

CARACTERIZACIÓN PEDOGENÉTICA DE LOS SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE CACAO ORGÁNICO, ALMIRANTE – BOCAS DEL TORO¹

Jhon Alexander Villalaz-Peréz², José Ezequiel Villarreal-Nuñez³, Adolfo Santo-Pineda⁴, Abiel Gutiérrez⁵, Iván Alexis Ramos-Zachrisson⁶

RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos cultivados con plantaciones de cacao, se describió el perfil de suelo en siete fincas ubicadas en Almirante, Bocas del Toro, en el 2016. Según el sistema de clasificación Soil Taxonomy, predominó el orden inceptisol y según el sistema World Reference Base (WRB) predominó el orden cambisol. En el estudio paisajístico se encontraron árboles de diferentes especies forestales, con relieves llanos a ondulados. En todos los perfiles estudiados los suelos presentaron régimen de temperatura isohipertérmico, con régimen de humedad udico y precipitaciones alrededor de 3300 mm.año⁻¹. Químicamente, presentaron un desbalance nutricional con deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio; y alto contenido de calcio y magnesio. Por otra parte, se determinó que la suma de bases es menor al 50% característico del sub grupo de suelos dístico. Los elementos menores como el cobre, hierro, zinc y manganeso mantuvieron los valores bajos en todos los perfiles. Físicamente predominaron texturas areno francosa, franco arenosa y franco arcillo arenosa. Poseen infiltraciones lentas, moderadas y algunos perfiles rápidos. Al determinar la densidad aparente se obtuvieron valores promedios de 1,0 kg·dm⁻³. En la parte biológica, la materia orgánica presentó valores bajos con promedios de 0,95%. Los horizontes descritos como orgánicos, presentaron altos valores de respiración del suelo. De acuerdo con los valores de infiltración básica observados, se concluyó que en los lugares donde la infiltración fue lenta, se debe mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia orgánica, para evitar una compactación acelerada; y se debe aumentar los niveles de potasio por medio de un balance adecuado en el suelo.

Palabras claves: *Theobroma cacao*, Inceptisoles, Cambisoles, infiltración, respiración del suelo.

¹Recepción: 17 de julio de 2020. Aceptación: 5 de agosto de 2020. Investigación Financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Proyecto: Investigación e Innovación del manejo integrado del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en zonas de pobreza rural e indígena del trópico húmedo en Bocas del Toro.

²IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). Magister en Ingeniería en Ciencias del suelo y agua. e-mail: jvillalaz14@gmail.com

³IDIAP. CIA Divisa. Ph.D. en Edafología. e-mail: jevilla38@gmail.com

⁴IDIAP. CIA Divisa. Magister en Ingeniería en Ciencias del suelo y agua. e-mail: asantospineda@gmail.com

⁵IDIAP. CIA Bocas del Toro. Ing. Agrónomo Fitotecnista. e-mail: abiel.gutierrez@yahoo.es

⁶IDIAP. CIA Divisa. Lic. en Informática. e-mail: jarz1103@gmail.com



PEDOGENETIC CHARACTERIZATION OF SOILS DEDICATED TO ORGANIC COCOA CULTIVATION, ALMIRANTE - BOCAS DEL TORO

ABSTRACT

In order to characterize the physical, chemical and biological properties of soils cultivated with cocoa plantations, soil profiles were described in seven farms of producers located in Almirante, Bocas del Toro, in 2016. According to the Soil Taxonomy classification system, prevailed the order inceptisol and under the World Reference Base (WRB) prevailed the order cambisol. Trees of different forest species were found through the landscape study, with flat to wavy reliefs. In all the profiles studied, the soils presented an isohyperthermic temperature regime, with udic moisture regimes and precipitation around 3300 mm·year⁻¹. Chemically, they presented a nutritional imbalance with deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium; and high calcium and magnesium content. On the other hand, it was determined that the sum of the bases is less than 50% characteristic of the subgroup of the distrito soils. Minor elements such as copper, iron, zinc, and manganese maintained low values in all profiles. Physically, predominant textures were sandy franc, sandy loam and sandy loam clay. They have slow, moderate and some rapid infiltrations profiles. Average values for bulk density resulted about 1,0 kg·dm⁻³. Biologically, the organic matter was low with average of 0,95%. The horizons described as organic, showed high values of soil respiration. According to the observed basic infiltration values, it was concluded that in places where the infiltration was slow, its structure must be improved by applying adequate amounts of organic matter, in order not to fall into accelerated compaction; and increase potassium levels by an adequate balance in the soil.

Key words: *Theobroma cacao*, Inceptisols, Cambisols, infiltration, soil respiration.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, se estudió la génesis y morfología de las áreas que se dedican al cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), bajo un sistema orgánico en el distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, Panamá. A pesar que el rubro representa una de las principales actividades económicas de esta región, muchos productores desconocen las características químicas, físicas y biológicas que están vinculadas a la nutrición de este cultivo, lo que les impide mejorar la productividad y calidad del producto.

El desarrollo de una clasificación taxonómica de suelos propone ordenar los conocimientos que luego son transferidos en tecnologías, para ser utilizados por



especialistas agrónomos, con fines agrícolas. La taxonomía de suelos debe permitir alcanzar la máxima solidez en la identificación y descripción del objeto, en este caso el suelo que sirve de soporte a distintos usos: agrícola, forestal, ingeniería civil, entre otros según (Porta et al., 2014).

En algunos países, las clasificaciones de suelos, han sido utilizadas para revisar sus propios sistemas nacionales. Ejemplo de estos sistemas de clasificación es de la Soil Taxonomy del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) y la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo conocida en inglés como World Reference Base for Soil Resources y sus siglas WRB (Gardi et al., 2014).

Es vital conocer las características del suelo, ya que de la capacidad de este recurso dependen la vida y los medios para la producción de alimentos para nuestra sociedad, según Porta et al. (2014).

Una de las características del suelo importante de estudiar es la actividad biológica, la cual es un reflejo directo de la degradación de la materia orgánica del suelo. Esta degradación indica los procesos de pérdida de carbono del suelo y entrega de nutrientes (Parkin et al., 1996).

En las clasificaciones de los suelos, otras de las características que se estudia es la física (textura, densidad aparente, conductividad hidráulica, entre otras); la textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. Una muestra de suelo está constituida por distintas combinaciones de arena, limo y arcilla, que en distintas combinaciones reciben el nombre de clases texturales (Corbella et al., 2017); para el caso del cacao, la textura recomendada corresponde a suelos francos a franco-arcillosos (Wood, 1982, Thompson y Troeh, 1982).

Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le confieren la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks et al., 2004).



En la densidad aparente, una alteración en los valores puede presentar perjuicios como demora en la emergencia de plántulas, plantas de menor altura que la normal, hojas de coloraciones no características, sistema radicular superficial, malformación radicular, encostramiento del suelo, encharcamiento, erosión excesiva y aumento en la demanda energética para trabajar el suelo (Smith et al., 2005).

La medida de la conductividad hidráulica a distintas profundidades en un suelo permite poner de manifiesto diferencias en la capacidad de transmisión de agua por los distintos horizontes debido a la heterogeneidad del suelo (anisotropía en sentido vertical) (Warrik y Nielsen, 1980). Para el cacao, u otros cultivos, es muy importante determinar la infiltración en el suelo, ya que está estrechamente relacionada con los procesos de capilaridad y de fuerzas asociadas con adhesión y cohesión de las partículas del suelo (Forero, 2000).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar químicamente, físicamente y biológicamente los suelos que se dedican al cultivo de cacao orgánico, en fincas de productores de este rubro en el distrito Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante los años 2016-2017, en el distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, contemplando siete áreas distintas con características heterogéneas (físicas y químicas), según muestras preliminares analizadas en el laboratorio de suelos y con cultivos de cacao orgánico; en donde se ubicaron los perfiles, e identificando los árboles que allí se encontraban.

La zona de estudio, según la clasificación climática de McKay (2000) presenta un Clima Tropical Oceánico. Los promedios anuales de temperatura están entre 25° y 27°C; y la precipitación anual es elevada, alcanzando los 4,346 mm; y según Köppen (1936), está clasificado como clima tropical muy húmedo (Afi); todos los meses con lluvias > 60 mm y temperatura media del mes más fresco > 18°C (IGNTG, 2007).



Este clima no posee estación seca y en todos los meses la precipitación es mayor de 100 mm de lluvia. Los vientos alisios, provenientes del Norte y del Nordeste, provocan lluvias orográficas copiosas (ANAM, 2010).

Geológicamente, la provincia de Bocas del Toro se originó de rocas sedimentarias durante el periodo Secundario. Se observan formaciones compuestas de rocas calizas, lutitas, areniscas, cenizas, tobas, lavas, andesíticas intercaladas, resaltando las dos primeras formaciones, por representar el mayor porcentaje de composición sedimentaria (ANAM, 2010).

Los análisis de suelos se realizaron en el Laboratorio de Fertilidad de Suelo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicado geográficamente en el regimiento de Divisa, corregimiento de Los Canelos, distrito de Santa María, provincia de Herrera.

Se contemplaron fases de campo como:

Estudio paisajístico

Se efectuó un inventario forestal de árboles maderables y frutales que se encontraban en el área, al igual que la determinación del porcentaje de las pendientes del suelo utilizando metodología FAO (2000) y el instrumento clinómetro; al igual los tipos de relieve (Figura 1).

Estudio morfológico y descriptivo del perfil

Se ubicaron las coordenadas de cada calicata o cajuelas y se construyeron a profundidades de 1,50 m o más dependiendo de las propiedades del perfil del suelo, según procedimiento de la USDA (2014) and IUSS Working Group WRB (2015).

Se describió cada horizonte del perfil por localización, y se procedieron a extraer las muestras de suelo para sus respectivos análisis físico, químicos y biológicos en el laboratorio.



Al lado de cada calicata se realizaron pruebas de infiltración de agua en el suelo con metodología de doble anillo o método de Muntz (Figura 2) y se determinó la infiltración básica, según la metodología de Kostiakov (Tafur, 1988).

Se determinaron, en los espesores y límites de los horizontes: color en húmedo del suelo, textura, fragmentos rocosos, pedregosidad y rocosidad, estructura, consistencia y profundidad del suelo, raíces presentes, según metodología (Porta y López, 2005).

En el laboratorio de fertilidad de suelos, se determinaron: la textura, densidad aparente, color en seco, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, permeabilidad, capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, contenido de cobre, hierro, cinc, manganeso, calcio, magnesio, fósforo, materia orgánica, potasio, nitrógeno, aluminio, aluminio extraíble, potencial de hidrogeno y la conductividad eléctrica, según metodología descrita por (Villarreal y Name, 1996).



Figura 1. Determinación de la pendiente del terreno en la localidad de Valle de Agua. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.



Figura 2. Determinar de la velocidad de infiltración del suelo en la localidad de Valle Riscó. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta el estudio paisajístico (Cuadro 1), de las áreas estudiadas en la investigación donde se encontró 10 especies distintas, entre maderables, frutales y algunas especies temporales como el plátano, que sirven como componentes agroforestales para este tipo de rubro.

Cuadro 1. Estudio paisajístico de las áreas estudiadas. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Perfil	Ubicación	Coordenadas		Elev msnm	Pend %	Vegetación		Descripción (Relieve y pedregosidad) (SSDS, 2017)
		Latitud N	Longitud O			N. Científicos	N. Común	
1	Río Oeste	9° 15' 19,1276"	82° 24' 51,1833"	19	10	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Terminalia amasonia</i> <i>Batris gasipaes</i>	Laurel Roble Cedro Amarillo Pixbae	Relieve colinado. con muy pocas rocosidad
2	Río Oeste	9° 15' 16,3408"	82° 20' 8902"	42	3	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano	Relieve ondulado Muy poca rocosidad
3	Río Oeste	9° 15' 40,039"	82° 25' 20,6579"	33	15	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano	Relieve colinado. Sin pedregosidad
4	Valle Riscó	9° 14' 0,07"	82° 25' 36,736"	136	40	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i> <i>Vochysia ferruginea</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano Mayo	Relieve disectado. rocosidad medianas y grandes
5	Valle de Agua	9° 14' 0,621"	82° 23' 17,17"	261	5	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Rollinita deliciosa</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Coffea arabica L.</i>	Cedro Laurel Pixbae Beribé Naranja Café	Relieve fuertemente ondulado. Poca rocosidad
6	Nuevo Paraiso	9° 16' 32,8638"	82° 25' 6,1253"	54	10	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Musea paradiseaca</i> <i>Spondia mombis</i> <i>Pteridium aquilinum</i>	Cedro Laurel Plátano Jobo Helecho	Relieve fuertemente ondulado. Poca rocosidad
7	Nuevo Paraiso	9° 16' 49,52.524"	82° 24' 51,250"	10	2	<i>Cedrela odorata</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Cedro Roble Platano	Relieve llano o casi llano. Poca rocosidad



Características morfológicas, físicas, químicas y biológicas de suelos

Según sus características morfológicas, seis de los perfiles estudiados, presentaron epipedones ócricos sobre un endopedones cámbicos y uno presentó un horizonte úmbrico, sobre un endopedón cámbico. Sus estructuras se caracterizaron por tener forma de bloques sub angulares y permeabilidades, con valores promedios que oscilan de 1,80 a 85,0 cmh⁻¹ clasificados en intervalos de moderados a rápidos (Cisneros, 2003).

Los perfiles evaluados, se caracterizaron por tener textura franca, franca arenosa y areno francosa, en la gran mayoría de sus horizontes, coincidiendo con Wood (1982), donde se manifiesta que los mejores suelos para el cultivo de cacao presentan textura franca o franco arenosa.

Se ubican los valores encontrados en la suma de las bases (Ca, Mg, K, Na), Cuadro 2, se observan lixiviaciones en todos los perfiles estudiados y son considerados como suelos de grandes grupos Dystrochrerpts (USDA, 2014).

El contenido de carbón orgánico del suelo encontrado en todos los horizontes de los perfiles, varío de bajo a medio, disminuyendo a medida que se profundizaba en el perfil.

Características físicas

La densidad aparente del suelo en todos los perfiles de los horizontes genéticos alcanzó valores promedios de 1,0 kg·dm⁻³. Con respecto al color, existieron variaciones en su matiz encontrando valores desde 2,5 YR en húmedo, como 7,5 YR en seco; pero en su valor y croma no hay mucha variación, ya que se encontró colores amarillentos observados en seco en todos los perfiles.

Al determinar la infiltración básica o velocidad de infiltración (Cuadro 3), se encontró valores desde muy lento (perfil n° 1 y 5); moderadamente lento (perfil n° 3 y 7); moderado (perfil n° 2); y rápidos (perfil n° 4 y 6); según USDA (1999), siendo los perfiles N° 4 y 6, los de mayor infiltración (rápida), y el perfil N° 1 y 5 el de menor infiltración (lenta). La infiltración determinada como lenta pudo haber sido consecuencia de una formación de una capa dura en el suelo, en la superficie, tal como indicó Hillel (1982).



Cuadro 2. Bases intercambiables y suma de bases, en los siete perfiles evaluados. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Horizontes	Profundidad	Bases Intercambiables cmol (+) kg ⁻¹				Suma de bases
Perfil 1	cm	Ca	Mg	Na	K	
O	0 a 12	10,90	5,30	1,21	9,36	26,77
A	12 a 30	7,88	2,11	1,11	4,50	15,60
B1	30 a 76	3,84	1,52	1,03	2,17	8,56
B2	76 > 120	3,68	1,28	0,99	2,90	8,55
Horizontes						
Perfil 2	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 14	18,86	4,41	1,20	4,31	28,78
E	14 a 26	22,61	4,77	1,15	3,27	31,80
B	26 a 130	9,27	4,15	1,19	4,65	19,26
Horizontes						
Perfil 3	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 20	13,84	4,06	1,11	3,50	22,51
A	20 a 42	5,97	4,30	1,15	5,50	16,92
B1	42 a 73	5,98	5,34	1,98	7,15	20,45
B2	73 a 130	4,74	4,87	1,17	6,90	16,88
Horizontes						
Perfil 4	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 25	3,65	0,93	1,27	2,73	8,58
B	25 a 46	3,68	0,77	1,08	1,58	7,11
C	46 a 102	4,30	1,33	0,90	0,92	7,45
Horizontes						
Perfil 5	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 14	17,09	6,48	1,48	6,18	31,23
A	14 a 38	8,10	1,18	0,90	1,11	11,29
B	38 > 105	5,94	0,89	0,98	0,92	8,73
Horizontes						
Perfil 6	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 20	11,75	2,41	1,08	3,61	18,85
A	20 a 46	27,7	13,00	1,03	5,52	47,25
B	46 a 88	8,84	1,88	1,08	4,72	16,52
C	88 > 105	1,88	0,31	0,95	1,98	5,11
Horizontes						
Perfil 7	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 10	13,38	6,67	0,10	3,20	23,35
A1	10 a 35	22,26	9,23	0,15	2,81	34,45
B	35 a 64	22,12	9,55	0,16	2,92	34,75
B1	64 a 80	24,43	10,60	0,17	2,95	38,15



Cuadro 3. Infiltración Básica o Velocidad de Infiltración de suelos cultivados con cacao orgánico, de siete fincas de productores. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Perfil	Infiltración Básica (cmh ⁻¹)	Interpretación Según USDA 1999.
1	0,45	Muy lento
2	9,41	Moderada
3	3,34	Moderadamente lento
4	44,66	Rápida
5	1,03	Lento
6	25,43	Rápida
7	3,16	Moderadamente Lento

Características químicas

Los valores de capacidad de intercambio catiónico encontrados en todos los perfiles estudiados, presentaron valores promedios de 60,46 cmol₍₊₎kg⁻¹; considerados como niveles altos (Rioja Molina, 2002). Por otra parte, los contenidos de color rojo (alto), azul (medio), amarillo (bajo); de Ca (Figura 3a) y Mg (Figura 3b) en todos los perfiles, a distintas profundidades presentaron valores medios a altos, mientras que el K (Figura 3c), sus valores promedio reflejaron contenidos bajos de este elemento (color amarillo); en cmol₍₊₎kg⁻¹ (Name, 1987). Estos valores, pueden ser debido a la formación geológica, provenientes de minerales primarios de rocas calizas, lutitas y areniscas (ANAM, 2010).

Se obtuvieron valores bajos y medios en Cu (0 a 4,70); bajos y medios en Zn (0,70 a 7,30), valores bajos de Fe (0 a 6,70) y valores bajos y altos en Mn (0 a 125), todos en unidades de mg·kg⁻¹, respectivamente.

Los suelos arenosos, bajos en materia orgánica, pueden llegar a ser deficientes en Cu, debido a pérdidas por lixiviación. Los suelos pesados arcillosos, son los que tienen menos probabilidad de presentar deficiencia de este elemento (INPOFOS, 1993).

Los valores encontrados respecto al nutrimento cinc, indicaron que a medida que aumenta el pH disminuyó su disponibilidad. Coincidiendo con lo que indica INPOFOS (1993); el Zn se hace menos disponible a medida que el pH aumenta, se considera que los niveles bajos de materia orgánica indican baja disponibilidad de Zn (INPOFOS, 1993).



Los niveles del potencial de hidrógeno (Figura 3d), caracterizado en los suelos de las fincas estudiadas, indicaron niveles que van de ácidos a muy ácidos. Contrario a lo que informó Porta y López (2005), que los valores óptimos para este cultivo se encuentran en intervalos de 6,0 a 7,0 y la tolerancia para un rendimiento satisfactorio está en un nivel de 4,5 a 8,0. Los colores en el mapa representan: rojo (poco ácido), azul (ácido), amarillo (muy ácido).

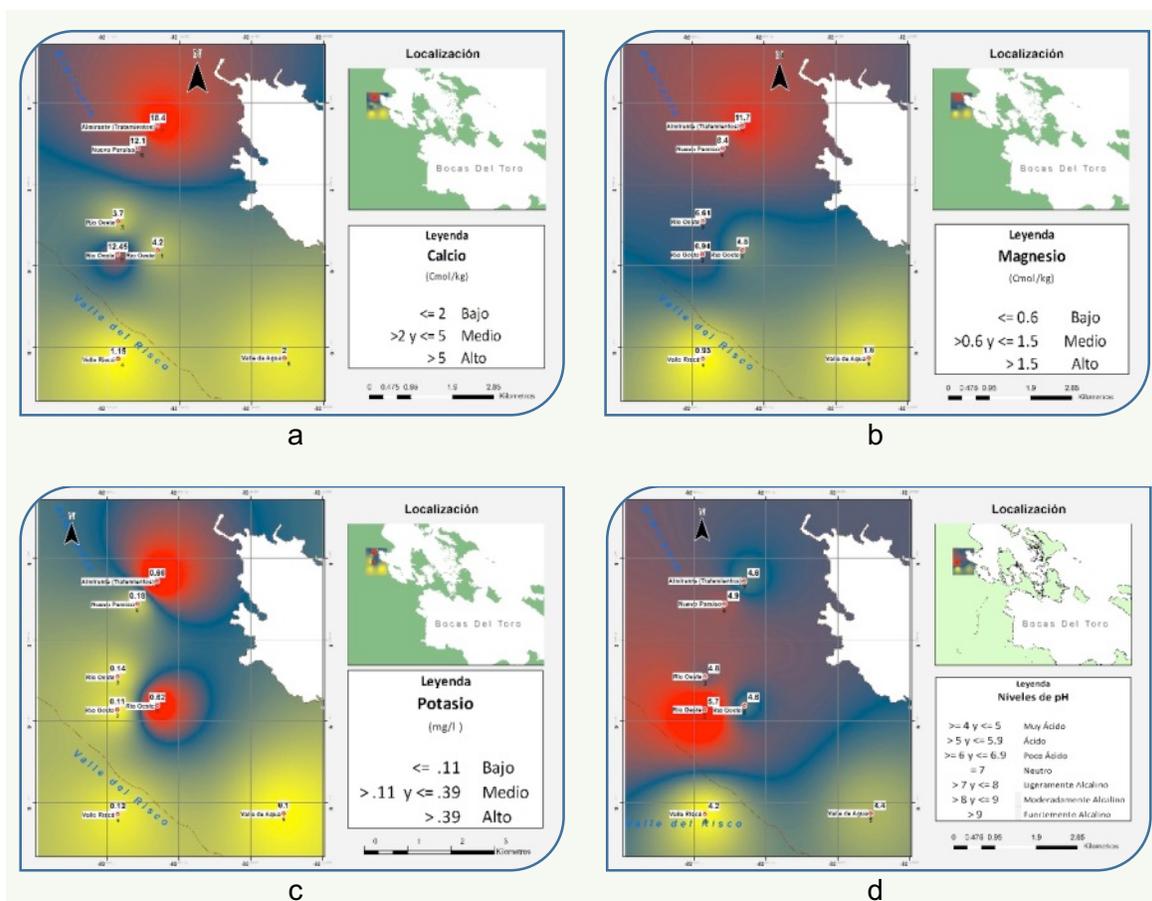


Figura 3. Contenido promedio de Calcio (a), Magnesio (b), Potasio (c) y potencial de hidrógeno (d) en el suelo de siete fincas cultivadas con cacao orgánico. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Características biológicas

La materia orgánica presentó un valor promedio de 0,95%, representado en el rojo (alto), azul (medio) y amarillo (bajo) (Figura 4). Este valor es considerado bajo para todos los perfiles estudiados y sus horizontes, Name (1987). Los mayores valores encontrados se presentaron en los horizontes superficiales, debido a la descomposición de hojarasca y demás materiales degradantes que ocasionan un aumento de la materia orgánica; disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil del suelo, lo que coincide con lo publicado por Foth (2012).

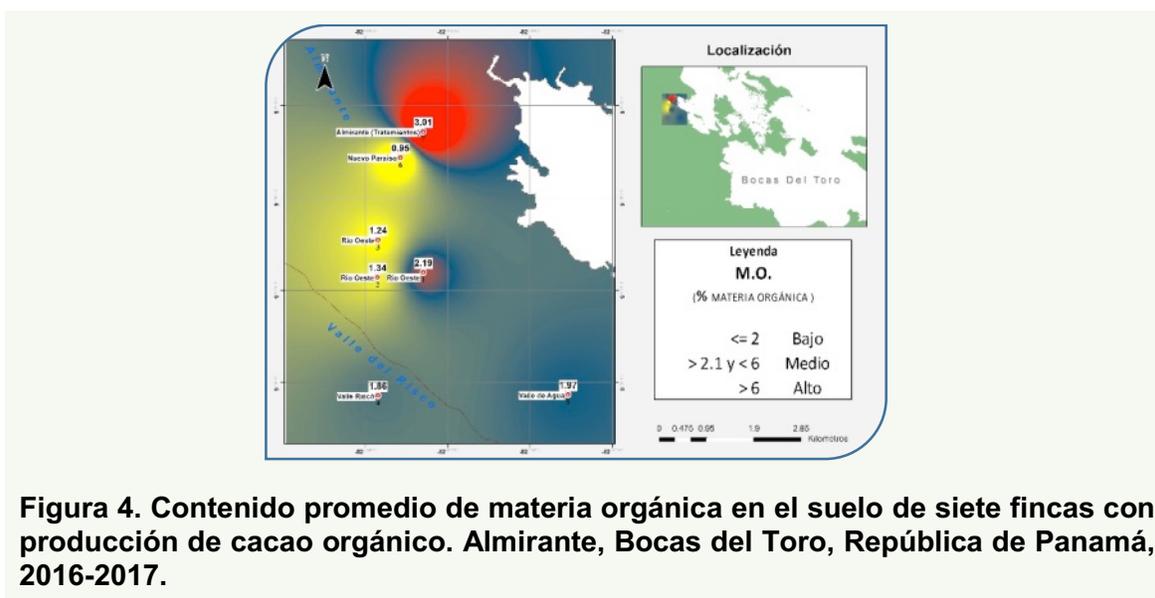


Figura 4. Contenido promedio de materia orgánica en el suelo de siete fincas con producción de cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Los perfiles descritos del 1 al 3 de Río Oeste (RO), 1 y 4 de Valle Riscó (VR) Cuadro 4, todos pertenecientes al distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, son los que están dentro de los intervalos normales según las relaciones de suelos (Rioja Molina, 2002).

Al realizar la determinación de la respiración biológica en suelos (Cuadro 5), se observó que los mayores valores fueron obtenidos en los perfiles que contenían horizontes orgánicos (nomenclaturas O), coincidiendo con USDA (1999), mostrando que un índice elevado de respiración del suelo es reflejo de una elevada actividad biológica y puede ser signo de una rápida descomposición de residuos orgánicos causando la liberación de nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.



Cuadro 4. Relaciones químicas de siete perfiles evaluados con cultivos de cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Perfiles	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
1 RO *	0,93	14,03	0,15	6,92	6,46
2 RO	1,79	176,27	0,02	63,09	113,18
3 RO	0,56	73,64	0,02	47,21	26,43
4 VR*	1,24	17,33	0,13	7,75	9,58
5 V de A	1,25	36,00	0,06	16,00	20,00
6 NP	1,44	113,89	0,02	46,67	67,22
7 NP	1,57	45,61	0,06	17,73	27,88

NOTA: RO = Río Oeste; VR = Valle Riscó; V de A = Valle de Agua; NP = Nuevo Paraíso.

Perfiles con (*), están dentro de valores normales.

Intervalos de niveles normales por relaciones químicas: Ca/Mg: 1,2 y < 6,2; (Ca+Mg)/K: 10 < 30; K/Mg: 0,15 y < 0,30; Mg/K: 1,6 y < 14; Ca/K: 2 y < 25

Cuadro 5. Respiración Microbiana, por perfil, en suelos cultivados con cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.

Horizontes	Profundidad	Respiración Microbiana
		kg C (CO ₂)/ha/d
Perfil 1		
O	0 a 12	404,32
A	12 a 30	
B1	30 a 76	
B2	76 > 120	
Perfil 2		
A	0 a 14	523,03
E	14 a 26	
B	26 a 130	
Perfil 3		
O	0 a 20	544,10
A	20 a 42	
B1	42 a 73	
B2	73 a 130	
Perfil 4		
A	0 a 25	446,03
B	25 a 46	
C	46 a 102	
Perfil 5		
O	0 a 14	486,76
A	14 a 38	
B	38 > 105	
Perfil 6		
O	0 a 20	618,13
A	20 a 46	
B	46 a 88	
Perfil 7		
A	0 a 10	549,16
A1	10 a 35	
B	35 a 64	
B1	64 a 80	
C	> 80	



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Para el sistema de clasificación de la USDA, (2014), (Cuadro 6); todos los perfiles evaluados presentaron orden taxonómica Inceptisoles y según el sistema de clasificación IUSS Working Group WRB, (2015), (Cuadro 6); presenta una descripción de suelos Cambisoles; que son suelos que no han desarrollado características de diagnóstico para otras órdenes, pero que tienen ciertas características, además de epipedón ócrico y los horizontes, álbicos permitidos en los Entisoles (Buol et al., 2011).

Los perfiles 1 y 2, dentro de los subórdenes se encuentran según la clasificación (USDA, 2014); como húmico, dependiendo de la presencia de materias orgánicas. Para la clasificación taxonómica (IUSS Working Group WRB), estos perfiles de suelo, está dentro del calificador del grupo II como dístrico, Láxico (contiene una saturación de bases por Acetato de amonio menor del 50% a una profundidad que esta entre 20 cm y 100 cm de la superficie del suelo; la densidad aparente menor de $0,90 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

El perfil 3 y 5 son un típico Inceptisol, según la clasificación (USDA, 2014); Para la clasificación taxonómica (IUSS Working Group WRB), estos perfiles de suelo, están en el calificador del grupo II, como hiperócrico, contiene una capa de suelo mineral de 5 cm o más de espesor, con un valor en Munsell, seco, de 5,5 o más que su valor más oscuro por humedecimiento y su contenido de carbón orgánico menor de 4%.

El perfil 4, contiene un contacto lítico entre el límite del suelo y un material subyacente coherente de la roca y según (IUSS Working Group WRB), está dentro del calificador del grupo II como Alúminico, contiene una saturación de aluminio efectiva de 50% o más entre las capas de 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

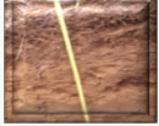
El perfil 6, contiene un subgrupo Flúvico (llanuras inundadas) según la (IUSS Working Group WRB), su descriptor es Nóvico, contiene una capa de sedimentos recientes de 5 cm de espesor y menos del 50 cm.

El perfil 7, según la clasificación (USDA, 2014); la descripción Fluvaquentic Dystudepts, contienen en sus primeros 18 cm de profundidad un value o valor de color menor a 5 en el libro de Munsell; Por otra parte, en la clasificación taxonómica (IUSS



Working Group WRB), el perfil estudiado, se encuentra dentro de calificador Dénstico, que tiene una compactación natural o artificial dentro de los 50 cm de la superficie del suelo.

Cuadro 6. Clasificación taxonómica de los perfiles de suelos según (USDA, 2014) y (IUSS Working Group WRB, 2015) en suelos cultivados con cacao orgánico de siete fincas de productores de Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2016-2017.

Perfil	USDA (2014)	IUSS Working Group WRB (2015)
	Humic Lithic Dystrudepts, Mezclados, Finos, Isohipertérmico. Serie 1, Almirante, Río Oeste, clones cacao	Dystric Cambisols (Láxico)
	Humic Dystrudepts, Franco, Friables, Isohipertérmico. Serie 2, Almirante, Río Oeste, cacao y pixbae.	Dystric Cambisols
	Typic Dystrudepts, Mezclados, Friables, Isohipertérmico. Serie 3, Almirante, Río Oeste, cacao	Dystric Cambisols (Hiperótrico)
	Lythic Dystrudepts, Franco, friable, Isohipertérmico. Serie 4, Almirante, Valle Riscó, cacao	Dystric Cambisols (Alúmico)
	Typic Dystrudepts, Franco, friable. Serie 5, Almirante, Valled de Agua, cacao	Dystric Cambisol (Húmico)
	Fluventic Dystrudepts, Franco, Friable y Finos, Isohipertérmico. Serie 6, Almirante, Nuevo Paraíso, cacao.	Dystric Cambisols (Nóvico).
	Fluvaquentic Dystrudepts, Franco, Isohipertérmico. Serie 7 Almirante, clones cacao	Dystric Cambisols (Dénstico)



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

CONCLUSIONES

- Los perfiles estudiados, según el sistema de clasificación (USDA, 2014), pertenecen al orden Inceptisoles, sub orden Ochrepts, grandes grupos Dystrochrepts, régimen de humedad údico y régimen de temperatura isohipertérmico.
- Para el sistema de clasificación de suelos (IUSS Working Group WRB, 2015) los siete perfiles de suelos estudiados, pertenecen al orden taxonómico Cambisol; Sub orden dístrico.
- Los perfiles estudiados presentaron buen drenaje, texturas medias (FA, F, AF,), valores bajos de saturación de bases y materia orgánica.
- De los perfiles estudiados, los que mantienen un suelo con propiedades químicamente adecuadas para el cultivo de cacao, son los sitios 1 y 4 (Río Oeste y Valle Riscó), debido a que mantienen relaciones: Ca/Mg; (Ca+Mg)/K; Mg/k; Ca/K, en intervalos adecuados.
- En cuanto a los valores de infiltración, se debe tomar en cuenta, que en los perfiles 1 y 5, donde la infiltración fue lenta debido a la compactación que presenta, se puede mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia orgánica, ya sea que pudiera avanzar hacia un hidromorfismo si estos valores continúan disminuyendo en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. 1. Ed. Panamá, Panamá, ANAM. 190 p.
- Buol, SW., R.J. Southard., R.C. Graham., and P.A. McDaniel. 2011. Soil Genesis and Classification, 6 ed. Ames, USA, Iowa State Press A Blackwell Pub. Co. 556p. https://www.academia.edu/40089206/SOIL_GENESIS_AND_CLASSIFICATION_SIXTH_EDITION (consultado 10 oct. 2017).



- Cisneros, R. 2003. Apuntes de la materia de Riego y Drenaje, 1 ed. México: Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí, México, 164p.
- Corbella, R., M. Tonatto., y J. Ullivarri. 2017. Metodologías para los estudios de suelos de campos. Cátedra de edafología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 27p.
- FAO (Food Agricultural Organization). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Food Agricultural Organization. Roma. p 5-12.
- Forero, J. 2000. Parámetros Hidrodinámicos para Riego. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Unidad de Publicaciones. 31p.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S0123-4226201000020000500005&lng=es (consultado 2 feb. 2017).
- Foth, HD. 2012. Fundamentals of Soil Science. 8 ed, Michigan, Unites State of America, Wiley. p. 81-87.
- Gardi, C., M. Angelini., S. Barceló., J. Comerma., C. Cruz., y A. Encina. 2014. Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. New York, USA, Academic Press. 364 p.
- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia). 2007. Atlas Nacional de la República de Panamá. Editora Novo Art., Bogotá, COL.
- INPOFOS. 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). 55 p.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos



mundiales de suelo 106. FAO, ROMA. 218 p. <http://www.fao.org/3/a-i3794s.pdf> (consultado 9 jul. 2016).

Köppen, W. 1936. Das Geographische System der Klimate en Handbuch der Klimatologie, R, Geiger. Berlín, Borntraeger, t. I, fasc. C, 44p.

McKay, A. 2000. Climas y biodiversidad: Una nueva clasificación de los climas de Panamá. Revista Cultural Lotería 431:47-51.

Name, B. 1987. Metodología para la evaluación de la fertilidad de suelos. Panamá, Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 33 p.

Parkin, TB., J.W. Doran., and E. Franco-Vizcaino. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran, JW; Jones, AJ. (eds.). Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Spececial Publication 49: 231-246.

Porta J., M. López-Acevedo., y R.M. Poch. 2014. Edafología: uso y protección de suelos. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 607 p. <https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false> (consultado 5 jul. 2018).

Porta, J., y M. López. 2005. Agenda de campo de los suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. 1 ed. Barcelona, España, Mundi – Prensa. 521 p.

Rioja Molina, A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real. s.l., s.p.

Rucks, L., F. Garcia., A. Kaplán., J. Ponce De León., y M. Hill. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 68p. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf> (consultado 10 dic. 2017).



SSDS (Soil Science Division Staff). 2017. Soil survey manual. (United State Department of Agriculture). Washington, USDA. 639p. (Handbook 18). https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054262 (consultado 25 ene. 2018).

Smith, J.E., J.A. Hilbert., y M.O. Aucaná. 2005. Clasificación de vehículos en función del grado de compactación ejercida sobre suelo agrícola. Congreso Argentino de Ingeniería Rural (8 al 12 nov, 2005, Villa de Merlo, San Luis. AR). Buenos Aires, Argentina. 5 p

Tafur, H. 1988. Guía metodológica para la determinación de algunos parámetros en riego y drenaje. Palmira. Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 99p.

Thompson, L., y F. Troeh. 1982. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Barcelona, España, Editorial Reverté S.A. p.55-210.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)., Servicio de Investigación Agrícola., Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 1999. Guía para la Evaluación para la Calidad y Salud del Suelo. Argentina, Instituto de Calidad de Suelos. 88p. (Traducido de Soil Quality Test Kit Guide, por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza). https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf (consultado 15 ago. 2017).

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 2014. Clave para la Taxonomía de los Suelos. 12. Ed. Texcoco, México, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 374 pp. (Traducido por Carlos Alberto Ortiz-Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena y Edgar V. Gutiérrez-Castorena). https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf (consultado 12 jul. 2015).



Villarreal, J., y B. Name. 1996. Técnicas Analíticas del Laboratorio de suelos. Divisa, Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 110p.

Warrick, A. W., and D.R. Nielsen. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (Ed.) Applications of Soil Physics. New York. p. 319–344.

Wood, G. 1982. Cacao, Trad. por Marino, Primera edición en español, Compañía Editorial Continental S.A., México D.F. p. 255-274.

