Rev. Geog. Venez. Vol 41(2) 2000, 257-270

Caracterización físico-química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo, Venezuela

Physical and chemical characterization of cocoa plantation soils in the southern zone of Maracaibo lake, Venezuela.

Mauricio Vera; Hilda Rosales y Nirda Ureña*

Recibido: octubre, 1999 / Aceptado: octubre, 2000

Resumen

Con la finalidad de generar información básica que oriente las prácticas de manejo para el mejoramiento y rehabilitación de plantaciones de cacao en la zona sur del lago de Maracaibo, se realizó la caracterización físico-química de los principales suelos cacaoteros. Se seleccionaron cinco parcelas en cuatro fincas cacaoteras. Se realizó un diagnóstico de la plantación y se seleccionaron los sitios para la apertura de calicatas y descripción de sus perfiles modales. De cada horizonte pedogenético se colectaron muestras para análisis físico-químicos y caracterización taxonómica de los suelos. Los resultados indican diferencias en el desarrollo de los suelos y la influencia de los materiales parentales sobre sus características y propiedades. El predominio de texturas gruesas les confiere a los suelos una alta permeabilidad al aire y al agua y una limitada capacidad para retener la humedad y los fitonutrientes. Sin embargo, la abundancia y buena distribución de las lluvias a lo largo del año evitan el posible déficit hídrico de las plantas en suelos arenosos. La baja fertilidad constituye la limitación más importante para el desarrollo y producción de cacao en la zona. Las prácticas de manejo de suelo deben ser orientadas a mejorar los contenidos de materia orgánica debido a sus efectos sobre las propiedades del suelo. Se requieren sistemas de manejo de suelos alternativos en estrecha relación con las condiciones socioeconómicas de los pequeños productores para alcanzar una producción de cacao sostenida en la zona sur del lago de Maracaibo.

Palabras clave: cacao; suelos; fertilidad del suelo; manejo del suelo.

Abstract

A physical-chemical and taxonomic characterization of representative cocoa soils was realized to orientate the improvement and rehabilitation of cocoa plantations in the south zone of Maracaibo lake, Mérida and Zulia state, Venezuela.

* Universidad de Los Andes, Escuela de Geografía, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales, Mérida-Venezuela. E-mail: mvera@forest.ula.ve

A diagnosis of four cocoa plantations was made and five soils were studied and sampling its horizons for physical and chemical analysis. The results indicate differences in soil development and soil properties associated with the age and parent materials of soils. The predominance of coarse textures gives the soils a high permeability and limited water retention. However the abundance and distribution of rain along the year prevents the hydric deficiency expected in sandy soils. The low fertility level was the most important limitation for the cocoa production and development of plants. Soil management practices must be orientated to improve the organic matter contents by its effects on overall soil properties. Alternatives for cocoa soil management systems in close relations with the small farmers'socioeconomic conditions are required for the sustainable cocoa production in southern zone of Maracaibo lake.

Key words: cocoa; soils; soil fertility; soil management.

Introducción

El cacao es una planta tropical americana cuya importancia socioeconómica se remonta a las sociedades precolombinas, en las cuales se utilizaban sus almendras como moneda y como ofrenda en cultos mágico-religiosos. Fue introducido en Europa por los españoles y desde finales del siglo XVI se cultiva en Centro y Sudamérica y en varias islas del Caribe, en particular en Trinidad. Para el siglo XVII, se populariza el uso del chocolate como bebida en varios países europeos y es cuando Venezuela adquiere importancia como país productor y exportador de cacao. Su cultivo se expandió a diferentes regiones del país y fue junto con el café, la principal fuente de ingresos de la economía venezolana. Con la explotación de los recursos mineros, la producción y superficie cultivada inició un franco decrecimiento a raíz del abandono de las plantaciones por el desequilibrio económico de las regiones cacaoteras.

En Venezuela se cultivan actualmente 65.000 ha de cacao en tres importantes regiones cacaoteras: Oriental, Central y Occidental; en las cuales se producen anualmente 15.000 Mg de almendras, con un rendimiento de 170 kg./ha.

En la región Occidental destaca la Zona Sur del Lago de Maracaibo, estados Mérida, Táchira y Zulia, por ser la cuna de los cacaos criollos, cuyas cualidades organolépticas le han dado prestigio internacional a Venezuela. De acuerdo a datos del (M.A.C, 1989) en esta zona se cultivan sólo 3.700 ha de un total de 70.000 ha de tierras con aptitud para la producción de cacao fino. Portillo (*et al.*, 1995) y Rosales y Ureña (1995) indican que la producción de cacao en esta zona esta limitada por el reducido tamaño de las unidades de producción, el 95% de éstas tienen una superficie inferior a las 5 ha, presentan un manejo inadecuado del cultivo y de los suelos y carecen de asistencia técnica y crediticia, entre otras limitantes.

A raíz de la importancia económica del cacao para Venezuela, existe un creciente interés tanto por parte del Estado como de empresas nacionales e internacionales de incrementar la producción nacional para contribuir a satisfacer la demanda de cacaos de alta calidad por los mercados nacionales e internacionales.

En este sentido, el presente trabajo tiene por objetivo la caracterización morfológica y físico-química de los principales suelos cacaoteros del sector Capazón-Tucanizón con la finalidad de orientar las prácticas agrícolas relacionadas con el mejoramiento, rehabilitación y producción de este importante rubro.

Materiales y métodos

Se seleccionó para este estudio el sector comprendido entre los ríos Capazón y Tucanizón, carretera Panamericana, por el alto número de agricultores interesados en rehabilitar viejas plantaciones y expandir el cultivo a nuevas tierras (Rosales y Ureña, 1995). En dicho sector, se seleccionaron 5 parcelas en cuatro fincas cacaoteras, ubicadas sobre unidades geomorfológicas y de suelos de importancia espacial (Coplanarh, 1975).

En cada parcela se abrieron calicatas para la descripción de sus perfiles modales y toma de muestras de sus horizontes genéticos para su caracterización físico-química y taxonómica. Paralelamente, se tomaron cuatro muestras compuestas de sus horizontes superficiales para determinar su status nutritivo y se determinaron las condiciones de desarrollo, estado fitosanitario y manejo agronómico de las plantaciones, las cuales se presentan en el Cuadro 1.

Los análisis de las muestras de suelo se efectuaron siguiendo los métodos

Cuadro 1. Algunas características de las fincas cacaoteras seleccionadas.

Perfil y Ubicación	Superficie Ha.	Tipos de cacao	Fertilizantes Enmiendas	Plagas	Edad años	Asisten. técnica	Financia-miento	Produc. Kg./ha.
P1Río Perdido	4	Mosaico	No	Monilia roreri Phytopthora megasperma	13	No	No	180
P2-P3 ElPedregal	125	Criollo Porcelana	Triple15 Úrea Fosforita	-	4	Sí	Sí	139
P4María Dolores	4	Criollo Porcelana	Triple 15 UreaFos-foritaCal	-	4	Sí	Sí	120
P5Río Frío	5	Mosaico	No	Monilia roreri Phytopthora megasperma	12	no	no	170

rutinarios del Laboratorio de Suelos del Instituto de Geografía: textura por Bouyoucos; densidad aparente por el método del terrón parafinado; retención de humedad a 0,033 y 1,515 Mpa en ollas de presión; pH en agua y KCl (1:1) por el método potenciométrico; carbono orgánico por Walkley y Black; nitrógeno total por Kjeldahl; Ca, Mg y K por espectrofotometría de absorción atómica; capacidad de intercambio de cationes por el método del acetato de amonio, pH 7; acidez cambiable por Yuan y fósforo asimilable por Olsen.

Las condiciones climáticas de cada sitio estudiado se evaluaron con los datos de precipitación y temperatura registrados por un período de 15 años en estaciones climatológicas próximas: estación Mesa Julia (Perfiles 2, 3 y 5), estación Capazón (Perfil 1) y estación San Antonio (Perfil 4).

Resultados y discusión

Los resultados del diagnóstico de las plantaciones realizado por (Rosales y Ureña, 1995) se presentan en el Cuadro 1. La mayoría de las fincas presentan un tamaño igual o inferior a las 5 ha, donde se cultivan diferentes tipos de cacao. Las fincas de Río Frío y Río Perdido, poseen cacaos forasteros, mientras que en las fincas El Pedregal y María Dolores se cultiva cacao criollo Porcelana. Sólo en estas últimas se realiza un adecuado manejo agronómico del cultivo (aplicación de fertilizantes y enmiendas, control de plagas y enfermedades, podas y control del sombreamiento), lo cual se asocia a la existencia de asistencia técnica y a la disponibilidad de financiamiento para adoptar las innovaciones tecnológicas.

En relación a la producción, las cuatro fincas estudiadas presentan valores inferiores al promedio nacional (279 kg./ha.) y mundial (500 kg./ha.) de acuerdo a lo señalado por (Cartay, 1999b). Las variaciones en la producción entre fincas se asocian a las diferencias en la edad de las plantaciones, densidad de siembra y tipo de cacao cultivado.

Características climáticas

Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 24 y 27×C, con una marcada isotermia a lo largo del año. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas, así como sus valores medios se presentan dentro de los rangos óptimos señalados en la literatura para el cultivo de cacao.

En los sitios estudiados la precipitación se distribuye a lo largo del año con un patrón bimodal, como se puede apreciar en la figura 1. Los totales anuales de lluvia fluctúan entre 1.238 y 2.032mm, con valores mensuales que satisfacen las necesidades de humedad de las plantas, bien sea que se considere el valor de lluvias mínimas de 60mm para plantaciones con sombra adecuada o 100mm para aquellas con mayor exposición solar. De las estaciones consideradas sólo la estación San Antonio, representativa de las condicio-

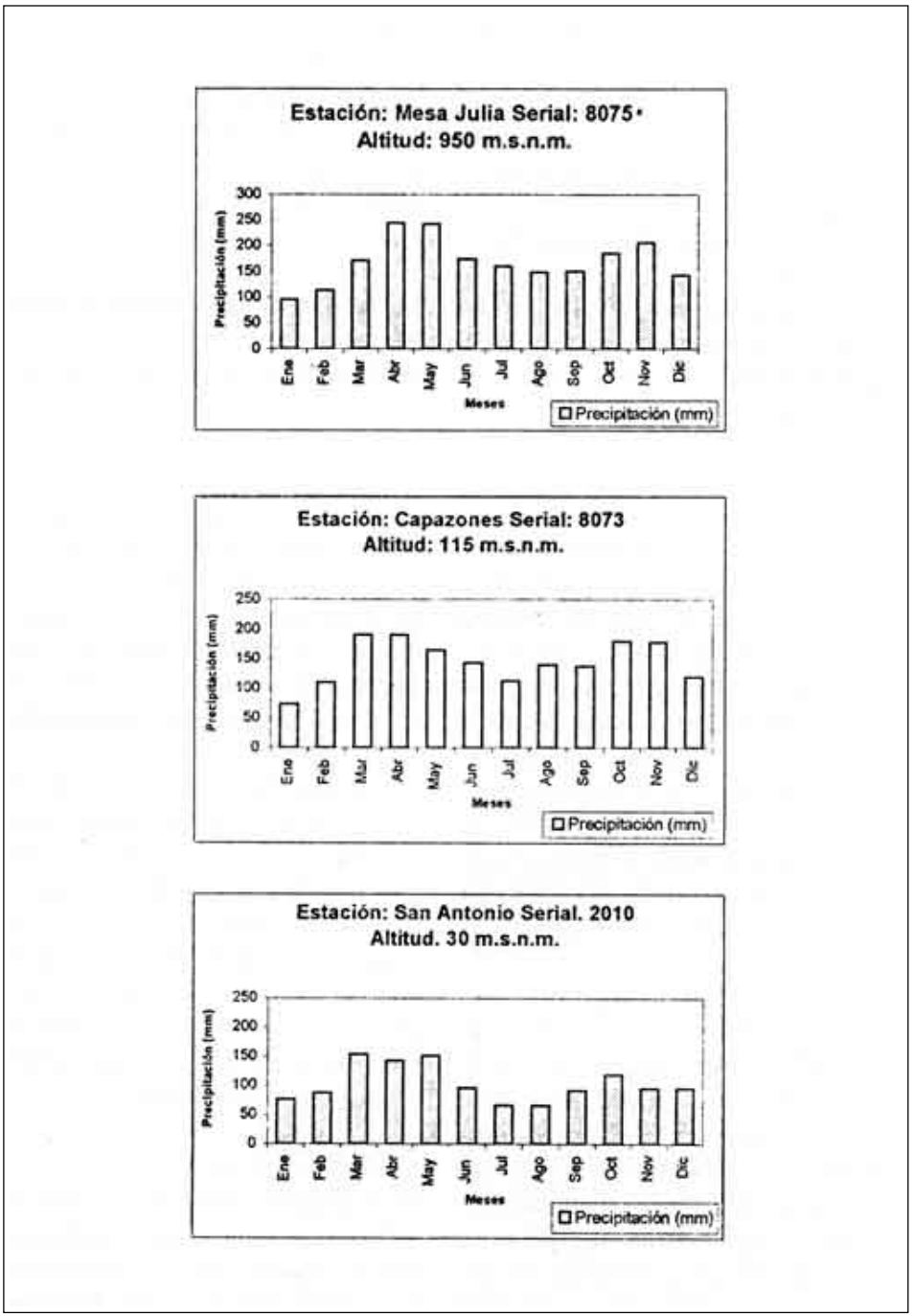

Figura 1. Distribución de las lluvias en las estaciones consideradas en este estudio.

nes del perfil 4, presenta lluvias inferiores a los 100 mm durante los meses de enero - febrero y julio - agosto, lo que sugiere dos cortos períodos de posible escasez de humedad en el suelo.

Características morfológicas de los suelos

Los suelos presentan un desarrollo pedogenético escaso o incipiente. La mayor diferenciación de horizontes y grado evolutivo se apreció en los suelos desarrollados sobre el cono de deyección del Qii, perfiles 2 y 3, clasificados como Dystrudepts típicos; mientras que los perfiles 1, 4 y 5, desarrollados sobre cono de deyección, napa de explayamiento y cono-terraza del Qi, respectivamente, fueron agrupados en los subgrupos de los Udorthents típicos y Udipsamments típicos, (USDA, 1998). Con excepción del perfil 4, la pedregosidad superficial fluctúa entre 20 y 40 %, alcanzando en los horizontes más profundos hasta un 30%. Tales contenidos de pedregosidad parecen no afectar la penetración de las raíces de acuerdo a lo señalado por (Smyth, 1967).

Los horizontes superficiales de estos suelos presentan por lo general espesores mayores o iguales a 20 cm, de color pardo con marcadas diferencias en valor y croma, con agregados subangulares medios (10-20 mm) a finos (5-10 mm) de moderada pedalidad; friables y ligeramente adhesivos y plásticos. Destaca el perfil 4 por presentar agregados finos de débil pedalidad y consistencia muy friable a suelta, fenómeno que se asocia a su muy bajo contenido en arcilla. En profundidad estos suelos exhiben horizontes de alteración (Bw) u horizontes C bastante estratificados, con estructura de bloques angulares medios a finos, de moderada pedalidad y consistencia muy friable.

Características físicas de los suelos

El Cuadro 2 exhibe las principales características físicas de los perfiles de suelo analizados.

Textura

Los perfiles estudiados presentan una granulometría dominada por la fracción arena, sus contenidos de arcilla son muy bajos, inferiores a 240 g kg-1, lo que los agrupa en las familias texturales arenosa (perfil 4), franco gruesa (perfiles 1, 2 y 5) y franco gruesa-franco fina (perfil 3), (USDA, 1996).

Las características texturales de estos suelos contrastan con las clases arcillosas y franco limosas consideradas como óptimas para el cultivo de cacao (Smyth, 1967; Hardy, 1969; Wood y Lass, 1985), y aunque le confieren una excelente permeabilidad tanto al agua como al aire, su escaso contenido en partículas finas puede afectar la retención de la humedad y de los nutrientes.

Densidad aparente

Los valores de densidad, interpretados en función de la textura, se consideran bajos(Malagón, 1982), encontrándose los menores valores en los horizontes superficiales. Tales valores le confieren

Cuadro 2. Características físicas de los perfiles de suelos estudiados.

Perfil	Horiz.	Espesor cm	Granulometría (g kg-1) Arena	Arcilla	Limos	Textura	DaMg m-3	Retención humed. 0,033 MPa	1,5	Agua útil%
P 1	Ap	0-15	680	20	380	Fa	1,49	16,63	10,22	6,41
Typic	A1	15-34	620	140	240	Fa	1,53	17,61	9,46	8,15
Udorthents	AC	34-90	700	80	220	Fa	1,64	15,78	7,93	7,85
	C	90-100	620	160	220	Fa	1,48	19,92	9,80	10,12
P 2	Ap	0-18	740	20	240	AF	1,65	13,60	10,90	2,61
Typic	AB	18-33	620	120	260	Fa	1,67	16,67	10,63	6,04
Dystrudepts	Bwg	33-80	600	160	240	Fa	1,59	15,98	11,04	4,94
	Cg	80-100	700	80	220	Fa	1,55	19,83	11,48	8,35
P 3	Ap	0-20	700	100	200	Fa	1,47	16,56	12,40	4,16
Typic	AB	20-40	600	200	200	Fa-FAa	1,40	18,54	14,07	4,47
Dystrudepts	Bw	40-90+	580	240	180	Faa	1,43	19,84	14,34	5,50
P 4	Ap	0-18	840	20	140	AF	1,63	13,11	8,71	4,40
Typic	Ap2	18-25	840	20	140	AF	1,58	11,79	6,84	4,95
Udipsa-	AC	25-34	840	20	140	AF	1,63	9,06	5,21	3,85
mments	C1	34-42	880	20	100	A	1,66	7,91	3,83	4,08
	C2	42-71	880	20	100	A	1,59	6,97	3,24	3,73
	C3	71-104	960	0	40	A	-	3,60	2,18	1,42
	C4	104+	960	0	40	A	-	2,77	1,19	1,58
P 5	Ap	0-30	700	20	280	Fa	1,44	19,05	12,49	6,56
Typic	AC	30-55	700	40	260	Fa	1,57	20,17	13,63	6,54
Udorhtents	C1	55-109	680	60	260	Fa	1,61	18,08	10,62	7,46
	C2	109+	740	100	260	Fa	1,64	15,30	10,40	4,90

a estos suelos una porosidad total que fluctúa entre 36 y 45 %, favoreciendo así la rápida infiltración del agua y una buena aireación para el adecuado desarrollo radical del cacao.

Retención de humedad

La retención de humedad a 0,033 MPa de los suelos estudiados puede considerarse como baja para los perfiles 1, 2, 3 y 5 y extremadamente baja para el perfil 4, de acuerdo a los criterios de (Plá, 1977), sus valores fluctúan entre 20,17 y 13,6 % y entre 13,1 y 2,7%, respectivamente. Los contenidos de agua útil en todos los perfiles no superan el 10%, fenómeno que se asocia con sus texturas gruesas de escasa influencia sobre los fenómenos de retención de humedad. En suelos cacaoteros del sur-oeste de Nigeria, (Wessel, 1971) encontró una correlación positiva altamente significativa entre el contenido de humedad del suelo a diferentes tensiones y el contenido de arcillas más limos.

En el Cuadro 3 se aprecia que la disponibilidad de agua en estos perfiles es variable y reducida, fluctúa entre 5,32 y 12,49 cm, lo cual contrasta con los valores reportados para suelos cacaoteros de Nigeria y Brasil.

Cuadro 3. Contenidos de humedad retenida a 0,033 MPa, 1,5 MPa y agua disponible, expresados en cm de agua /cm de suelo. (*) valor expresado como % del agua retenida a C.C.

Perfil	Agua retenida a C.C en cm.	Agua retenida a P.M.P en cm.	Agua disponible en cm.
1	26,25	13,76 (52,41)*	12,49
2	26,28	17,72 (67,42)	8,56
3	21,39	15,77 (73,72)	5,62
4	12,37	7,05 (56,99)	5,32
5	29,22	18,42 (63,03)	10,80

En función de la disponibilidad de agua para las plantas, los perfiles 3 y 4 se destacan como los más susceptibles a secarse y provocar deficiencias de humedad en las plantas de cacao. (Wessel, 1971) indica que como regla general, los suelos arenosos presentan una mayor conductividad que los suelos arcillosos a bajas tensiones, mientras que a altas tensiones la situación es inversa. Por lo que si no existe un adecuado suministro de agua asociado a una buena distribución de las lluvias, las plantas de cacao consumirían una mayor proporción del agua disponible en un tiempo menor que en suelos arcillosos. (Lemée, 1955) y (Alvim, 1960) encontraron que cuando la humedad del suelo se redujo hasta el 60% del rango de disponibilidad hubo una reducción en la apertura de los estomas, fotosíntesis y transpiración de las hojas del cacao.

A pesar de las características físicas poco favorables de los suelos estudiados para la alimentación hídrica, en ninguna de las fincas consideradas se presentan problemas de estrés hídrico en las plantas, lo que indica que las precipitaciones se distribuyen uniformemente a lo largo del año y suplen las necesidades hídricas del cacao. Aún de aquellas plantas ubicadas sobre el perfil 4, de características físicas más criticas y localizado en el sector de menores precipitaciones y con dos períodos con lluvias mensuales inferiores a los 100 mm. (enero-febrero y julio-agosto), parece recibir, por su posición relativa más baja, aportes de agua por flujo subsuperficial del sector piedemontino. Estudios ecofisiológicos desarrollados por (Azócar et al., 1999) en esta parcela indican que las plantas expuestas al sol, presentaron en la estación seca los valores más negativos de potencial hídrico(-1,62 MPa), aunque siempre por encima de los potenciales en el punto de pérdida de turgor (-2,12 MPa).

Características químicas

El Cuadro 4 exhibe las principales características químicas de los suelos estudiados. pH.

Con excepción del perfil 4 que presenta una reacción ligeramente ácida en todos sus horizontes, los suelos restantes exhiben en sus primeros 30 cm una reacción muy ácida, con valores de pH que tienden a incrementar ligeramente con la profundidad. Las diferencias en la reacción de estos suelos se

Cuadro 4. Características químicas de los perfiles de suelo estudiados.

Perfil	Hte	Prof cm	pH Agua	pH KCl	C.O gkg-1	Nt gkg-1	MO gkg-1	P Mgkg-1	C.I.C Cmolkg-1 Tot	C.I.C Cmolkg-1 efec	Bases Cmolkg-1 Ca	Bases Cmolkg-1 Mg	Bases Cmolkg-1 K	% S.B	Al Cambiable cmol kg-1	% Sat. Al
1	Ap	015	4,67	3,63	24,3	1,80	41,8	4,90	12,0	4,45	2,48	0,99	0,17	30	0,80	6,67
	A1	1534	5,11	3,42	4,50	0,40	7,90	3,50	5,00	4,10	1,47	0,74	0,07	46	1,30	26,00
	AC	3490	5,14	3,63	4,20	0,40	7,20	5,25	5,50	2,99	0,91	0,36	0,08	25	1,00	18,18
	C	90100	5,52	3,62	0,60	0,40	1,10	0,00	13,5	2,01	1,35	0,54	0,08	15	0,00	0,00
2	Ap	018	4,36	3,76	16,80	1,40	28,9	7,00	6,00	2,49	0,10	0,08	0,10	5	1,90	31,67
	AB	1833	4,76	3,83	12,90	0,90	22,2	0,00	4,50	2,56	0,01	0,04	0,10	4	2,30	51,11
	Bw	3380	5,03	3,86	3,30	0,50	5,80	1,75	4,25	2,63	0,00	0,02	0,10	3	2,40	56,47
	Cg	80100	5,11	3,91	4,20	0,20	7,20	1,05	4,75	2,87	0,00	0,01	0,07	2	2,40	50,53
3	Ap	020	4,17	3,61	16,40	1,90	28,2	1,05	7,50	3,30	0,10	0,08	0,11	4	2,70	36,00
	AB	2040	4,49	3,74	16,70	1,30	2,89	1,05	7,00	3,61	0,01	0,05	0,04	2	3,30	47,14
	B	4080	4,36	3,77	12,40	0,90	21,4	0,00	5,50	3,37	0,00	0,02	0,04	1	3,20	58,18
4	Ap	018	5,67	4,49	19,60	1,20	33,7	38,50	7,00	2,42	2,09	0,25	0,06	35	0,00	0,00
	A1	1825	6,11	4,51	12,50	0,60	21,5	23,10	4,50	1,44	1,24	0,10	0,08	32	0,00	0,00
	AC	2534	6,80	4,52	7,70	0,40	13,3	61,25	2,50	0,75	0,62	0,05	0,07	30	0,00	0,00
	C1	3442	6,39	4,55	3,40	0,10	5,80	77,70	3,25	0,46	0,37	0,03	0,05	15	0,00	0,00
	C2	4271	6,73	4,53	2,60	0,10	4,50	84,00	1,50	0,35	0,17	0,02	0,14	23	0,00	0,00
	C3	71104	6,46	4,57	1,40	0,10	2,40	112,00	1,25	0,14	0,09	0,01	0,03	11	0,00	0,00
	C4	104109	6,53	4,56	2,20	0,20	3,80	74,20	0,75	0,10	0,06	0,00	0,03	13	0,00	0,00
5	Ap	030	4,29	3,59	14,80	1,30	25,6	2,10	6,25	3,11	0,28	0,10	0,12	8	2,00	32,00
	AC	3555	4,68	3,67	6,20	0,70	10,7	8,75	7,00	2,74	0,29	0,10	0,14	8	1,90	27,14
	C1	55109	4,64	3,92	5,40	0,60	9,40	33,25	4,50	1,43	0,05	0,05	0,12	5	1,00	22,22
	C2	109120	5,10	4,20	1,80	0,02	0,32	66,50	3,00	1,21	0,06	0,03	0,11	7	0,70	23,33

explican por la adición de fertilizantes y enmiendas para el primero, mientras que para los restantes su acidez se asocia a la influencia de los materiales parentales, constituidos por rocas ígneas ácidas, y a la intensa lixiviación a que estan sujetos estos suelos.

La diferencia en los valores de pH en agua y KCl indican una alta acidez potencial asociada a la presencia de aluminio cambiable, catión que puede limitar el desarrollo exitoso del cultivo por sus efectos sobre la nutrición mineral y crecimiento radical.

Los suelos estudiados presentan valores de pH inferiores a los reportados por (Wood y Lass, 1985) y (Wessel, 1971) para suelos cacaoteros de Brasil, Ghana y Nigeria.

Carbono orgánico

En los horizontes superficiales el carbono orgánico se presenta en concentraciones medias, sus valores fluctúan entre 14,8 y 24,3 g kg-1. Con la profundidad tiende a decrecer paulatinamente hasta alcanzar valores muy bajos, lo cual refleja el ciclo superficial de este elemento. Estos valores, inferiores al contenido mínimo de 35 g kg.-1 recomendados por (Wood y Lass, 1985) y (Rodríguez, 1992) para el óptimo desarrollo del cacao, pueden ser el resultado del uso previo del suelo a la implantación del cacao, ya que bajo cultivos anuales y pastizales la mineralización de la materia orgánica es más rápida que bajo bosque. Por otra parte, en las plantaciones establecidas en conos de deyección, perfiles 1, 2 y 3, una gran parte de la hojarasca es arrastrada de la superficie del suelo por el desborde de drenes naturales durante los períodos de máximas lluvias, con lo que se reduce la incorporación de materia orgánica al suelo y los nutrientes contenidos en ella.

Nitrógeno total

Este elemento presentó una distribución en el perfil similar al carbono orgánico, sus valores son medios en los horizontes superficiales de todos los perfiles y tienden a disminuir con la profundidad hasta alcanzar los valores más bajos. La mayor concentración de nitrógeno se encontró en el horizonte superficial del perfil 3, seguida por aquella del perfil 1, 2, 5 y 4. No se apreciaron diferencias marcadas en los contenidos de nitrógeno entre estos suelos a pesar de sus diferencias en manejo y tipos de sombra utilizadas. (Hardy, 1964) indica que la ***Erythrina glauca***, usada como sombra en los perfiles 1 y 5, contribuye a través de sus nódulos radicales, hojas y flores al enriquecimiento del suelo en más de 3%.

Capacidad de intercambio catiónico

Todos los suelos presentan una baja capacidad de intercambio de cationes en sus horizontes, sus valores son inferiores a los 12-13 cmol kg-1 indicados por (Wood y Lass, 1985) y (Rodríguez, 1992), como deseables para satisfacer las demandas nutricionales del cacao. Sólo el horizonte superficial del perfil 1, presentó una mediana capacidad de in-

tercambio (12 cmol kg-1) que se asocia a su mayor contenido de materia orgánica.

La baja capacidad de intercambio catiónico de estos suelos se asocia con sus bajos contenidos en materia orgánica y a la presencia de arcillas de baja reactividad como la caolinita, illita y cloritas. La limitada reactividad de estos suelos puede afectar la nutrición mineral del cacao y debe ser considerada al momento de aplicar fertilizantes y enmiendas bajo las condiciones climáticas de la zona.

Fósforo asimilable

Este elemento es indispensable durante todo el ciclo vegetativo de la planta, tiene una marcada influencia sobre el desarrollo de las raíces, fecundación, formación y madurez del fruto (Rodríguez, 1992). Su concentración en los primeros 30 cm es muy baja en la mayoría de los suelos, excepto en el perfil 4 donde se presenta en cantidades moderadamente altas. Su distribución con la profundidad es bastante variable, tiende a decrecer en los perfiles 1, 2 y 3 alcanzando valores inferiores a los contenidos óptimos de 40 y 100 mg kg-1,indicados por (Hardy, 1.958) y (Jadim, 1992), respectivamente. En los perfiles 4 y 5, el fósforo tiene una marcada tendencia a incrementar con la profundidad, alcanzando en el primero una concentración de 112 mg kg-1 a 100 cm.

Bases cambiables y saturación de bases

El calcio, magnesio y potasio se presentan en estos suelos en concentraciones muy bajas, con valores inferiores a los limites de adecuación para el cacao recomendados por (Hardy, 1958) en base a su amplio conocimiento de los suelos de las Indias Occidentales y de América latina. La baja fertilidad de los suelos analizados puede tener efectos sobre importantes procesos fisiológicos que se reflejan en la producción y calidad de los frutos. Al respecto, (Saenz, 1988) indica que la deficiencia en calcio, magnesio y potasio provocan, respectivamente, la caída prematura de las hojas y la muerte de los brotes; los contenidos de grasa en las semillas y el fortalecimiento de los tejidos y la formación de la cáscara del fruto.

La pobreza en bases cambiables de estos suelos se refleja en tasas de saturación del complejo absorbente inferiores al 60% recomendado por (Jadim, 1992) para suelos cacaoteros africanos.

Aunque se le ha asignado un limitado valor a las determinaciones de los nutrientes individuales, las relaciones entre las bases cambiables y otros elementos nutritivos ha servido de guía para una adecuada alimentación del cacao. Tomando en consideración los rangos deseables indicados por (Hardy, 1958) para las relaciones $Ca/Mg < 4$ y $(Ca + Mg)/K > 25$: con excepción del perfil 4, los perfiles restantes se ajustan al valor de la primera relación, mientras que la segunda solo se alcanza en el horizonte superficial del perfil 4, lo que sugiere la existencia de ciertos desbalances nutricionales en estos suelos.

La saturación de bases de los horizontes superficiales fue alta (30-34%) en los perfiles 1 y 4; baja (8%) en el perfil 5 y muy baja (4%) en los perfiles 2 y 3.

Acidez cambiable

Con excepción del perfil 4, la acidez cambiable presentó valores en los horizontes superficiales que fluctuaron entre 0,80 y 3,00 cmol kg-1, presentando en la mayoría de los perfiles una tendencia a aumentar con la profundidad. La máxima concentración se presentó en el perfil 3, entre los 20 y 40 cm de profundidad. En el perfil 5 la acidez tiende a disminuir con la profundidad.

El aluminio de cambio contribuye con más del 80% de la acidez cambiable, su concentración varia entre 0,70 y 3,30 cmol kg-1 y alcanza los valores más elevados en los horizontes subsuperficiales de los perfiles 2 y 3.

Con excepción del perfil 1 y 4, los contenidos de aluminio superan hasta 30 veces la suma de bases Ca, Mg y K, lo que se traduce en porcentajes de saturación con aluminio que fluctúan entre 7 y 58 %. (Enríquez, 1985) indica que una saturación con aluminio del 26% limita la fertilidad de los suelos cacaoteros. Por otra parte, (Caudle, 1988) indica al cacao como una planta moderadamente resistente a la saturación con aluminio, pues soporta hasta 40 % de saturación con este elemento sin que se afecte marcadamente su producción. De acuerdo a este criterio los perfiles 2 y 3 presentan las condiciones químicas más severas, posiblemente asociadas a problemas de toxicidad, inhibición del desarrollo de raíces alimentadoras, nutrición mineral y resistencia a plagas y enfermedades, que pueden afectar severamente el desarrollo y producción de las plantas.

Conclusiones

Los materiales parentales tienen una marcada influencia sobre las características físicas y químicas de los suelos estudiados. El predominio de la fracción arenosa le confiere una alta permeabilidad al aire y al agua, y débil capacidad de retención de humedad y de nutrientes. En la mayoría de las parcelas estudiadas, la textura gruesa parece no afectar la disponibilidad de agua para las plantas debido a la ocurrencia de abundantes y bien distribuidas lluvias durante el año. La posición topográfica es considerada como un factor de importancia en la alimentación hídrica de las plantas ubicadas en sectores de menor totales anuales de lluvia y no distribuidas uniformemente a lo largo del año, debido a los aportes de agua que reciben por flujo subsuperficial del sector piedemontino.

Las características químicas de los suelos, constituyen la principal limitante para el desarrollo y producción del cacao en la zona. Las limitaciones impuestas por los bajos niveles de pH, materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio, potasio y altos niveles de aluminio cambiable en estos suelos, indican la

necesidad de aplicar fertilizantes y enmiendas no sólo para mejorar el contenido y balance de nutrientes en el suelo, sino también su funcionamiento global, a través de su influencia sobre el desarrollo y abundancia de raíces alimentadoras del cacao, las cuales se desarrollan en los primeros 20 cm del suelo. Dado a que la materia orgánica está estrechamente relacionada con el mejoramiento de las propiedades físico-químicas de los suelos, una posible solución a las limitaciones impuestas por la baja fertilidad de los suelos en las actuales condiciones socioeconómicas de la mayoría de los productores, la constituye el manejo de los niveles y calidad de la materia orgánica del suelo mediante la aplicación de enmiendas orgánicas o "compost", elaboradas con los residuos vegetales postcosecha de las plantaciones.

Adicionalmente se requiere de la acción mancomunada de todos los actores del circuito cacaotero, tanto públicos como privados, para la solución de los problemas sociales y económicos que limitan la adopción de innovaciones tecnológicas orientadas al mejoramiento de la producción y productividad de este rubro agrícola de importancia para la economía regional.

Referencias citadas

ALVIM, P.T. 1960. *Las necesidades de agua en el cacao*. **Turrialba**. 10 (1). Costa Rica.

AZÓCAR, A.; GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, M.; JAIMEZ, R.; RADA, F. y RAMIREZ, F. 1999. Estudio agro-ecofisiológico de diferentes alternativas de sombra con especies frutales en cultivos de Theobroma cacao, variedad Porcelana, en el área del Sur del Lago de Maracaibo. *Jornadas Técnicas del Cacao*. Fundacite-Aragua. Maracay, Venezuela.

CAUDLE, N. 1988. **Groundworks 1. Managing soil acidity. First Tropsoils Workshop on Soil Acidity and Liming**. University of Hawai. USA.

COMISIÓN DEL PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS (COPLANARH). 1975. **Inventario Nacional de Tierras. Región Maracaibo**. Venezuela. Serie II. 156 p.

ENRIQUEZ, G. A. 1985. *Curso sobre el cultivo de cacao*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

HARDY, F. 1958. **Cacao soils**. Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Florida.

HARDY, F. 1964. *Suelos y ecología de la región cacaotera de Ecuador*. **Revista Turrialba**. Vol. IX, N× 2. Centro Interamericano del Cacao. Turrialba, Costa Rica.

HARDY, F. 1969. *Relación carbono-nitrógeno*. **Revista Turrialba**, vol. IX, N× 1. IICA. Costa Rica.

JADIM, P. 1992. **L'agronomie du cacaoyer a L'IRCC**. Institut de Recherches du café, du cacao et autres plantes stimulantes. Centre de Cooperation Internationale en Recherche

Agronomique pour le Developpment (CIRAD), France.

LEMEE, G. 1955. *Influencia de la alimentación en agua y de la sombra en la economía hídrica y la fotosíntesis del cacao*. **Agronomia Tropical**. N° 10. Costa Rica.

MALAGÓN, D. 1982. **Caracterización de Suelos. Interpretación Integral en Función de su Evolución.** Serie Suelos y Clima SC-S5. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

PLA S. I. 1977. *Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales*. UCV, Instituto de Edafología, Maracay, 112 p.

PORTILLO, E.; MARTÍNEZ, E.; ARAUJO, F.; PARRA, R. y ESPARZA, D. 1995. *Diagnóstico Técnico Agronómico para el cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) en la Zona Sur del Lago de Maracaibo*. **Revista Facultad de Agronomía (LUZ)**. 12 (2). Maracaibo, Venezuela.

RODRÍGUEZ, N. DE S. 1992. *Historia y origen del cacao.(Ecofisiología del cacao)*. Departamento de Agronomía de Café y Cacao, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay - Venezuela.

ROSALES, H. y UREÑA, N. 1995. *Diagnóstico de las áreas cacaoteras de la Zona Sur del Lago de Maracaibo*. Informe de Pasantía. Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes. Mérida - Venezuela.

ROSALES, H. y UREÑA, N. 1998. *Caracterización físico-química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo. Sector río Capazón y río Tucanizón*. Tesis de grado. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.

SAENZ, C. B. 1991. **El cultivo del cacao**. Federación de cafeteros de Colombia. Editorial Tolaser. Colombia.

SMYTH, J. A. 1967. *Selección de los suelos para el cultivo del cacao.* FAO. Boletín sobre suelos N×5. Roma-Italia.

USDA. 1996. **Keys to Soil Taxonomy**. Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington, D.C.

USDA, 1998. **Keys to Soil Taxonomy**. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington, D.C.

WESSEL, M. 1971. Fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao L.) in southwestern Nigeria. Communication N° 61 of the Department of Agricultural Research of The Royal Tropical Institute. Amsterdam, The Netherlands.

WOOD, G.A.R. y LASS, R. A. 1985. **Cocoa. Tropical Agricultural**. Series Logman Scientific& Technical. Fourh edition. London, England.