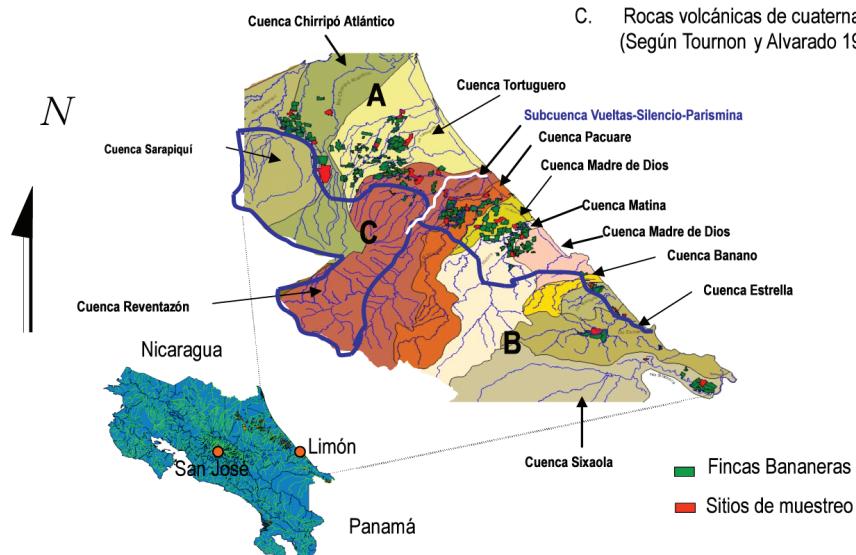


Fig. 2. Localización geográfica del área de estudio, geología y distribución de las fincas bananeras por cuenca.

### Muestreo y análisis de suelos

Para la caracterización taxonómica y química de los suelos se seleccionaron fincas con características de suelos y manejo representativas cada una de las cuencas estudiadas. Se utilizó como criterio de separación de unidades de muestreo el área de influencia de cada cuenca; aunque también se utilizó como referencia estudios de clasificación de suelos de la Región Atlántica

de varios autores, resumidos y digitados por Stoovoguel y Eppink (1995). En total se seleccionaron 24 fincas en toda la región bananera. Se seleccionó una finca en cada una de las cuencas de los ríos Estrella, Bananito y Moín; 2 fincas por cuenca en Sixaola, Matina, Madre de Dios y Sarapiquí; 3 fincas por cuenca en Pacuare, Reventazón y Chirripó y 4 fincas en la cuenca del Tortuguero (Cuadro 2).

Una vez seleccionada la finca se ubicó un suelo típico (geomorfología y manejo de cultivo) del área de estudio y se abrió una calicata para describir y hacer la descripción del perfil y la toma de muestras de suelo por horizonte genético según lineamientos de National Soil Survey Center (Versión 2 2002). La clasificación taxonómica hasta nivel de subgrupo se realizó por medio de la clave para taxonomía de suelos del Soil Survey Staff (2006). El pH en H<sub>2</sub>O, KCl y NaF, se midieron todos en relación 1:2,5, y la acidez intercambiable en KCl 1N se determinó según metodología Soil Survey Staff (2006). La

CIC se determinó con NH<sub>4</sub>OAc 1N de acuerdo con el método de Chapman (1965); el K, Ca y Mg intercambiables se extrajeron con una solución de NH<sub>4</sub>OAc 1N y se determinaron por medio de espectrofotometría con un plasma inductivamente acoplado (E-ICP); la retención de fosfatos se determinó según el método de Olsen y Sommers (1982) y el aluminio e hierro asociados con materiales amorfos fue extraído con oxalato de amonio y medido con E-ICP. La materia orgánica (MO) se estimó por el método de Walkey y Black, descrito por Nelson y Sommers (1982).

Cuadro 2. Ubicación geográfica de fincas y sitios estudiados en cuencas de las llanuras del Caribe noroeste y sureste.

Cuenca	Nombre de finca	Código	Ubicación geográfica (Provincia/Cantón/Distrito/Poblado)	Coordenadas
Caribe noroeste				
Reventazón	Banasol-ACON	RE-15	Limón, Guácimo, Rio Jiménez	10°16'14,2" N; 83°34'48,8" W
	Lomas de Sierpe	TO-16	Limón, Pococí, Roxana	10°24'57,6" N; 83°35'30,8" W
Tortuguero	Cahuita-SIELSA	TO-17	Limón, Pococí, Cariari	10°31'51,8" N; 83°57'27,2" W
	Taciafa	TO-18	Limón, Pococí, Cariari	10°25'18" N; 83°41'39,3" W
Chirripó	La Rita- CORBANA	TO-19	Limón, Pococí, Pococí, La Rita	10°15'54" N; 83°46'26" W
	Inv. Santa María del Monte	CH-20	Heredia, Sarapiquí, Puerto Viejo	10°25'48" N; 83°54'36" W
	Chiras-SIELSA	CH-21	Heredia, Sarapiquí, Puerto Viejo	10°33'07,1" N; 83°57'53,4" W
Sarapiquí	Victoria	CH-22	Heredia, Sarapiquí, Puerto Viejo	10°32'06,8" N; 83°51'38,5" W
	Inversiones Orlich	SA-23	Heredia, Sarapiquí, Horquetas	10°28'48" N; 83°00'36" W
	Rio Frío-DOLE	SA-24	Heredia, Sarapiquí, Horquetas, Rio Frío	10°17'37,5" N; 83°52'10,8" W
Caribe sureste				
Sixaola	Daytonia- CORBANA	SI-1	Limón, Talamanca, Sixaola, Daytonia	9°31'48" N; 82°39'36" W
	Platanera Rio Sixaola	SI-2	Limón, Talamanca, Sixaola, Bratsi	9°37'12" N; 82°50'24" W
Estrella	Fortuna-DOLE	ES-3	Limón, Limón, Matama, Fortuna	9°45'9,7" N; 83°00'21,9" W
Bananita	Los Ríos-DOLE	BA-4	Limón, Limón, Rio Blanco, Bananito Sur	9°53'29,3" N; 83°00'08,2" W
Moín	Montebello-ACON	MO-5	Limón, Matina, Carrandí	10°04'29,8" N; 83°14'20" W
Matina	Acumi	MA-6	Limón, Matina, Matina	10°06'52,9" N; 83°15'22,3" W
	Zent	MA-7	Limón, Matina, Carrandí	10°00'26" N; 83°15'54" W
Madre de Dios	Guaria-UNIBAN	MD-8	Limón, Matina, Bataan	10°07'45,2" N; 83°18'55,6" W
	San Pablo-CORBANA	MD-9	Limón, Siquirres, Pacuarito	10°07'12" N; 83°22'48" W
Pacuare	Nueva Esperanza-SUNISA	PA-10	Limón, Siquirres, Siquirres	10°13'28" N; 83°21'53" W
	Imperio- BANDECO	PA-11	Limón, Siquirres, Siquirres	10°10'48" N; 83°25'12" W
	Siquirres	PA-12	Limón, Siquirres, Siquirres	10°07'48" N; 83°28'48" W
Reventazón	Carmen 1- BANDECO	RE-13	Limón, Siquirres, Siquirres, El Carmen	10°12'36" N; 83°28'47" W
	Catalina-SIELSA	RE-14	Limón, Siquirres, El Cairo	10°13'48" N; 83°28'40" W

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos estudiados permiten caracterizar las condiciones edáficas más representativas de las fincas bananeras, ubicadas en las cuencas de los ríos Chirripó Caribe, Sarapiquí, Tortuguero y Reventazón de las Llanuras de Caribe noroeste y los ríos Pacuare, Madre de Dios, Matina, Moín, Banano, Estrella y Sixaola de las Llanuras del Caribe sureste (Cuadro 3).

### Morfología

Las principales características morfológicas de los suelos estudiados del norte están definidas por deposiciones coluvio-aluviales de origen volcánico; con secuencias de horizontes con cambios texturales abruptos, contenidos de materia orgánica que varían de forma irregular con la profundidad de los diferentes perfiles, presencia de lechos de río y desechos de plástico enterrados (localmente conocidos como bolsas, piola o pita). Así mismo, sus horizontes reflejan características heredadas de cenizas y otros materiales volcánicos, tales como baja densidad aparente, consistencia friable, texturas medias y colores oscuros.

En general estos suelos presentan un epipedón úmbrico sobre un endopedón cámbico con una secuencia normal de los horizontes Ap-Bw-Cg. El epipedón, normalmente está modificado por actividades humanas de manera que se reconoce como un horizonte Ap, de color pardo a pardo oscuro, con estructura en forma de bloques subangulares y un grosor promedio de 16 cm, con mínimos de 10 cm y máximos de 40 cm. Los horizontes subsuperficiales son de color pardo amarillento oscuro con moteos grises (Bw) y gleización (Bg, Cg) con una gran variación en el grosor; con mínimo de 4 cm y máximo de 78 cm. Los horizontes Bw denotan desarrollo estructural, escasa acumulación de arcillas, estructura en forma de bloques subangulares; los Bg y Cg normalmente carecen de estructura y si la poseen es de bloques de débil desarrollo. El proceso de gleización es causado por la presencia de un drenaje interno lento combinado con niveles

freáticos altos, típicos de regiones aluviales con sistemas hídricos meándricos con empozamiento y saturación del suelo y adicionalmente mal funcionamiento del sistema de drenaje, por mal diseño o falta de mantenimiento. Se encontraron 2 horizontes enterrados (Ab) producto de las frecuentes inundaciones (Andic Eutrudepts, perfiles 3 a 5) y 2 suelos con horizontes parcialmente compactados sin que presentaran restricción al crecimiento de raíces (Fluventic Endoaquepts, perfil 4; Fluvaquentic Eutrudepts, perfil 5).

La mayoría de los suelos presentaron condiciones aceptables para el crecimiento de las raíces, las cuales se observaron hasta 1,5 m de profundidad, distribuidas en su mayoría en los horizontes Ap y Bw, con excepción de algunos suelos con presencia de horizontes gleizados. En los suelos bien drenados la profundidad efectiva fue mayor a 90 cm, valor definido como ideal para el crecimiento del banano por Jaramillo y Vásquez (1980), aunque otros autores (Araya y Blanco 2001, Araya et al. 1998) reportan que el sistema radical del banano se distribuye principalmente en los primeros 60 cm de profundidad. Los suelos mal drenados presentan algún grado de características redoximórficas y gleización (horizontes Bg ó Cg), como es el caso del Fluventic Endoaquepts, perfil 4. En estos suelos es necesario diseñar sistemas de drenaje de alto costo, siempre y cuando posean características tales que los hagan aptos para el cultivo de banano.

En el sector sureste la morfología de los suelos está definida, al igual que en los suelos del norte, por su origen aluvial en un ambiente hidrológico meándrico de origen sedimentario marino, lo que causa condiciones de drenaje deficiente y clases texturales medias a finas, las cuales son producto de deposiciones muy lentas de sedimentos o no turbulentas, tal cual describen para la zona Luijckx y Zunnenberg (1992).

En general, estos suelos se distinguen por tener un epipedón úmbrico sobre un endopedón cámbico. Los horizontes Ap poseen estructura de bloques subangulares, con un grosor medio del horizonte de 13 cm, con mínimos de 5 cm y máximos de 22 cm. Los horizontes

Cuadro 3. Características morfológicas, químicas y físicas de algunos suelos cultivados con banano, ubicados en 11 cuencas hidrográficas de las Llanuras del Caribe de Costa Rica.

Perfil	Hor	Prof. (cm)	Color húmedo	Tex (1) g·cc <sup>-1</sup>	Dap g·cc <sup>-1</sup>	pH		NaF	MO% (cmol·l <sup>-1</sup> )	Σ bases PSB <sup>(a)</sup>	CIC (cmol·l <sup>-1</sup> )	Ret. fosfatos	Fe <sub>o</sub> (b)	Al <sub>o</sub> (b)	Al <sub>o</sub> + 1/2 Fe <sub>o</sub>	
						H <sub>2</sub> O	KCl									
SI-1	Ap	0-19	10YR 3/2 10YR 4/3	FAL	1.00	5.9	4.4	74	3.4	35.0	100.0	45.6	0.93	0.49	1.0	
	Bw1	19-52	10YR 4/4 10YR 6/2, 10% Moteos 10YR 4/4, 20% Moteos 10YR 6/2, 10% Manchas 10YR 4/6	A AL	1.05	6.5	4.5	74	2.8	33.4	36.8	100.0	46.4	1.13	0.51	1.1
	Bw2	52-118	10YR 4/4, 20% Moteos 10YR 6/2, 10% Manchas 10YR 4/4, 5% 10YR 4/6	FAL	1.20	6.5	4.3	7.5	1.7	33.4	36.5	109.1	42.0	1.03	0.42	0.9
	Bw3	118-200	10YR 6/2, 30% Manchas 10YR 4/4	FAL	1.00	6.4	-	-	1.5	29.4	35.2	100.0	40.2	1.08	0.35	0.9
	Bz1	20-50	10YR 6/2, 30% Manchas 10YR 4/3	FAL	1.00	-	-	-	1.4	25.4	33.5	100.0	35.8	1.05	0.30	0.8
	Bz2	50-150	10YR 4/3	FAL	0.90	6.1	4.5	7.3	5.1	37.9	38.2	100.0	36.2	0.8	0.4	0.8
SI-2	Ap	0-7	10YR 4/3	FAL	1.00	6.4	4.4	7.3	2.1	27.9	31.9	100.0	31.9	0.8	0.4	0.8
	Bw1	7-27	10YR 4/3	FAL	1.00	6.6	4.5	7.4	2.1	32.5	30.1	100.0	33.3	0.8	0.4	0.8
	Bw2	27-34	10YR 4/3	F	1.12	6.5	4.7	7.4	1.3	27.4	30.4	100.0	28.6	0.7	0.3	0.7
	Bw3	34-51	10YR 4/4	F	1.00	6.5	4.5	7.6	0.9	20.4	23.9	100.0	26.0	0.6	0.3	0.6
	Bw4	51-80	10YR 4/4	FL	1.05	6.5	4.8	7.5	1.4	26.9	29.1	100.0	31.5	0.6	0.4	0.8
	Bw5	80-105	10YR 4/4	AL	1.00	6.6	-	-	0.8	25.9	30.4	100.0	35.6	0.6	0.4	0.7
ES-3	Ap	0-5	10YR 3/1	FAa	1.26	6.4	5.3	7.4	4.7	36.2	36.8	100.0	35.6	0.8	0.2	0.6
	Bw1	45-53	10YR 4/4	FAa	1.36	6.2	4.0	7.6	1.2	29.6	34.5	100.0	29.4	0.5	0.3	0.6
	Bw2	53-70	10YR 4/4	FAa	1.31	6.2	4.2	7.6	1.2	33.2	38.7	100.0	26.9	0.5	0.3	0.5
	C1	70-100	10YR 4/4	A	1.37	6.6	4.1	7.2	0.7	34.2	39.0	100.0	31.3	0.4	0.3	0.4
	C2	100-140	10YR 4/4	A	1.39	6.8	-	-	0.2	28.6	34.8	100.0	20.4	0.4	0.3	0.5
	Bw1	10-23	10YR 4/3	A	1.06	5.0	4.05	3.43	7.34	44.7	32.1	71.8	44.6	1.23	0.32	0.9
BA-4	Bg1	23-50	10YR 5/1, Manchas 4-0% 10Yr 5/6	A	1.00	6.20	4.8	7.56	1.72	34.2	35.8	100.0	31.3	0.90	0.28	0.7
	Bg2	50-76	10YR 5/2, Manchas 20% 10	A	1.00	6.38	5.13	7.68	1.88	39.7	41.7	100.0	34.8	0.99	0.28	0.8
	Bz3	76-110	Mezcla 50% 10YR 5/2, 50% 10YR 4/8	A	1.25	6.57	5.36	7.68	1.93	34.7	41.8	100.0	34.9	1.07	0.28	0.8
	Bz4	110-140	10YR 6/1, Manchas 30% 5YR 4/6	A	1.15	6.78	5.46	7.96	1.93	40.2	42.3	100.0	40.1	1.29	0.31	1.0
	Cg	140-170	10YR 4/4, Gley 5/1, N	A	1.10	7.84	-	-	1.70	35.2	42.7	100.0	44.5	1.98	0.32	1.3
	Ap	0-12	10YR 6/1, Manchas 25% 10YR 4/4	A	1.12	4.5	3.3	7.7	1.8	32.2	44.7	100.0	42.5	1.22	0.29	0.9
MO-5	Bz1	12-40	10YR 6/1, Manchas 25% 10YR 4/4	A	1.23	5.5	3.8	7.7	0.9	29.6	33.4	100.0	39.1	1.5	0.4	1.2
	Bz2	40-54	10YR 5/2, Manchas 20% 10YR 4/4	A	1.04	5.5	4.1	8.0	2.6	33.7	32.9	97.8	46.0	1.7	0.4	1.3
	Bz3	54-144	10YR 6/1, Manchas 40% 10YR 5/6	A	1.15	6.4	4.2	7.7	0.7	27.1	35.1	100.0	39.2	1.6	0.4	1.2
	Bz4	144-200	10YR 6/2, Manchas 40% 10YR 6/6	Aa	1.22	6.8	-	-	0.3	24.1	30.1	100.0	40.1	1.0	0.3	0.8
	Ap	0-18	10YR 4/5, Moteos 40% 10YR 5/2, Manchas 20% 10YR 6/8	FAL	1.00	6.0	4.8	7.7	2.0	31.2	35.0	100.0	36.8	1.4	0.5	1.1
	Ab	18-31	10YR 4/2, Manchas 10% 10YR 5/8	FAL	1.08	6.2	4.9	7.6	3.2	32.2	36.8	100.0	42.6	1.4	0.7	1.3
MA-6	Bz1	31-47	10YR 5/1, Manchas 40% 7.5YR 5/8, Mezcla 50% 10YR 5/6, 10YR 5/1	FAL	1.16	6.2	4.8	7.7	2.0	30.2	33.6	100.0	39.6	1.5	0.6	1.3
	Bz2	47-84	10YR 6/1, Manchas 15% 5/6	A	1.12	6.7	5.1	7.9	0.9	30.2	34.6	100.0	35.0	1.2	0.5	1.0
	Bz3	84-160	10YR 6/1, Manchas 15% 5/6	FAL	1.12	6.7	5.1	7.9	1.2	30.7	38.1	100.0	38.4	1.8	0.6	1.4
	Ap	0-12	10Yr 4/3	FA	1.11	4.7	3.4	7.4	3.9	33.9	19.6	100.0	57.9	46.1	1.0	0.5
	Bw1	12-35	10Yr 4/4	FA	1.16	5.3	3.6	7.5	2.1	34.4	29.0	84.4	35.2	0.9	0.5	1.9
	Bw2	35-76	10Yr 4/4, Moteos 10% 10YR 5/2, 30% 10YR 6/2	FA	1.13	6.2	4.1	7.5	1.4	37.9	35.4	93.3	31.6	1.0	0.4	0.9
MA-7	Bw3	76-120	10Yr 4/4, Manchas 30% 10YR 5/6	AL	0.97	6.6	-	-	0.5	42.5	47.3	100.0	32.5	1.1	0.5	1.1
	Bw4	120-145	10YR 4/4, Manchas 5% 2.5YR 5/6	AL	0.94	6.7	-	-	0.7	25.9	28.8	100.0	26.8	0.8	0.4	0.8
	Bw5	145-180	10YR 5/3, Manchas 5% 2.5YR 5/6	FL	1.26	6.8	-	-	1.0	25.9	31.8	100.0	28.6	1.0	0.4	0.9
	Ap	0.22	10YR 4/3, Moteos 10% 7/2	FA	1.00	4.3	3.1	7.2	2.7	24.5	29.4	100.0	69.3	nd	nd	0.0
	Bw1	22-50	10YR 4/4, Moteos 10% 7/2	FAL	1.02	6.1	4.1	7.7	1.2	44.5	46.1	100.0	39.2	1.1	0.5	1.0
	Bz1	50-76	10YR 4/4, Moteos 10% 10YR 5/2, 30% 10YR 6/2	FA	1.06	6.4	4.1	7.7	1.1	45.6	46.6	100.0	37.9	1.0	0.4	1.0
MD-8	Bz2	76-126	10YR 6/2, Manchas 40% 10YR 3/6	AL	0.97	6.6	-	-	0.5	42.5	47.3	100.0	nd	nd	0.0	0.0
	Bz3	126-180	10YR 6/1, Manchas 30% 10YR 3/6	AL	0.94	6.7	-	-	1.2	50.0	51.9	100.0	nd	nd	0.0	0.0
	Cg	180-200	10YR 5/3, Gley 5/ Y	A	0.79	-	-	-	5.1	54.9	100.0	nd	nd	nd	nd	0.0
	Ap	0-10	10YR 4/3	FA	0.84	4.5	3.3	7.2	3.3	49.6	29.6	100.0	58.5	1.1	0.5	1.1
	Bw1	10-35	10YR 4/4, Manchas 40% 10YR 5/8	FA	1.03	4.9	3.5	7.3	1.4	46.1	39.4	100.0	52.6	1.1	0.4	1.0
	Bw2	35-78	10YR 5/3, Manchas 40% 10YR 5/8	FAL	1.03	5.8	4.0	7.4	1.4	45.3	46.4	98.3	46.4	1.1	0.4	1.0
MD-9	Bw3	78-90	10YR 5/2, % Moteos 50% 10YR 5/8	A	1.0	6.3	4.2	7.5	0.8	42.5	43.5	100.0	38.7	1.3	0.4	1.1
	Bw4	90-130	10YR 5/8, Moteos 30% 10YR 6/1	aF	1.15	6.7	-	-	0.3	33.5	36.2	100.0	21.0	0.8	0.2	0.7

A: Arcilla, FA: Arena, F: Franco, FAa: Franco arcillo arenoso, FAL: Franco arcillo limoso, FL: Franco arcillo limoso, AA: Arcillo arenoso; (a) Porcentaje saturación de Bases, (b) Hierro y Aluminio extraído en Oxalato de Amonio.

Cuadro 3. Características morfológicas, químicas y físicas de algunos suelos cultivados con banano, ubicados en 11 cuencas hidrográficas de las llanuras del Caribe de Costa Rica.

Perfil	Hor	Prof. (cm)	Color húmedo	Tex <sup>(1)</sup>	Dap <sup>(2)</sup>	pH	H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	MO %	CIC (cmol <sup>(3)</sup> l <sup>-1</sup> )	$\Sigma$	PSB <sup>(4)</sup> bases	Ret. Fe <sub>o</sub> (%)	Al <sub>o</sub> (%)	Al <sub>o+</sub> 1/F <sub>Fe<sub>o</sub></sub>
PA-10	Ap	0-18	10YR 4/2	FA	0.84	4.5	3.8	7.2	3.3	49.6	29.6	59.7	58.5	1.1	0.5	1.1
	Bwl	18-68	10YR 4/4	FA	1.03	4.9	4.2	7.6	1.4	46.1	39.4	85.5	52.6	1.1	0.4	1.01
	Bg1	68-113	10YR 6/2, Moteos 5% 10YR 6/4	A	1.03	5.8	4.2	7.5	1.4	46.1	45.3	98.3	46.4	1.1	0.4	0.97
	Bg2	113-160	10YR 6/2, Moteos 40% 10YR 4/4, 5% 10YR 5/6	A	1.10	6.3	-	-	0.8	42.5	43.5	100.0	38.7	1.3	0.4	1.1
	Bg3	160-210	10YR 6/1, Moteos 4/4	A	1.15	6.7	-	-	0.3	33.5	36.2	100.0	21.0	0.8	0.2	0.7
	A/C	0-8	10YR 5/3, moteos gley	F	1.16	7.8	6.9	7.9	1.7	23.6	43.6	100.0	38.0	0.8	0.3	0.8
PA-11	C1	8-19	10YR 5/3	FA	1.15	7.9	6.9	7.9	0.8	28.1	41.7	100.0	34.2	0.9	0.3	0.7
	C2	19-25	10YR 5/3	FL	1.11	7.8	6.8	9.2	1.0	24.6	44.6	100.0	36.7	0.7	0.3	0.7
	C3	25-34	10YR 5/3	F	1.15	7.9	6.9	8.0	1.8	29.1	47.8	100.0	39.2	0.7	0.3	0.7
	Ab	34-43	10YR 4/3	F	0.97	7.8	6.7	8.0	2.3	27.1	41.4	100.0	33.8	0.7	0.3	0.7
	C4	43-63	10YR 5/3	FA	1.13	7.9	6.6	7.8	0.7	22.1	36.9	100.0	33.0	0.8	0.3	0.7
	C5	63-70	10YR 5/3	FA	1.00	7.7	6.4	7.9	1.0	27.1	36.9	100.0	33.0	0.9	0.3	0.8
PA-12	Bwl	70-88	10YR 4/3	FA	-	7.9	6.3	7.8	1.0	26.1	37.3	100.0	35.8	0.7	0.3	0.7
	Bg	88-96	10YR 6/2	F	-	7.6	-	-	2.4	34.7	42.2	100.0	43.8	0.8	0.3	0.7
	Bw2	96-141	10YR 4/3	F	-	7.9	-	-	0.9	26.1	39.7	100.0	40.1	0.7	0.3	0.7
	C6	141-156	10YR 5/3	aF	-	7.9	-	-	0.3	21.1	29.7	100.0	28.6	0.7	0.3	0.7
	Bw3	156-161	10YR 5/3	Fa	-	8.0	-	-	0.4	20.1	34.0	100.0	31.3	1.1	0.3	0.8
	Bw4	161-181	10YR 5/3	Fa	-	8.0	-	-	0.5	25.1	36.8	100.0	34.0	0.7	0.3	0.7
PA-13	Ap	0-20	10YR 2/2	F	0.86	6.7	6.2	7.3	4.5	26.0	29.6	100.0	23.7	1.6	0.3	1.1
	Bwl	20-23	10YR 2/2	FAa	1.13	6.5	5.2	7.6	1.6	21.9	22.6	100.0	35.9	1.3	0.4	1.0
	Bw2	23-57	10YR 3/3	F	1.14	6.4	5.0	7.4	1.4	22.4	23.3	100.0	28.0	1.4	0.3	1.0
	C1	57-70	10YR 4/6, Moteos 5% 10YR 6/6	Fa	1.00	6.7	5.0	7.5	0.5	14.9	18.0	100.0	18.8	1.6	0.2	1.0
	Bw3	70-83	10YR 4/4, Moteos 5% 10YR 6/6	F	1.37	6.7	5.3	7.5	1.3	25.5	28.3	100.0	36.5	1.3	0.3	1.0
	Bw4	83-113	10YR 3/4, 20% 10YR 5/1	Fa	0.95	6.8	5.3	7.5	1.0	18.9	18.5	97.8	27.7	1.5	0.3	1.1
PA-14	Bw5	113-123	10YR 3/2	Fa	1.05	6.7	-	-	0.6	16.4	18.0	100.0	23.1	1.8	0.3	1.2
	Ab	123-150+	10YR 4/3	Fa	-	6.9	-	-	0.6	10.4	13.9	100.0	14.2	2.1	0.2	1.3
	Ap	0-10	10YR 4/4	F	0.94	5.2	3.8	7.4	1.8	20.4	18.8	91.9	32.6	0.7	0.3	0.6
	Ab	10-23	10YR 4/3	Fa	0.96	6.6	5.4	7.4	3.2	25.5	27.7	100.0	34.2	0.7	0.3	0.7
	Bwl	23-47	10YR 4/4	FAL	1.14	6.6	5.0	7.4	1.2	22.9	22.9	99.8	33.1	0.7	0.3	0.6
	Bw2	47-115	10YR 4/4	F	1.08	6.8	4.8	7.5	0.4	17.9	20.5	100.0	28.3	0.7	0.2	0.6
RE-13	Cl	115-190	10YR 4/3	A	1.28	7.0	-	-	0.2	9.9	10.8	100.0	13.2	1.6	0.2	1.0
	Ap	0-10	10YR 4/4	F	1.00	5.2	3.7	7.6	1.4	22.4	14.9	66.3	38.3	1.3	0.4	1.0
	Bwl	10-25	10YR 4/3	F	0.97	7.2	6.4	7.6	2.8	30.5	38.8	100.0	43.4	1.2	0.4	1.0
	Bw2	25-45	10YR 4/4	F	0.84	7.3	6.3	7.7	2.0	29.5	34.0	100.0	42.2	1.1	0.4	0.9
	Bw3	45-60	10YR 5/2, Manchas 40% 10YR 4/4	Fa	0.94	6.7	5.7	7.6	0.6	20.4	22.5	100.0	25.3	1.1	0.2	0.8
	Bw4	60-90	10YR 4/4, Manchas 30% 2.5 YR 3/4	AL	1.07	7.0	5.7	7.6	2.5	29.5	34.0	100.0	48.9	0.9	0.4	0.9
RE-14	Bw5	90-160	10YR 4/4	FAL	1.06	6.8	-	-	2.1	31.5	34.8	100.0	40.9	0.9	0.4	0.9
	Bw6	160-200	10YR 4/4	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ap	0-10	10YR 3/3, Manchas 10% 5YR 3/4, 5% 10YR 6/2	FA	1.22	5.8	4.8	7.4	3.9	27.5	19.6	71.4	41.6	1.2	0.4	1.0
	Bw	10-34	10YR 6/2, Moteos 3% 10YR 6/1	FA	1.04	6.3	4.6	8.0	1.4	20.4	17.6	86.3	41.0	1.0	0.3	0.8
	CB	34-52	10YR 6/2, Manchas 40% 10YR 5/8, 5% 10YR 4/6	FA	1.30	6.3	4.5	8.0	0.7	18.4	15.5	84.4	31.3	0.7	0.2	0.6
	Cg1	52-79	10YR 7/1, Manchas 10/5 10YR 4/6	A	1.11	6.4	4.4	7.9	1.1	27.5	24.3	88.3	39.0	0.7	0.3	0.7
RE-15	Cg2	79-90	10YR 7/1, 30% 10YR 5/1 y 10% 10YR 5/6	F	1.13	6.5	4.5	7.7	0.6	16.4	14.5	88.0	25.9	0.6	0.2	0.5
	Cg3	90-111	Mercel 10YR 5/1 y 10YR 4/6	Fa	-	6.7	4.6	7.5	0.4	9.4	9.9	100.0	10.1	1.0	0.1	0.6
	Cg4	111-126	10YR 4/5, 20% 10YR 5/2	Fa	-	6.7	-	-	0.4	9.9	11.4	100.0	6.6	0.7	0.1	0.4
	Cg5	126-131	Mercel 10YR 5/2, 10YR 6/1	FL	-	6.7	-	-	0.6	15.9	17.2	100.0	13.6	0.4	0.1	0.3
	Cg6	131-163	10YR 7/1	AL	-	6.7	-	-	0.8	26.0	27.2	100.0	25.0	0.6	0.2	0.5
	Cg7	163+	GI 3/N	A	-	6.0	-	-	2.5	23.5	22.6	96.3	57.4	0.9	0.4	0.8

CUADRO 3. Características morfológicas, químicas y físicas de algunos suelos cultivados con banano, ubicados en 11 cuencas hidrográficas de las llanuras del Caribe de Costa Rica.

Perfil	Hor	Prof. (cm)	Color	humedo	Tex <sup>(1)</sup>	Dap g cc <sup>-1</sup>	pH		Σ bases (cmol L <sup>-1</sup> )	MO% NaF	CIC fosfatos	PSB <sup>(a)</sup> bases	Ret. F <sub>E<sub>b</sub></sub> (%)	Al <sub>o</sub> 1/2 F <sub>E<sub>b</sub></sub>		
							H <sub>2</sub> O	KCl								
TO-16	Ap	0-18	10YR 4/3	10YR 4/3	0.75	6.3	5.1	7.6	6.8	27.9	63.3	87.6	1.7	2.5		
	Bw1	18-60	10YR 4/4	10YR 4/4	0.65	5.8	5.0	10.2	3.4	44.0	23.9	99.1	1.8	4.0		
	C	60-85	10YR 6/2	10YR 6/2	0.65	5.8	4.4	8.7	0.8	25.2	25.2	99.1	1.8	2.3		
	Bw2	85-97	10YR 4/4	10YR 7/1	1.18	5.8	4.8	10.3	0.5	26.4	17.9	68.0	0.9	0.8		
	Bg1	97-116	10YR 7/1	10YR 7/2	1.17	5.4	-	-	0.5	24.4	20.1	82.4	0.7	0.6		
	Bg2	116-125	10YR 7/2	10YR 7/2	1.02	5.5	-	-	0.5	24.9	17.4	70.0	0.7	0.5		
TO-17	Bg3	125-130	10YR 7/2	Manchas 30%	4/5	F	1.10	5.3	-	0.8	25.4	21.5	84.9	1.0	0.6	
	Ap	0-20	Tor 4/3	10YR 4/3	Fa	1.00	6.2	5.0	7.9	3.9	23.6	16.3	69.2	49.4	0.9	
	Bw1	20-39	10Yr 4/4	10Yr 4/4	Fa	1.04	6.3	4.7	8.1	1.0	12.1	10.2	45.9	0.9	0.3	
	Bw2	39-57	10Yr 4/4 25% Moteos en 10YR 6/1	10Yr 4/4 25% Moteos en 10YR 6/1	Fa	1.14	6.3	4.6	7.9	0.9	13.1	10.9	83.3	42.8	0.3	
	Bg1	57-78	10YR 6/1 25% 10YR 5/6	10YR 6/1 25% 10YR 5/6	F	1.24	6.4	4.6	7.9	1.1	17.1	13.4	78.5	46.6	0.3	
	Bg2	78-90	10YR 5/6 30% 10YR 5/6	10YR 5/6 30% 10YR 5/6	F	1.17	6.6	4.6	7.8	0.6	14.6	12.4	85.4	34.1	0.2	
TO-18	Bg3	90-120	10YR 5/6 25% 10YR 5/6	10YR 5/6 25% 10YR 5/6	Fa	1.39	6.7	-	-	0.4	13.6	10.5	77.3	21.9	0.7	
	Ap	0-12	10YR 4/3	10YR 4/3	Fa	0.89	6.2	5.3	7.4	5.3	30.5	10.5	93.0	17.0	0.5	
	Bw1	12-45	10YR 4/4	10YR 4/4	Fa	0.97	6.2	4.8	8.1	2.2	25.5	18.1	86.3	70.1	1.3	
	Bw2	45-67	10YR 4/4	10YR 4/4	F	1.08	6.1	4.3	7.8	1.0	20.4	16.5	80.7	56.1	0.4	
	Bw3	67-78	10YR 5/1	Manchas 30%	5/2	FL	1.13	6.3	4.4	7.8	0.7	18.9	17.5	92.5	46.9	1.4
	Bg1	78-90	10YR 5/6	Meteos 30%	10Yr 5/2	FL	1.14	6.5	4.4	7.6	0.7	20.4	21.3	104.1	37.1	0.2
TO-19	Cg1	90-100	10YR 5/6 30% 10YR 5/6	10YR 5/6 30% 10YR 5/6	F	1.13	6.5	-	-	0.5	18.9	19.2	98.0	34.3	0.0	
	Cg2	100-115	Mezcla 2.5YR 10YR 5/6 y 10YR 4/3	Mezcla 2.5YR 10YR 5/6 y 10YR 4/3	F	1.25	6.4	-	-	0.4	10.4	10.2	101.5	32.5	0.2	
	Cg3	115-143	10YR 5/1	Manchas 10YR 5/6	FL	1.16	6.8	-	-	0.5	13.4	16.3	25.1	1.0	0.6	
	Cg4	143-153	10YR 5/1	10YR 5/1	FL	1.21	6.6	-	-	0.5	13.4	16.3	12.0	18.3	0.1	
	Cg5	153-159	4/N glej	10YR 5/1	FL	1.08	5.6	-	-	0.7	14.4	16.8	116.4	31.2	1.2	
	Cg6	159-174	10YR 5/1	10YR 5/1	F	1.03	5.4	4.0	8.8	4.1	24.5	9.6	39.3	77.5	1.7	
TO-19	Ap	0-15	10YR 3/2	10YR 3/2	F	1.13	6.0	4.4	8.7	2.3	15.0	15.1	58.1	10.6	1.8	
	Bw1	15-90	10YR 3/2	10YR 3/2	A	1.16	6.3	-	-	1.0	15.4	5.6	36.6	72.2	1.3	
	Bw2	90-120	10YR 4/3	10YR 4/3	Fa	0.97	6.1	-	-	0.8	21.4	12.8	59.5	69.9	1.7	
	Bw3	120-145	10YR 4/4	10YR 4/4	F	1.06	6.1	4.4	7.6	3.4	18.4	18.4	85.8	57.0	0.5	
	Ap	0-40	Mezcla 10YR 5/1 y 10YR 4/4	10YR 5/1 y 10YR 4/4	FAL	1.06	6.1	4.7	8.4	2.7	29.1	11.5	39.5	2.1	0.5	
	CH-20	40-90	10YR 4/4	10YR 4/4	FL	0.88	6.5	4.8	8.7	1.7	20.4	17.5	85.9	50.3	0.1	
CH-21	AB	90-105	10YR 4/3	10YR 4/3	FL	0.96	6.5	4.9	8.0	1.9	20.4	18.8	92.9	55.2	1.3	
	AB	105-145	10YR 4/4	10YR 4/4	FL	1.06	6.5	-	-	0.9	18.4	15.5	84.1	43.9	1.4	
	Bw1	145-200	10YR 5/2	Manchas 40%	5/6	FL	1.00	6.7	-	-	0.9	18.4	17.4	94.7	35.5	1.2
	Ap	0-14	10YR 5/1	10YR 4/3	F	1.27	5.0	3.9	7.6	0.7	27.6	16.0	57.7	68.3	1.6	
	Bg1	14-43	10YR 5/1	Manchas 40%	2.5YR 3/6	FAa	0.96	4.7	3.8	8.4	2.7	29.1	11.5	39.5	2.1	0.5
	Bg2	43-75	10YR 5/6	Meteos 20%	10YR 6/1	FAa	0.79	5.6	4.4	8.1	1.3	23.6	19.6	63.5	24.4	1.6
CH-22	Bg3	75-130	10YR 6/1	Manchas 45%	7.5YR 5/8	FAa	0.01	6.1	4.5	7.9	0.8	16.5	16.5	78.3	42.9	1.3
	Ap	0-10	10YR 2/2	10YR 4/4	F	1.00	5.6	4.3	8.0	2.6	18.3	11.0	60.0	64.6	1.7	
	Ab	10-24	10YR 5/4	Manchas 40%	2.5YR 3/6	F	1.14	5.9	4.5	7.7	1.0	16.8	13.7	81.4	42.9	1.5
	Bw1	24-38	10YR 5/4	Manchas 40%	2.5YR 5/8, nodulos Fe	A	1.11	6.0	4.6	7.4	0.4	13.3	6.9	67.0	29.9	1.5
	Cl	38-60	10YR 5/4	10YR 5/4	F	1.20	6.2	4.5	7.6	0.8	14.3	13.7	95.9	35.6	1.2	
	C2	60-70	10YR 6/1	Manchas 40%	2.5YR 5/8 20% 10YR 4/6	F	-	6.3	4.6	7.2	0.3	8.3	6.3	76.2	20.7	1.0
SA-23	Ap	0-15	10YR 4/3	10YR 4/3	FAL	0.84	5.7	4.5	9.6	2.7	25.1	81.0	65.5	1.7	0.7	
	Bw1	15-46	10YR 4/4	10YR 4/4	FAL	0.85	5.7	4.2	10.6	3.0	27.5	13.2	76.7	1.6	1.8	
	Bw2	46-67	10YR 5/6	10YR 5/6	AL	0.93	6.4	4.7	8.3	1.9	24.5	19.9	81.4	64.7	1.7	
	Bg1	67-110	10YR 4/4	Meteos 5%	10YR 5/2	FAL	0.83	6.6	-	-	1.5	24.5	19.3	59.8	1.7	0.6
	Bg2	110-150	10YR 5/2	Meteos 30%	10YR 6/1	FAL	0.93	6.7	-	-	1.2	25.0	19.4	77.9	35.6	1.2
	Bg3	150-190	10YR 5/2	Meteos 4%	10YR 4/3	FAL	0.82	6.8	-	-	1.3	25.5	18.9	74.4	57.9	0.7
SA-24	Ap	0-10	10YR 3/3	10YR 3/3	F	0.63	5.1	4.5	9.6	7.9	32.2	14.4	44.8	80.9	1.4	1.2
	Bw1	10-36	10YR 3/3	10YR 3/3	FL	0.78	5.1	4.2	10.6	4.5	17.1	26.3	91.6	1.1	2.4	
	Bw2	30-56	10YR 3/3	10YR 3/3	FAL	1.00	5.8	4.5	9.7	1.3	21.6	13.2	61.3	20.1	1.7	
	Bw3	56-124	10YR 3/3	10YR 3/3	A	1.06	6.0	4.6	8.5	0.9	20.1	14.3	71.1	56.7	1.9	
	Bw4	124-166	10YR 3/3	10YR 3/3	A	1.26	6.3	-	-	0.9	21.1	16.5	82.0	52.0	1.7	
	Bw5	166-200	10YR 3/3	10YR 3/3	A	1.46	6.6	-	-	0.9	21.1	16.5	78.4	52.0	1.4	

subsuperficiales son de color pardo amarillento oscuro con frecuentes moteos grises (Bw) y gleización (Bg, Cg) con una fuerte variación en el grosor (con mínimo de 3 cm y máximo de 90 cm). Los horizontes Bw denotan desarrollo estructural, escasa acumulación de arcillas, estructura de bloques subangulares; los Bg y Cg normalmente carecen de estructura y si la poseen es de bloques subangulares débiles. Los suelos con horizontes gleizados son más frecuentes que los de las llanuras de noroeste y a diferencia de esta zona, su recuperación es más compleja por la baja capacidad natural de drenaje. Se encontraron 4 horizontes Ab producto de las frecuentes inundaciones (Dystric Fluventic Eutrudepts, perfil 3; Fluventic Endoaquepts perfil 2; Typic Udifluvents, Fluvquentic Eutrudepts, perfil 5) y 2 suelos con horizontes semi compactados, aunque no presentaron restricción al crecimiento de raíces (Dystric Fluventic Eutrudepts, perfiles 3 y 4). Las condiciones para el crecimiento de raíces fueron similares a las de las llanuras del noroeste, aunque la presencia de horizontes con condiciones redoximórficas y de gleización fue mayor que en los suelos del noroeste.

### Propiedades físicas

Para suelos bananeros se considera que valores de densidad aparente (Da) mayores 1,30 Mg.kg<sup>-1</sup> indican un grado de compactación moderada (Serrano 2002). En las llanuras del noroeste no se encontró compactación en los horizontes Ap (excepto en Fluventic Endoaquepts, perfil 4 y Fluvquentic Eutrudepts, perfil 5) o en los endopedones. En esta zona se encuentran algunos suelos con características ándicas en algún horizonte del perfil (valores de Da menores a 0,90 Mg.kg<sup>-1</sup>) y su variación con la profundidad es similar a la encontrada para Andisoles de Costa Rica por Alvarado y Forsythe (2005).

Los suelos de esta zona presentan en sus horizontes superficiales y subsuperficiales texturas que van desde arena franca hasta franco arcillosa. Los suelos con texturas más gruesas

fueron el Fluvquentic Eutrudepts, perfil 5, el Andic Eutrudepts, perfil 3 y el Typic Hapludans y los suelos con las texturas más finas fueron el Fluventic Dystrudepts y Fluventic Endoaquepts, perfil 4. Estas variaciones texturales se asocian con el fenómeno de deposición de los materiales aluviales, donde los suelos cercanos a los cauces son de textura gruesa y los más alejados son de textura más fina (Luijckx y Zunnenberg 1992).

En las llanuras del sureste, se encontró valores de Da mayores que en los suelos del noroeste; no se encontraron horizontes Ap compactados y solamente en los suelos Dystric Fluventic Eutrudepts, perfiles 3 y 4 y el suelo Fluvquentic Eutrudepts, perfil 3 (asociada a la disminución de actividad biológica y efectos antropogénicos) se encontraron horizontes subsuperficiales compactados según el criterio de Serrano (2002). En esta zona, los suelos presentan una Da mayor a 1 Mg.kg<sup>-1</sup> (Figura 3) y es propio de los Inceptisoles de Costa Rica (Alvarado y Forsythe 2005). Las texturas franco arenosas a arcillosas en el Ap y franco arcilloso limosa a arcillosa en los horizontes subsuperficiales, reflejan la baja densidad del material parental calcáreo (Dondoli et al. 1968), lo que facilita su meteorización, y la forma en que se depositan los materiales (Luijckx y Zunnenberg 1992); el suelo con texturas más gruesas fue el Typic Udifluvents, el cual corresponde a un sector del dique natural del río Pacuare y los suelos con las texturas más finas fueron el Fluvquentic Epiaquepts, el Fluventic Endoaquepts, perfil 1 y el Fluvquentic Eutrudepts, perfil 2, que se ubican en áreas bajas de las llanuras aluviales de los ríos Bananito y Pacuare. La predominancia de texturas más gruesas y densidad aparente más bajas provocan las mejores condiciones de drenaje de los suelos ubicados en la zona noroeste, en la que se ubican las cuencas de los ríos Chirripó, Sarapiquí, Tortuguero. Algunos suelos de textura gruesa de esta zona como resultado de su anisotropía textural, presentan un drenaje excesivo y no se consideran adecuados para el cultivo de banano debido a que su fertilidad natural es baja.

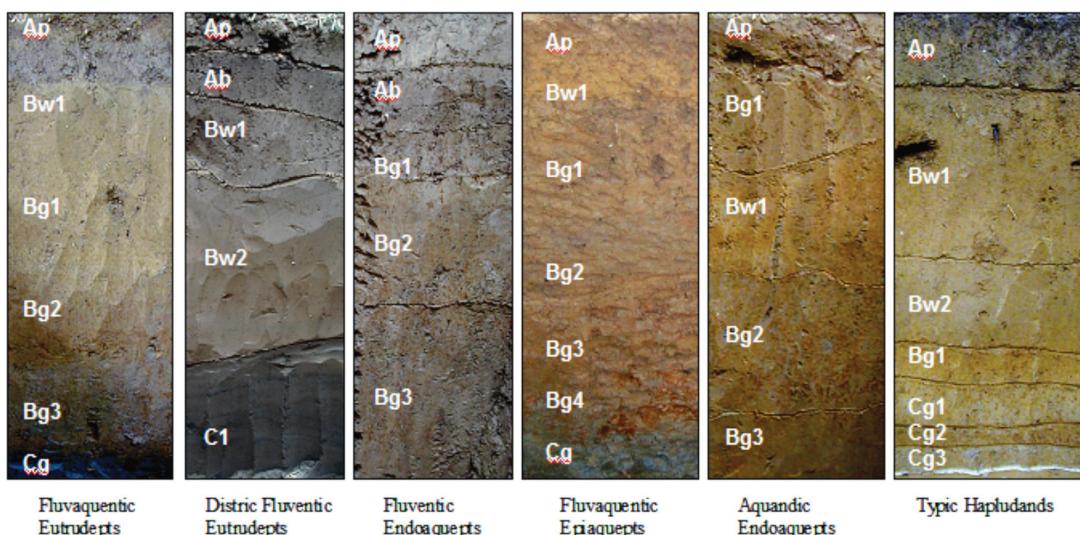


Fig. 3. Perfiles típicos predominantes en suelos bananeros de las llanuras del Caribe de Costa Rica.

### Propiedades químicas

Las características químicas de los perfiles se presentan en los Cuadros 3 y 4. Los valores de pH ( $H_2O$ ) fluctuaron entre 4,1 y 7,9 para ambas zonas, con un promedio de 6,3 y 6,1 en los suelos del sureste y el noroeste respectivamente. Los valores de pH ( $H_2O$ ) fueron similares en ambas zonas, a pesar de las diferencias en material parental; lo cual podría ser causa de la elevada pluviosidad que tiende a lavar bases en forma permanente, a la elevada frecuencia de inundaciones de la región lo que causa deposición de materiales nuevos en forma constante (Nieuwenhuyse 1996) y a las prácticas de fertilización de las plantaciones, que tienden a uniformizar los valores. Sin embargo, cuando se observa la variación del pH en la banda de fertilización de plantaciones bananeras, se encuentra que en el suelo la acidificación ocurre a corto plazo y en el subsuelo a largo plazo (Serrano 2005). Los valores promedios de pH ( $H_2O$ ) encontrados son mayores a los reportados por López y Solís (1991) para suelos del sureste y noroeste, lo cual se debe a que el muestreo realizado por estos, fue a una profundidad de 0-30 cm, lo que reflejo más la acidificación mencionada

por Serrano (2005). El Typic Udifluvents fue el suelo con mayor pH, único que presentó reacción al HCl 10%, lo que evidencia la presencia de carbonatos libres. Los suelos con los menores pH ( $H_2O$ ) fueron el Fluventic Endoaquepts, perfil 3 y Fluvaquentic Eutrudepts perfil 2 de origen sedimentario marino y el Typic Hapludands y el Aquandic Endoaquepts de origen volcánico.

El pH (NaF) fue mayor a 8,2 solamente en algunos suelos del noroeste, lo cual supone la presencia de minerales de rango corto de cristalización, producto de la meteorización de piroclastos (Soil Survey Staff 2006). Los suelos donde se encontraron algunos horizontes con pH (NaF) mayor a 8,2 fueron el Typic Hapludands, el Fluventic Dystrudepts, los Andic Eutrudepts, perfiles 2-4-5 y el Aquandic Endoaquepts. En el horizonte C1 del Typic Udifluvents se encontró un pH mayor de 8,2 sin embargo por presentar dicho suelo carbonatos libres esa prueba no se considera relevante para indicar la presencia de minerales de rango corto de cristalización.

Los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) de toda la región se consideran altos ( $>20 \text{ cmol.l}^{-1}$ ), con un valor promedio para ambas zonas de  $26,6 \text{ cmol.l}^{-1}$ , con un mínimo

Cuadro 4. Valores promedio<sup>1</sup> de características químicas de suelos cultivados con banano ubicados en 11 cuencas hidrográficas de las llanuras del Caribe de Costa Rica.

Suelo	Cuenca	pH		MO %	CIC (cmol.l <sup>-1</sup> )	$\Sigma$ Bases	SB (%)	Ret. Fosfatos (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl					
Caribe sureste								
SI-1	Sixaola	6,4	4,4	7,4	2,2	31,2	35,4	100,0
SI-2	Sixaola	6,5	4,6	7,4	1,9	28,2	30,9	100,0
ES-3	Estrella	6,5	4,4	7,4	1,4	32,3	35,0	100,0
BA-4	Banana	6,1	4,7	7,6	2,2	38,4	39,9	100,0
MO-5	Moín	5,8	3,8	7,8	1,2	29,3	30,8	100,0
MA-6	Matina	6,3	4,9	7,7	1,9	30,9	35,6	100,0
MA-7	Matina	6,0	3,8	7,5	1,7	31,5	29,7	96,3
MD-8	Madre de Dios	6,1	3,8	7,5	2,0	46,5	46,0	98,7
MD-9	Madre de Dios	5,6	3,8	7,4	1,4	43,6	38,8	90,8
PA-10	Pacuare	5,6	4,0	7,5	1,4	43,6	38,8	90,8
PA-11	Pacuare	7,9	6,7	8,1	1,1	25,8	39,4	100,0
PA-12	Pacuare	6,7	5,3	7,5	1,4	19,6	21,5	100,0
RE-13	Reventazón	6,4	4,8	7,4	1,4	19,3	20,1	100,0
RE-14	Reventazón	6,7	5,6	7,6	1,9	27,3	29,8	100,0
Caribe noroeste								
RE-15	Reventazón	6,4	4,6	7,8	1,2	19,5	18,0	94,8
TO-16	Tortuguero	5,7	4,8	9,2	1,9	28,2	16,7	59,2
TO-17	Tortuguero	6,2	4,7	7,9	1,1	13,9	11,3	82,8
TO-18	Tortuguero	6,3	4,7	7,7	1,3	19,0	18,1	97,7
TO-19	Tortuguero	6,0	4,2	8,8	2,0	21,8	10,8	48,4
CH-20	Chirripó	6,5	4,7	8,1	1,8	19,8	17,5	88,5
CH-21	Chirripó	5,6	4,1	8,0	2,2	23,0	15,3	70,9
CH-22	Chirripó	5,8	4,4	7,6	2,2	15,9	10,3	69,4
SA-23	Sarapiquí	6,5	4,6	8,2	2,3	26,3	19,3	73,6
SA-24	Sarapiquí	5,8	4,4	9,6	3,0	22,4	12,7	56,7
Media general		6,3	4,7	7,8	1,7	26,6	25,9	88,0
Media del Sureste		6,3	4,6	7,6	1,7	32,0	33,7	98,3
Media del Noroeste		6,1	4,5	8,3	1,9	21,0	15,0	74,2
Valor Mínimo <sup>2</sup>		4,1	3,1	7,2	0,2	7,5	3,8	20,8
Valor Máximo <sup>2</sup>		7,9	6,9	10,6	8,2	54,0	54,9	100,0
								99,1

<sup>1</sup>Se refiere al promedio de cada característica en todos aquellos horizontes estudiados. Fuente: Cuadro 3.

<sup>2</sup>Referido mínimos y máximos del Cuadro 3.

de 7,5 cmol.l<sup>-1</sup> y un máximo de 54 cmol.l<sup>-1</sup>. Los valores menores de CIC se encontraron en suelos del norte, con una media de 21 cmol.l<sup>-1</sup>, y los valores mayores en los suelos sureste, en donde la media fue de 32 cmol.l<sup>-1</sup>, lo cual se considera normal debido al diferente origen geológico de los suelos de cada zona.

Los suelos con las menores CIC fueron el Fluventic Endoaquepts, perfil 4, el Fluvaquentic Eutrudepts, perfil 5 y el Andic Eutrudepts perfil 3, todos de noreste; y los suelos con las mayores CIC fueron los Fluvaquentic Eutrudepts, perfiles 2 y 3 y el Fluventic Endoaquepts, perfil 3 todos de la zona sureste. En parte, los valores bajos de CIC en los suelos del norte pueden deberse

a su textura más gruesa; lo opuesto ocurre en la zona sureste por la presencia de arcillas 2:1 (López 1963, Hardy 1970, Stotzky y Torrence 1963, Nieuwenhuyse 1996).

La suma de bases ( $\Sigma$ B), o la capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE), siguen un comportamiento similar a la CIC. Su valor promedio para la región es de 25,9 cmol.l<sup>-1</sup>, con un mínimo de 3,8 cmol.l<sup>-1</sup> y un máximo de 54,9 cmol.l<sup>-1</sup>. Los suelos del norte presentaron en promedio una  $\Sigma$ B de 15 cmol.l<sup>-1</sup> y los suelos del sureste de 33,7 cmol.l<sup>-1</sup>. En ambas secciones, aunque con diferente intensidad la  $\Sigma$ B estuvo ligada a la textura y origen del suelo, de tal forma que los suelos más arcillosos presentaron las mayores  $\Sigma$ B.

Los suelos con las mayores  $\Sigma B$  fueron el Fluvaquentic Epiaquepts, el Fluvaquentic Eutrudepts, perfiles 1-2, el Fluventic Endoaquepts, perfil 3 y el Typic Udifluvents todos del sureste y los de menor  $\Sigma B$  fueron el Fluvaquentic Eutrudepts, perfil 5, el Fluventic Dystrudepts y los Andic Eutrudepts, perfiles 3 y 5.

La saturación de bases presentó un comportamiento similar a la  $\Sigma B$  en ambas secciones; el valor medio para todos los suelos fue de 88,0%, con un mínimo de 20,8% y un máximo de 100%. Los elevados valores de saturación de bases, no reflejan las condiciones de meteorización de la región, a no ser que se considere el drenaje reducido de grandes extensiones de la misma, la disolución de bases a partir de materiales primarios y la adición de bases como enmiendas. El valor máximo correspondió al Typic Udifluvents en donde se detectaron carbonatos de calcio, probablemente fracciones de coral (oolitos) de antiguos frentes de playa redistribuidos de forma aluvial. De todos los suelos, solamente el Typic Hapludands y el Fluventic Dystrudepts presentaron saturaciones de bases menores al 60% entre 25 y 75 cm de profundidad lo que permitió clasificarlos como dístricos; por el contrario el resto de los suelos presentó, en al menos un horizonte de 25 a 75 cm, más de 60% de saturación de bases por lo que se clasificaron como éutricos. De acuerdo con los rangos de interpretación de Bertsch (1986) todos los suelos presentan sumas de bases medias y altas saturaciones de bases en los primeros 60 cm de profundidad lo cual es sinónimo de alta fertilidad química.

La materia orgánica (MO) presentó un valor medio de 1,7%, con un mínimo de 0,2 y un máximo de 8,2. En general, en la mayoría de suelos la mayor cantidad de MO se presentó en el horizonte superficial. La irregularidad del contenido de MO con la profundidad de 18 suelos evidencia su origen a partir de deposiciones aluviales frecuentes; otros 6 suelos presentaron una disminución regular del contenido de MO, lo que evidencia que las deposiciones no son tan frecuentes. En general, los suelos con propiedades ándicas del noroeste presentaron cantidades

de MO más elevadas en los primeros 40 cm que los Inceptisoles del sureste, hecho asociado a la formación de complejos organo-minerales en Andisoles de Costa Rica (Alvarado et al. 2001) y en la región Atlántica (Nieuwenhuyse y Kroonenberg 1994). El contenido de MO de toda la región es relativamente bajo lo que se asocia a la elevada temperatura del suelo (Sauerbeck y González 1977) y a la facilidad de descomposición de los residuos de banano (Vargas y Flores 1995).

### Clasificación taxonómica

Los suelos bananeros de las 2 zonas se clasificaron en 3 ordenes, 22 como Inceptisoles, un Andisol y un Entisol (Cuadro 5). Para toda la llanura aluvial del Caribe, esta situación ha sido observada en estudios anteriores (Jiménez 1972, Luijckx y Zunnenberg 1992, Nieuwenhuyse 1996); sin embargo, la abundancia de Entisoles en áreas de inundación actual o la de Andisoles en fincas con mucha influencia volcánica suele ser mayor (Sancho et al. 1989, Stoorvogel y Eppink 1995).

Los Inceptisoles incluyen los subgrupos Epiaquepts, Endoaquepts, Eutrudepts y Dystrudepts. Los Aquepts, presentaron condiciones de mal drenaje a menos de 50 cm de profundidad, en forma continua o estratificada desde el límite de saturación; lo que permitió separarlos en los grandes grupos Endoaquepts y Epiaquepts. A nivel de subgrupo con excepción del Aquandic Endoaquepts el resto de los Aquepts presentó decrecimientos irregulares y contenidos de MO mayores a 0,2% lo que los agrupó como Fluventic.

Los Eutrudepts presentaron régimen de humedad perídico y saturación de bases mayor a 60% entre 25 y 75 cm de profundidad; lo cual se debe a que se originaron a partir de materiales sedimentarios altos en bases y a la ausencia de períodos secos mayores a 90 días acumulativos. Los Dystrudepts presentaron régimen perídico y saturación de bases menor a 60% en al menos un horizonte, lo cual está asociado a la menor fertilidad de los materiales volcánicos que dieron su origen y al régimen de lluvias intensas de la región. Los Eutrudepts se agruparon como Andic,

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de algunos suelos cultivados con banano, ubicados en 11 cuencas hidrográficas de la las llanuras aluviales de Caribe de Costa Rica.

Cuenca	Nombre de finca	Código	Orden	Suborden	Gran grupo	Subgrupo
Sector sureste						
Sixaola	Daytonia- CORBANA	SI-1	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts (1)
Sixaola	Platanera Rio Sixaola	SI-2	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts (2)
Estrella	Fortuna-DOLE	ES-3	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts (3)
Bananita	Los Ríos-DOLE	BA-4	Inceptisoles	Aquepts	Epiaquepts	Fluvaquentic Epiaquepts
Moín y Otros	Montebello-ACON	MO-5	Inceptisoles	Aquepts	Endoaquepts	Fluventic Endoaquepts (1)
Matina	Acumi	MA-6	Inceptisoles	Aquepts	Endoaquepts	Fluventic Endoaquepts (2)
Matina	Zent	MA-7	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts (4)
Madre de Dios	Guaria-UNIBAN	MD-8	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Fluvaquentic Eutrudepts (1)
Madre de Dios	San Pablo-CORBANA	MD-9	Inceptisoles	Aquepts	Endoaquepts	Fluventic Endoaquepts (3)
Pacuare	Nueva Esperanza-SUNISA	PA-10	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Fluvaquentic Eutrudepts (2)
Pacuare	Imperio- BANDECO	PA-11	Entisoles	Fluvents	Udifluvents	Typic Udifluvents
Pacuare	Siquirres.	PA-12	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Fluvaquentic Eutrudepts (3)
Reventazón	Carmen 1-BANDECO	RE-13	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Dystric Fluventic Eutrudepts (5)
Reventazón	Catalina-SIELSA	RE-14	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Fluvaquentic Eutrudepts (4)
Sector noroeste						
Reventazón	Banasol-ACON	RE-15	Inceptisoles	Aquepts	Endoaquepts	Fluventic Endoaquepts (4)
Tortuguero	Lomas de Sierpe	TO-16	Andisoles	Udand	Hapludands	Typic Hapludands
Tortuguero	Cahuita-SIELSA	TO-17	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Fluvaquentic Eutrudepts (5)
Tortuguero	Balatana	TO-18	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Andic Eutrudepts (1)
Tortuguero	La Rita- CORBANA	TO-19	Inceptisoles	Udepts	Dystrudepts	Fluventic Dystrudepts
Chirripó	Inv. Santa María del Monte	CH-20	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Andic Eutrudepts (2)
Chirripó	Chiras-SIELSA	CH-21	Inceptisoles	Aquepts	Endoaquepts	Aquandic Endoaquepts
Chirripó	Victoria	CH-22	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Andic Eutrudepts (3)
Sarapiquí	Inversiones Orlich	SA-23	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Andic Eutrudepts (4)
Sarapiquí	Río Frio-DOLE	SA-24	Inceptisoles	Udepts	Eutrudepts	Andic Eutrudepts (5)

Fluvaquentic y Dystric Fluventic. Los subgrupos ándicos presentaron dentro de los primeros 75 cm de suelo, uno o más horizontes con un grosor total mayor a 18 cm con una Da igual o menor a 1,0 Mg.kg<sup>-1</sup> y una suma total del % de Al más 1/2 Fe (por oxalato de amonio) igual o mayor a 1. Los subgrupos Fluvaquentic presentaron decrecimientos irregulares y contenidos de MO mayores a 0,2% y condiciones aquáticas asociadas a características redoximórficas y cromas de 2 o menos; mientras que los Dystric Fluventic no presentaron carbonatos libres ni condiciones aquáticas. El subgrupo Dystrudepts al igual que otros Udepts presentó decrecimientos irregulares de MO, lo que permitió clasificarlo como Fluventic Dystrudepts.

El Andisol clasificó en el subgrupo Typic Hapludands, y se ubica en la finca Lomas de Sierpe. Se caracteriza por ser un suelo profundo, con drenaje bueno (horizontes Bg después de 90 cm) de texturas medianas y gruesas, de fertilidad media con un epipedón úmbrico, con características ándicas, sin vidrio volcánico y con un régimen de humedad údico.

El suelo clasificado como Typic Udifluvents se ubica en las márgenes del río Pacuare y se caracterizó por tener buen drenaje, texturas franca y franco arcillosa, alta fertilidad, decrecimiento irregulares de MO y régimen de humedad perídico.

Básicamente se definen 2 grupos de suelos con propiedades químicas, morfológicas y taxonómicas diferentes. En el primer grupo de suelos ubicados en el sector Caribe noroeste y que abarcan las cuencas de los ríos Tortuguero, Chirripó, Sarapiquí y parte del Reventazón, se encontraron Inceptisoles con propiedades ándicas (Andic Eutrudepts, Aquandic Endoaquepts), Inceptisoles dísticos (Fluventic Dystrudepts) y Andisoles (Typic Hapludands). Estos suelos se caracterizaron por tener fertilidad media, drenaje bueno en sectores no depresionales, de media a alta fijación de fósforo, capacidad de intercambio de cationes media, saturación de bases media y posiblemente minerales de origen volcánico. El segundo grupo correspondió a Inceptisoles de

origen aluvial (Fluventic Endoaquepts, Dystric Fluventic Eutrudepts, Fluvaquentic Epiaquepts, Fluvaquentic Eutrudepts), en su mayoría con altas concentraciones de bases (éutricos), nulas propiedades ándicas, y con problemas de drenajes en algunos casos (Endoaquepts, Epiaquepts). En la Figura 3 se muestran fotografías de perfiles típicos. Lara (1970), Jiménez (1972), López y Solís (1991), Luijckx y Zunnenberg (1992) y Nieuwenhuyse (1996) reportaron características similares para estos grupos de suelos. Geográficamente, Lara (1970), Jiménez (1972) dividieron estos grupos de suelos al este y oeste del río Reventazón; sin embargo al ser la cuenca del Reventazón tan amplia y de acuerdo con los resultados de esta investigación y a la geología propia de las partes montañosas, se considera que una mejor delimitación es dada a partir de la subcuenca conformada por los ríos Vueltas-Silencio-Parismina; de tal forma que dentro de la cuenca del río Reventazón, hacia el noroeste de estos, se encuentran los suelos con influencia volcánica (Dechesne 1994) y hacia el sureste los suelos que no tienen influencia volcánica (Luijckx y Zunnenberg 1992). El río Vueltas nace en el costado noreste del volcán Turrialba, en el poblado de Acuífero, Guácimo, que está a 1500 msnm.

## CONCLUSIONES

Los suelos estudiados se pueden agrupar por sus diferencias químicas, físicas y taxonómicas en 2 grupos, cuyo límite geográfico podría estar definido hacia el noroeste y sureste de los ríos Silencio, Vueltas y Parismina; los cuales pertenecen a la gran cuenca del río Reventazón.

Los suelos de las llanuras del noroeste se caracterizan en general por presentar buen drenaje, texturas medianas (franco arenosa, franca, franca limosa), una suma de bases entre 10 y 19 cmol.l<sup>-1</sup>, una CIC entre 13 y 28 cmol.l<sup>-1</sup>, con propiedades ándicas en algunos suelos, carga permanente en arcillas y pedregosidad ocasional.

Los suelos de las llanuras de sureste se caracterizan en general por presentar problemas de drenaje en sectores más bajos, texturas finas

y moderadamente finas (franco arcillosa, franco arcillosa limosa, arcillosa, arcillosa limosa), suma de bases entre 10 y 46 cmol.l<sup>-1</sup>, CIC entre 19 y 46 cmol.l<sup>-1</sup>, sin propiedades ándicas, con carga permanente principalmente.

En suelos de la cuenca del Pacuare se encontraron carbonatos de Ca libres, lo cual explica los altos contenidos de este nutriente en los suelos generados a partir de inundaciones de este río.

Desde el punto de vista taxonómico en las llanuras del noroeste los suelos predominantes son Inceptisoles y Andisoles de los grandes grupos Andic Eutrudepts, Aquandic Endoaquepts, Fluventic Dystrudepts, Typic Hapludands y Fluventic, Dystric Fluventic, Fluvaqueptic Eutrudepts.

Desde el punto de vista taxonómico en las llanuras del sureste los suelos predominantes son Inceptisoles de los grandes grupos Endoaquepts, Epiaquepts y Fluvaqueptic Eutrudepts.

## LITERATURA CITADA

- ALVARADO A. 2006. Potential of soil carbon sequestration in Costa Rica, pp. 147-161. In: R. Lal, C.C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers, C.E. Cerri (eds). Carbon sequestration in soils of Latin America. Chapter 8. The Haworth Press Inc. USA.
- ALVARADO A., BERTSCH F., BORNEMISZA E., CABALCETA G., FORSYTHE W., HENRÍQUEZ C., MATA R., MOLINA E., SALAS R. 2001. Suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo y Centro de Investigaciones Agronómicas/Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 111 p.
- ALVARADO A., FORSYTHE W. 2005. Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(1):85-94.
- ARAYA M., VARGAS A., CHÉVEZ A. 1998. Changes in distribution of roots of banana (*Musa AAA*, Cv Valery) with plant height, distance from the pseudostem, and soil depth. Journal of Horticulture Science & Biotechnology 73(4):437-440.
- ARAYA M., BLANCO F. 2001. Changes in the stratification and spatial distribution of the banana (*Musa AAA*, Cv Gran Naine) root system of poor, regular and good developed plants. Journal of Plant Nutrition 21(11):1679-1693.
- BERTSCH F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones. UCR. 76 p.
- BENNETT H.H. 1926. General soil regions of eastern and northern Costa Rica, pp. 66-83. In: Treadwell, Jh. Cl. Possibilities for rubber production in Northern Tropical America. Washington, US Bureau of Foreign and Domestic Commerce, 1026.
- CHAPMAN H.D. 1965. Cation-exchange capacity, pp. 814-901. In: C.A. Black ed. Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. Agronomy Series Nº. 9, part 2.
- COHEN A.D., RAYMOND R., MORA S., ALVARADO A., MALAVASSI L. 1986. Características geológicas de los depósitos de turba en Costa Rica (estudio preliminar). Rev. Geol. Amer. Central 4:47-67.
- CORBANA (CORPORACIÓN BANANERA NACIONAL) 2009. Estadísticas Bananeras. San José Costa Rica. Consultado el 25 de septiembre 2009. Disponible en [http://www.corbana.co.cr/est\\_industria.shtml](http://www.corbana.co.cr/est_industria.shtml).
- DECHESENE M. 1994. Island-arc volcanism and episodic fluvial sedimentation in the Atlantic Zone of Costa Rica. CATIE/AUW/MAG. Atlantic Zone Programme. Report Nº. 91. Field Report No. 137. Costa Rica. sp.
- DÓNDOLI C., DENGÖ G., MALAVASSI E. 1968. Mapa geológico de Costa Rica. San José, Dirección de Geología, Minas y Petróleo. Esc. 1:700000 color.
- GUGGENBERGER G., ZEC W. 1999. Soil organic matter composition under primary forest, pasture, and secondary succession, Region Huetar Norte, Costa Rica. Forest Ecology and Management 124(1):93-104.
- HARDY F. 1970. Suelos Tropicales. Pedología tropical con énfasis en suelos de América. Editorial Herrero Hermanos, México. Iera ed. 270 p.
- HOLDRIDGE L.R. 1996. Ecología basada en zonas de vida. 4ta reimpresión. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- JARAMILLO R., VÁSQUEZ A. 1980. En cultivo de banano ASBANA propone sistema para clasificar aptitud de tierras. ASBANA 4(12):11-15.

- JIMÉNEZ T. 1972. Génesis, clasificación y capacidad de uso de algunos suelos de la Región Atlántica de Costa Rica. Tesis de Ingeniero Agronómico, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 180 p.
- LARA F. 1970. Problemas y procedimientos bananeros en la zona Atlántica de Costa Rica. San José, Costa Rica. Hermanos Trejos. pp.11-12.
- LÓPEZ C.A. 1963. Identificación y clasificación de los minerales de arcilla presentes en nueve suelos de Costa Rica. Tesis de Ingeniero Agronómico, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 56 p.
- LÓPEZ A., SOLÍS P. 1991. Contenido e interacciones de los nutrientes en tres zonas bananeras de Costa Rica. CORBANA 15(36):25-32.
- LUIJCKX F., ZUNNENBERG W. 1992. Geomorphology and soils of the areas Limón-Cahuita, Atlantic Zone of Costa Rica. Report. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza/Atlantic Zone Programme (Costa Rica). N°. 5. 55 p.
- MORA R. 2007. Suelos expansivos de la ciudad de Limón, Costa Rica: Caso urbanización Quiribí. Proyecto FundeVI 0960. Servicios especializados de Laboratorio de Suelos y Rocas (SELSYR) FUNDEVI, Universidad de Costa Rica. 28 p.
- NATIONAL SOIL SURVEY CENTER. 2002. Field book for describing and sampling soils (Version 2.0). Washington, USA. Natural Resources Department of Agriculture. United States, Department of Agriculture.
- NELSON D.W., SOMMERS L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 539-279. In: A.L Page, R.H. Miller RH, R. Keeney (eds). Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 2 ed. Agronomy Series N°. 9, Part 2.
- NIEUWENHUYSE A. 1996. Soils, geology and soil related sustainability aspects of the perhumid tropical Limon basin, Costa Rica. Guápiles, Costa Rica, CATIE. Serie técnica N°. 272, 80 p.
- NIEUWENHUYSE A., JONGMANS A.G., van BREMEN N. 1994A. Mineralogy of a Holocene chronosequence on andesitic beach sediments in Costa Rica. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:485-494.
- NIEUWENHUYSE A., JONGMANS A.G., van BREMEN N. 1994B. Andisol formation in a Holocene beach ridge plain under humid climate of the Atlantic coast of Costa Rica. Geoderma 57:425-442.
- NIEUWENHUYSE A., KROONENBERG S.B. 1994. Volcanic origin of Holocene beach ridges along the Caribbean coast of Costa Rica. Marine Geology 120:13-26.
- NIEUWENHUYSE A., vam BREMEN N. 1997. Quantitative aspects of weathering and neoformation in selected Costa Rican volcanic soils. Soil Science Society of America Journal 61:1450-1458.
- NUHN H., PEREZ S. 1967. Estudio geográfico regional. Zona Caribe Norte de Costa Rica. Instituto de Tierras y Colonización (ITCO). San José, Costa Rica. 360 p.
- OLSEN S.R., SOMMERS L.E. 1982. Phosphorus, pp. 403-430. In: A.L. Page, R.H. Miller, R. Keeney (eds). Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 2ed. Agronomy Series N°. 9, part 2.
- POWERS J.S. 2001. Geographic variation in soil organic carbon dynamics following land-use change in Costa Rica. Ph. D. Duke University, Graduate School and Management of Biology, Durham, N.C. 281 p.
- POWERS J.S. 2004. Changes in soil carbon and nitrogen after contrasting land-use transitions in northeastern Costa Rica. Ecosystems 7(2):134-146.
- POWERS J.S., SCHLENSINGER W.H. 2002A. Geographic and vertical patterns of stable carbon isotopes in tropical rain forest soils of Costa Rica. Geoderma 109(1-2):140-160.
- POWERS J.S., SCHLENSINGER W.H. 2002B. Relationships among soil carbon distributions and biophysical factors at nested spatial scales in rain forest of northern Costa Rica. Geoderma 109(3-4):165-190.
- PRESCOTT S.C. 1918. Examination of tropical soils. United Fruit Company. The Research Laboratory. Bulletin N°. 3; 594 p.
- RUSSELL A.E., CAMBARDELLA C.A., EWELL J.J., PARKIN T.B. 2004. Species, rotation, and lifeform diversity effects on soil carbon in experimental tropical ecosystems. Ecological Applications 14(1):47-60.
- SANCHO F., MATA R., MOLINA E., SALAS R. 1989. Estudio de suelos de la finca de la Escuela de

- Agricultura de la región Tropical Húmeda, Guácimo, Limón. San José Costa Rica. 151 p.
- SAUERBECK D.R., GONZÁLEZ M.A. 1977. Field decomposition of carbon-14-labelled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany and Costa Rica, pp. 159-170. In: IAEA and FAO (eds.) in cooperation with Agrochimica Vol. 1. "Proc. Symp. Braunschweig".
- SERRANO E. 2002. Diagnóstico físico-químico del suelo y su relación con el crecimiento del banano en fincas con diferentes condiciones edafoclimáticas de la zona Caribe de Costa Rica, pp. 113-117. In: Informe anual 2002, Dirección de Investigaciones CORBANA (CORPORACION BANANERA NACIONAL). San José, Costa Rica.
- SERRANO E. 2005. Banana soil acidification in the Caribbean coast of Costa Rica and its relationship with increased aluminium concentrations, pp. 142-148. In: D. Turner and F. Rosales (eds). Banana Root System: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José, Costa Rica, 3-5 November 2003.
- STOTZKY G., TORRENCE R. 1963. Soil mineralogy in relation to spread of fusarium wilt of banana in Central America. Plant and Soil 16(3):317-337.
- STOORVOGEL J., EPPINK G. 1995. Atlas de la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Guápiles, Costa Rica. Programa Zona Atlántica (CATIE/UAV/MAG).
- SOIL SURVEY STAFF. 2006. Keys to Soil Taxonomy. 10th Edition, Washington, USA. Natural Resources Department of Agriculture. United States, Department of Agriculture. 321 p.
- van DAM D., VELDKAMP E., van BREEMEN N. 1997. Soil organic carbon dynamics: variability with depth in forested and deforested soils under pasture in Costa Rica. Biogeochemistry 39(3):343-375.
- VARGAS G. 2004. La escala zonal, regional y local en el análisis del régimen pluviométrico del istmo Centroamericano. Revista Reflexiones 83 (1):31-56.
- VARGAS R., FLORES C.L. 1995. Retribución nutricional de los residuos de hojas, venas de hojas, pseudostílo y pinzote de banano (*Musa AAA*) en fincas de diferentes edades de cultivo. Revista CORBANA 20(44):33-47.