

PROPIEDADES MORFOLOGICAS, FISICAS Y QUIMICAS Y
CLASIFICACION DE OCHO LATOSOLES DE PANAMA

por

Gustavo A. Tirado

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba Costa Rica

Marzo, 1970

PROPIEDADES MORFOLOGICAS, FISICAS Y QUIMICAS y
CLASIFICACION DE OCHO LATOSOLES DE PANAMA

Tesis

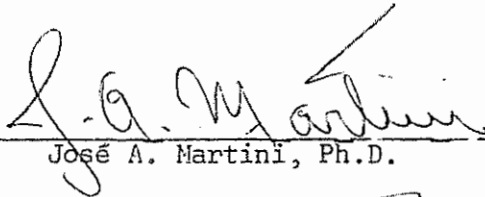
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



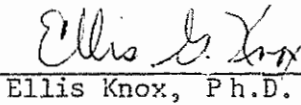
José A. Martini, Ph.D.

Consejero



Gilberto Páez, Ph.D.

Consejero



Ellis Knox, Ph.D.

Consejero



Fausto Maldonado, M.S.

Consejero

Marzo, 1970

A mis Padres

A mi Esposa

A mis Hijas

A mis hermanos:

Luis

Hegla

Rafael

Danny

Johnny

A la memoria de
César Luis

AGRADECIMIENTO

Al Dr. José A. Martini, por su inapreciable ayuda y esfuerzos en el presente trabajo.

Al Dr. Gilberto Páez, a quien sincera y profundamente agradezco enseñanzas, consejos, dedicación y el auxilio desinteresado para la elaboración de este trabajo.

A los señores Dr. Ellis Knox y Fausto Maldonado, M.S., por sus consejos y ayuda a la realización de este trabajo.

Al señor Licenciado Fernando Alvarez, Secretario de Estado de Agricultura de la República Dominicana por permitirme realizar estos estudios de Posgrado.

Al señor Manuel Gómez C. quién siempre me estimuló a superarme.

A mis queridos don Adán Méndez y señora, por el valor y estímulo que siempre supieron infundirme.

A mis compañeros Marcelo Jorge, Luis Delgado de la Flor, Mirta Castillo, Ramón Trigoso y Jorge Pacheco quienes supieron compartir inolvidables momentos en esta Institución.

Al amigo y compañero Marciano Macías V. por su gran ayuda en la realización de este trabajo y su amistad desinteresada.

A todas aquellas personas que en una u otro forma hicieron posible mi estadía en ésta así como la realización de este trabajo.

Al IICA-CEI y al Programa Multinacional por haberme otorgado la beca que me permitió realizar mis estudios.

BIOGRAFIA

El autor nació en Laguna Salada, República Dominicana en 1937.

En 1957, ingresó a la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México, de donde egresó como Ingeniero Agrónomo en Julio 1962.

Realizó estudios Posgraduados en el Departamento de Fitotecnia y Suelos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica de Octubre 1968 a Marzo 1970.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	x
1. INTRODUCCION	1
1.1 El Problema	1
1.2 Objetivos	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 El Término Laterita	3
2.2 Morfología y Génesis de los Lateritas	3
2.3 El Término "Latosol".	4
2.4 Constitución, Morfología y Propiedades Físicas y Químicas de los Latosoles	4
2.5 "Latosoles" de Panamá	8
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 Localización del Estudio.	9
3.2 Trabajo de Campo.	9
3.2.1 Extracción de muestras por horizontes	10
3.3 Trabajos de Laboratorio	11
3.3.1 Preparación de las muestras	11
3.3.2 Análisis químicos	11
3.3.3 Análisis físicos.	15
4. RESULTADOS Y DISCUSION	18
4.1 Descripción General de los Perfiles	18
4.1.1 PA-1 "Chiriquí arcilloso, 51"	18
4.1.2 PA-2 "Dolega arcilloso, 501"	18
4.1.3 PA-3 Parita "550"	19
4.1.4 PA-4 "Nata Franco, 70"	19
4.1.5 PA-5 Guararé arcilloso.	19
4.1.6 PA-6 Tocumen.	19
4.1.7 PA-7 Buenavista	19
4.1.8 PA-8 San Lorenzo.	21
4.2 Descripción de los Horizontes	21
4.2.1 Perfil PA-1 "Chiriquí arcilloso, 51"	21
4.2.2 Perfil PA-2 "Dolega arcilloso, 501"	24
4.2.3 Perfil PA-3 Parita "550".	26
4.2.4 Perfil PA-4 "Nata Franco, 70"	27

	<u>Página</u>
4.2.5 Perfil PA-5 Guararé arcilloso	28
4.2.6 Perfil PA-6 Tocumen	30
4.2.7 Perfil PA-7 Buenavista.	31
4.2.8 Perfil PA-8 San Lorenzo	32
4.3 Propiedades Físicas y Químicas.	33
4.4 Clasificación de los Perfiles Estudiados.	43
4.5 Meteorización y Lixiviación	46
4.6 Fertilidad y Productividad.	49
5. CONCLUSIONES	50
6. RESUMEN.	52
6a. SUMMARY.	54
7. LITERATURA CITADA.	55

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
1.	Características generales de los perfiles en estudio	21
2.	Características químicas y físicas del perfil PA-1, "Chiriquí arcilloso, 51".	34
3.	Características químicas y físicas del perfil PA-2, "Dolega arcilloso, 501"	35
4.	Características químicas y físicas del perfil PA-3, "550"	36
5.	Características químicas y físicas del perfil PA-4, "Nata Franco, 70"	37
6.	Características químicas y físicas del perfil PA-5, Guararé arcilloso	38
7.	Características químicas y físicas del perfil PA-6, Tocumen	39
8.	Características químicas y físicas del perfil PA-7, Buenavista.	40
9.	Características químicas y físicas del perfil PA-8, San Lorenzo	41
10.	Clasificación de los "Latosoles de Panamá".	45

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		
1.	Localización de los perfiles de suelos en la República de Panamá	20
2.	Perfiles de los suelos estudiados	42

1. INTRODUCCION

A pesar de existir un Mapa General de Suelos de Panamá, preparado por M. M. Striker y publicado por la Sección de Suelos del Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias en 1964, este país no cuenta con estudios detallados de sus suelos, excepto en alguna de sus zonas. Esto plantea la necesidad de dedicar mayores esfuerzos para verificar los trabajos ya existentes y para continuar con la clasificación de otras áreas utilizando algún orden de prioridades. Indudablemente esto traerá como consecuencia mejores soluciones a los problemas de manejo y uso de los suelos (19). Por lo general en nuestros países se han formulado recomendaciones para el manejo de los suelos sin la existencia de estudios diagnósticos del potencial productivo del suelo, lo cual no es recomendable.

Este estudio de clasificación intenta servir como punto de partida para trabajos posteriores que ayuden a determinar con mayor exactitud las áreas de "Latosoles" y otros ordenes de suelos, así como conocer sus niveles de fertilidad y la clase de uso y manejo más adecuado.

1.1 El Problema

Los escasos estudios existentes sobre clasificación de suelos, en nuestro medio y la necesidad de conocer mejor los suelos del área tropical de América, representan un problema que amerita solución.

Muchos estudios realizados en los trópicos coinciden en indicar la existencia de los "Latosoles". Sin embargo, no todos ellos se clasifican como oxisoles ya que frecuentemente carecen del horizonte óxico, diagnóstico de estos últimos. Esto indica que algunos de los suelos denominados "Latosoles" no son tan meteorizados ni lixiviados

como se esperaba.

1.2 Objetivos

Los objetivos de este estudio fueron los siguientes:

1.2.1 Caracterización de las propiedades físico-químicas de los perfiles de los suelos de Panamá y determinación de la variabilidad de éstos y de las relaciones existentes entre propiedades.

1.2.2 Clasificar los suelos estudiados de acuerdo al nuevo sistema de clasificación del USDA, la Séptima Aproximación (49).

2. REVISION DE LITERATURA

Los denominados suelos "Rojos" y "Amarillos" de los trópicos y sub-trópicos comprenden parte importante de los suelos del mundo; la denominación de estos suelos y la determinación de sus características han sido objeto de diversos estudios, debido a lo relativamente poco que se conoce sobre estos suelos.

2.1 El Término Laterita

La palabra laterita proviene de la raíz latina "later" que significa ladrillo. Estos suelos son usados en la India, como en otras partes del mundo, para fabricar ladrillos y construir paredes. Buchanan (41) denominó con el vocablo "Laterita" a los depósitos de apariencia ferruginosa, vesicular, sin estratificación aparente.

Kellogg(25) prefiere usar el término "Laterita" para los materiales ferruginosos que se endurecen al aire como también a las formas fósiles de dichos materiales. Basándose en esto, en la 7a. Aproximación se llama plintita a un material de condiciones similares pero que no se ha endurecido.

2.2 Morfología y Génesis de las Lateritas

El material lateritizado constituye depósitos de espesor variable, de color rojo sin distinción de capas, estructura maciza, endurecido irreversiblemente, en la mayoría de los casos, y aunque pueden mostrar las características de las rocas, sus propiedades físicas y químicas han sido alteradas, considerablemente.

Alexander y Cady (2) definen las "Lateritas" como materiales alta y profundamente meteorizados, ricos en óxidos secundarios de hierro,

aluminio o ambos, carentes de bases y silicatos primarios, que pueden endurecerse con la alternación de humedad y secado, facilitando así la formación de rocas pseudomórficas.

2.3 El Término "Latosol"

Kellogg (25) sugirió el término "Latosol", para ser usado en la clasificación y nomenclatura preliminar de los Grandes Grupos Zonales de regiones tropicales y ecuatoriales. Estos grupos de suelos poseen las características siguientes: baja relación sílice/sesquióxidos de las fracciones arcillosas, baja capacidad de intercambio catiónico, bajo contenido de los constituyentes solubles, alto grado de estabilidad de agregados, bajo contenido de materiales o minerales primarios, excepto los altamente resistentes.

Los "Latosoles" pueden presentar un aumento de arcilla con la profundidad debido al material parental o al movimiento descendente de la arcilla a través del perfil. Los horizontes A, principalmente el A₁, son altos en materia orgánica y casi siempre le confieren colores oscuros.

2.4 Constitución, Morfología y Propiedades Físicas y Químicas de los Latosoles

Aubert (3) afirma que el proceso de laterización o de ferralitización que caracteriza a los "Latosoles" está constituido por el conjunto de fenómenos que llegan a una alteración extremadamente avanzada de la roca madre y a una individualización de elementos como sílice, manganeso y los óxidos o hidróxidos de hierro, aluminio o titanio. Estos se acumulan en los horizontes superficiales donde parte de la síli-

ce is arrastrada fuera del perfil.

Bonnet (8), refiriéndose a los cuatro grupos de "Latosoles" de Puerto Rico, menciona como características prominentes la baja capacidad de intercambio de la arcilla, bajo contenido de minerales primarios y bajo contenido de constituyentes solubles.

Lobova (29) sitúa a los suelos ferralíticos del Asia Central en la banda tropical, con contenido de humus alrededor de 3 a 5%, relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos mayor de 1, con predominancia de caolinita y gibsita, CIC inferior a 10 meq/100 g de suelo.

Tanada (47) considera como características típicas la capacidad de intercambio de cationes baja, bajo contenido de sílice, óxidos de hierro y titanio y la presencia de limonita en grandes cantidades. Van der Merwe (35) al referirse a los "Latosoles" de la Unión Sudafricana indica que son pobres en bases cambiables pero que sus condiciones físicas son excelentes.

Ignatieff y Lemos (24) al referirse a algunos aspectos de los "Latosoles" y su manejo, mencionan que son de un uso muy factible por las condiciones físicas favorables; sin embargo, algunas condiciones químicas son desfavorables por la baja capacidad de cambio y baja saturación de bases y por ser altos fijadores de fósforo.

Los "Latosoles" consisten de una masa de sesquióxidos, minerales de arcilla de retículo 1:1, cuarzo y otros minerales resistentes a la meteorización, y aunque pueden encontrarse también pequeñas cantidades de minerales 2:1 y alofanas (31). Puede existir o no óxidos libres de aluminio. El contenido de limo en el "solum" es generalmente bajo y

se pueden presentar manchas y concreciones de hierro, aluminio o manganeso.

Los "Latosoles" y los suelos ferralíticos tienen propiedades similares ya que, son profundos, con horizontes de transición gradual y de estructura granular o tendiente a bloque subangular muy fina (4). Además son de alta porosidad, friables, no muestran revestimientos de arcilla en los "peds" y los minerales alterables se encuentran en muy pequeñas cantidades.

Bennema (4) indica que los "Latosoles" tienen las siguientes propiedades: diferenciación gradual entre los horizontes; ausencia o escasez de revestimientos de arcilla en los "peds"; baja capacidad de intercambio catiónico de las arcillas causado por el predominio de los sesquióxidos y la caolinita; colores amarillos o pardos en el horizonte superficial o el inmediato a éste; ausencia o casi ausencia de arcilla natural electronegativa y con una relación carbon/arcilla menor de 0,015 donde la arcilla se ha obtenido por dispersión en agua destilada. También los "Latosoles" tienen como características importantes: ausencia de estructuras bien desarrolladas, de bloques o prismáticas. Las unidades estructurales son frecuentemente gránulos muy finos, coherentes, porosos, friables y macizos.

Los "Latosoles" tienen "solum" profundo; consistencia friable o muy friable en húmedo; alta permeabilidad y porosidad; baja saturación de bases en todo el perfil siendo menor en el subsuelo; valores relativamente altos de intercambio aniónico, bajas cantidades de aluminio cambiante causadas por una baja capacidad de cambio efectiva de las arcillas; alta resistencia a la erosión por su permeabilidad y su estructura porosa y además son altos fijadores de fósforo.

Bennema et al. (5), en base a la definición de "Latosol" modal, dieron como características que diferencian al horizonte B de "Latosol" del horizonte B textural, las siguientes: contraste muy débil con otros horizontes, la transición es normalmente difusa o gradual; no menos de 15% de arcilla si la textura es pesada; la estructura es generalmente granular fina o muy fina, que forma una masa porosa con coherencia débil pero puede tener estructura de bloques subangulares, de granulos finos; la porosidad es alta; los revestimientos de arcilla no son contínuos y son debilmente desarrollados. El valor de K_i (relación molecular de SiO_2/Al_2O_3) es normalmente menor que 1,8 y raramente entre 1,8 y 2,0; la capacidad de cambio de cationes es pequeña y menor de 12 meq/100 g de arcilla (método de NH_4OAc); los minerales primarios sujetos a meteorización están prácticamente ausentes, siendo éstos menos del 4% de la fracción arena; el contenido de limo es bajo y la relación limo/arcilla es menor de 0,25.

Sombroek (45) al describir las características de un "Latosol" representativo de la zona amazónica, coincide con las descritas por Bennema (4) e incluye otras, como son: la saturación de bases es muy baja en suelos con cobertura de vegetación natural; la capacidad de cambio potencial varía de 0 a 20 meq/100 g de suelo en suelos con bosque; el aluminio cambiante en el subsuelo representa alrededor del 20% de la capacidad potencial de cambio de cationes; la composición mineralógica de la fracción arcilla es muy uniforme; y las relaciones moleculares de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 son muy constantes con la profundidad.

Harris (23) concuerda con todos los aspectos anteriores; sin embargo considera que la relación SiO_2/R_2O_3 y el color, como criterio de identificación, son de poco valor.

Sherman y Alexander (43) dan una descripción de las características de los "Low Humic Latosols" en Hawaii, como sigue: el "solum" mantiene uniformidad en su composición química y mineralógica, el coloide principal es la caolinita, mayor del 50%, con óxidos de hierro y pequeñas cantidades de gibsita. La relación sílice/sesquióxidos en la fracción arcilla va desde 1,1 a 1,7 y la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ desde 1,7 a 2,3, además informan que estos suelos están localizados entre los 70 y 800 m. s. n. m.

La información más completa de las características de los "Latosoles", cuyos miembros más meteorizados hoy se llaman oxisoles, está contenida en la Séptima Aproximación (49)

2.5 "Latosoles" de Panamá

Tomando como punto de partida los criterios expuestos por Kellogg (25), en Panamá se han descrito como Laterfícos y "Latosoles" a suelos de varias regiones (1, 32).

Mathew, Guzmán y Hansen (32) hacen referencia a "Latosoles" en las viejas terrazas del Pacífico de la Provincia de Chiriquí y los denominan "Latosoles Rojos Húmicos"; "Latosoles Chocolate Rojizo Húmicos" y "Latosoles Chocolate Húmicos".

El SICAP (1) también ha clasificado "Latosoles" en la vertiente del Pacífico y los incluye como "Latosoles Pardo Rojizo a Pardo Amarillento", en diferentes subcategorías de acuerdo con su capacidad de drenaje y características topográficas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Estudio

Los suelos estudiados se encuentran en su gran mayoría sobre terrazas aluviales y en la zona fisiográfica conocida como vertiente del Pacífico. El perfil PA-7 fue localizado en una cresta de cerros ondulados, aproximadamente a los 200 m.s.n.m. en la vertiente del Atlántico, a 54 Km. de la ciudad de Panamá, a un costado de la carretera Panamá-Colón (Interoceánica) alejado unos 150 m. de la misma vía.

Los demás perfiles se encontraron localizados aproximadamente entre los 260 y 110 m.s.n.m. en la vertiente del Pacífico. El clima predominante, en las zonas de los perfiles PA-1 al PA-6 y el PA-8, es tropical seco y de vegetación de pasto y arbustos naturales (46) en la zona del perfil PA-7 el clima que predomina es el tropical húmedo (46) y la vegetación de pasto natural y arbustos. En todos los puntos la influencia humana o animal es mínima, limitándose a la quema anual para la renovación de los pastos.

3.2 Trabajo de Campo

La localización de las áreas de muestreo se realizó siguiendo el criterio de buscar una superficie geológica madura estable o casi estable; relieve ondulado o ligeramente ondulado y pendientes no mayores de 20%. Otras condiciones son: clima tropical o subtropical, con estaciones definidas y altas precipitaciones pluviales (1, 46); vegetación de tipo de sabana o pastizales (1, 30, 46); suelos profundos, bien drenados, clasificados como "Lateríticos" o "Latosoles"; conocimiento de algunas de sus propiedades físicas y químicas.

Conocida esta información y localizadas las áreas, se procedió a realizar la excavación de los perfiles. La calicata que sirvió para la descripción, toma de datos y muestras tuvo las características siguientes: una profundidad en la mayoría de los casos de más de 1,70 m. una longitud de 2 m. y un ancho de 1,50 m.; orientación de este a oeste para dar una mayor iluminación a la excavación en estudio; corte vertical interno para mayor facilidad en la descripción y separación de los horizontes.

Para la descripción de los perfiles y el reconocimiento de sus características fisiográficas, morfológicas y físicas se siguió la técnica que recomienda FAO (18), el Manual de Levantamiento de Suelos (48) y la Séptima Aproximación (49).

3.2.1 Extracción de muestras por horizontes

En esta operación se siguió la técnica recomendada por Cline (15), y las indicaciones sugeridas por el Dr. J. A. Martini* que consisten en separar detalladamente los horizontes y extraer las muestras evitando toda clase de contaminaciones. Las muestras se obtuvieron de la parte central de cada horizonte. Colocándose en bolsas etiquetadas y con un contenido aproximado de 2,5 Kg, para la realización de los análisis físicos y químicos.

También se procedió a la extracción de micromonolitos para formar con ellos el micro perfil correspondiente, según la técnica sugerida por Martini.*

* Comunicación personal. IICA, Turrialba, Costa Rica.

En cada horizonte y por triplicado se tomaron muestras para realizar las determinaciones de densidad aparente, se usó el método del cilindro en esta operación (6).

3.3 Trabajo de Laboratorio

3.3.1 Preparación de las muestras

Las muestras secadas al aire fueron trituradas suavemente y pasadas por un tamiz de 2 mm (No. 10 A. S. T. M.). Luego de tamizadas, cada muestra fue colocada en un mezclador plástico para homogenizarlas y de aquí se retiraron las cantidades necesarias para los análisis de laboratorio.

3.3.2 Análisis químicos

Determinación del pH

La determinación del pH se llevó a cabo en agua y en CaCl_2 siguiendo la técnica sugerida por Greweling y Peech (22). El método utilizado fue el potenciométrico, usando para ello un potenciómetro Beckman de electrodos de vidrio.

Carbono orgánico

El carbono orgánico fue determinado siguiendo el método de Walkley y Black, modificado por Saiz del Río y Bornemisza (40).

Los pasos que conlleva la determinación del carbono orgánico son a través de la oxidación de la materia orgánica con dicromato de potasio 1 N y ácido sulfúrico concentrado y titulación posterior con sulfato amónico ferroso.

Los cálculos del carbono orgánico se obtuvieron usando el factor de Bemmelen, 1,724 basado en que la materia orgánica contiene

como promedio, 58% de carbono.

Nitrógeno total

Para esta determinación se utilizó el método semimicro de Kjeldahl de Bremner (13) modificado por Díaz-Romeu[✱], en el que a 1 g de suelo pasado por tamiz de 0,125 mm de malla, se le agrega 1,8 g de mezcla catalizadora (100 g de K_2SO_4 , 10 g de $CuSO_4$ y un g de selenio), y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, dejándose en predigestión alrededor de 12 horas.

La digestión se llevó a cabo en un aparato diseñado por Müller (34). Una vez enfriada la mezcla, se le agregó unos 30 ml de agua, 12 ml de NaOH 1:1 y fenolftaleína como indicador. Se destiló por 10 minutos y el amoníaco se recogió en 20 ml de H_3BO_3 al 2% y se tituló con H_2SO_4 , 0,02 M.

El método y el aparato utilizado se prestan para un análisis rápido y da una buena aproximación para análisis de rutina según lo ha comprobado Díaz-Romeu[✱].

De las anteriores determinaciones, carbono orgánico y nitrógeno total, se obtuvo la relación carbón/nitrógeno.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Para la determinación de la CIC, se siguió el método de Bower et al. (11) con las modificaciones introducidas por Díaz-Romeu y Balerdi (17). El método consiste esencialmente en la saturación de las cargas negativas del suelo con amoníaco a pH 7,0, que luego es desplazado con NaCl, y posteriormente destilado.

[✱] Comunicación personal, IICA, Turrialba, Costa Rica.

Determinación de las bases cambiables

Como se mencionó en el método anterior, la extracción hecha con acetato de amonio se utilizó en la determinación de la capacidad de intercambio catiónico. Las concentraciones de Ca, Mg y K se midieron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, Modelo 303.

De estas dos últimas determinaciones, CIC y bases cambiables, se obtuvo el porcentaje de saturación de bases al dividir la suma de las bases entre la CIC y multiplicar el resultado por 100.

Fósforo extraíble por fluoruros

Para esta determinación se usó el método de Bray y Kurtz No. 1 (12) modificado por Saiz del Río y Bornemisza (40). Está basado en que el ión fluor puede solubilizar los fosfatos de hierro y aluminio, por su propiedad de formar complejos con estos cationes, como el medio es ácido, también se disuelve la parte activa de los fosfatos de calcio presentes.

Aluminio extraíble

Se siguió la técnica descrita por McLean (30) en la cual el aluminio se extrae con KCl 1 N. La determinación se hizo por colorimetría usando aluminona (ácido aurintricarboxílico). Esta solución en un medio ligeramente ácido o neutro da un color rojo en presencia de pequeñas cantidades de aluminio (14).

La coloración se determinó por medio del fotocolorímetro universal Coleman, modelo 14.

Potasio y hierro totales

Se usó el método de Brannock et al., modificado por Martini (31). Este método consiste en la digestión de suelo finamente

molido, pasado por una malla de 0,125 mm y colocado en crisol de platino al cual se le agregan 3 ml de H_2SO_4 1:1 y 100 ml de ácido fluorhídrico concentrado. La digestión se realiza en plancha caliente por espacio de 15 horas. Luego de la disolución del suelo y dejado enfriar, se lavan las paredes internas del crisol y su tapa recibiendo el lavado en el mismo crisol. Se evapora el contenido hasta aproximadamente 3 ml y luego de enfriado se añaden de 10 a 20 gotas de ácido nítrico concentrado, los vapores blancos que se desprenden son acelerados en esta operación por un nuevo calentamiento en la plancha. De nuevo al enfriarse se agrega agua destilada casi hasta llenar el crisol calentando para homogenizar la solución, se deja enfriar y se lleva a un volumen de 50 ml. En esta solución se determinó el potasio y hierro total.

Las lecturas se realizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer, Modelo 303.

Oxidos libres de hierro

Básicamente se usó la técnica de Kilmer (27), modificada por Bornemisza e Igue (9). De acuerdo con esta técnica se pesaron 4 g de suelo seco al aire y pasado por tamiz de 0,84 mm de malla, colocándose en frascos de 250 ml de capacidad; se le agregaron 4 g de ditionito de sodio y 75 ml de agua destilada, se agitó por 12 horas y se centrifugó por 5 minutos con el objeto de sedimentar las fracciones del suelo; el supernatante se filtró a través de papel de filtro No. 2 y la suspensión se ajustó a su pH de 3,5 a 4,0 con HCl al 10%. Se llevó a volumen de 100 ml con agua destilada. Para las lecturas se hicieron diluciones de 1:100 y el hierro se midió en el espectro-

fotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Modelo 303.

3.3.3 Análisis físicos

Densidad aparente

Se usó el método descrito por Blake (6) que consiste en la determinación de la masa de un volúmen dado del suelo. La masa fue determinada por pesado del suelo luego de secado a peso constante en horno por 24 horas y a 105°C, el volúmen se obtiene del cilindro muestreador.

Densidad de partículas

Se utilizó el método descrito por Blake (7), adaptado y modificado por Forsythe (20) y el cual consiste en determinar la densidad de las partículas sólidas colectivamente y expresar la masa total de las partículas en razón de su volúmen total, excluyendo los poros entre las partículas. Esta determinación se realizó con kerosene, cuya densidad fue previamente determinada, como medio desplazante del aire y para evitar el mojado incompleto que ocurre en suelos arcillosos cuando se usa agua para este mismo fin.

Humedad de los suelos secados al aire

Para la determinación de la humedad de los suelos secados al aire se tomaron 40 g de suelo y se llevaron a desecación a temperatura constante, 105°C, por espacio de 24 horas. El porcentaje de humedad se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \frac{\text{peso suelo secado al aire} - \text{peso suelo secado al horno}}{\text{peso suelo secado al horno}} \times 100$$

Análisis granulométrico

Para la determinación granulométrica de los suelos, se siguió el método originalmente expuesto por Bouyoucos (10), modificado por Day (16) y por Forsythe (21).

Este método consiste en suspender en una mezcla de calgon al 5%, 40 g de suelo seco al aire y con la materia orgánica previamente destruida con peróxido de hidrógeno al 30-35%; luego de agitada la mezcla anterior por 5 minutos de tiempo, se llevó a cilindro de sedimentación y a diferentes tiempos se tomó las densidades de la suspensión así como las temperaturas en ese mismo instante. Luego de cada lectura y correcciones por variaciones de la temperatura, se calibran estas lecturas y se determinan los porcentajes acumulativos para obtener la clase textural de cada suelo.

Determinación del color

El color de los suelos se determinó en húmedo, casi en capacidad de campo y seco al aire. Como tabla de comparación se usó la carta de colores Munsell (35) para suelos. El suelo en esta determinación estaba en condiciones de semidisturbado.

Retención de humedad

En esta determinación se usó el método de Richards (38), el cual consiste en colocar suelo pasado por tamiz de 2 mm en un anillo de 3,5 cm de diámetro y 1,2 cm de alto, el suelo se satura con agua destilada por 24 horas en plato poroso; las muestras se estudiaron por triplicado. La extracción del agua retenida se hace con un extractor con plato poroso, fabricado en Santa Barbara, California, U.S.A.

A los suelos se les aplicó, en cámaras de presión, presiones correspondientes a tensiones de 0,1, 0,5, 1,0, 5,0 y 15 bares por 24 horas; luego de ésto la muestra se recogió en una caja de metal, se pesó y de inmediato se sometió a secado por 24 horas y a temperaturas de 105°C. Secadas las muestras estas se volvieron a pesar para calcular la cantidad de agua retenida en cada tensión.

Dispersión de arcilla en agua

Por la información obtenida de la Séptima Aproximación(49) referente a la arcilla dispersable en agua por 16 horas, tuvo que adaptarse una técnica que consiste de los siguientes pasos: se pesan 10 g de suelo seco al aire y pasado por tamiz de 2 mm de malla y se colocan en un envase plástico de 5,5 cm de diámetro por 10 cm de altura. En el envase se marcó como punto de referencia una altura de 5 cm. La suspensión de suelo es agitada por 16 horas y luego se deja reposar por espacio de 4 horas para permitir la sedimentación de las fracciones mayores a 2 micras. De la suspensión que se obtiene después de la sedimentación, se pipetea 20 ml a un vaso de precipitados de 125 ml de capacidad y se llevan a secado a 105°C por 24 horas. La cantidad de arcilla se determina gravimétricamente.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos por observación directa en el campo y por los análisis físicos y químicos realizados. Asimismo se incluyen las características generales de los perfiles (Cuadro 1).

El sistema americano de clasificación de suelos, en su máxima expresión, la Séptima Aproximación (40), llena los requisitos y enuncia- dos propuestos por Kellogg (25).

Los datos que se presentan en este estudio siguen un orden o se- cuencia específica, es decir, se presentan las observaciones de campo de todos los perfiles, las descripciones de los mismos, las descrip- ciones de los horizontes y los datos de laboratorio.

4.1 Descripción General de los Perfiles

4.1.1 PA-1, "Chiriquí arcilloso, 51":

Suelo profundo, bien drenado, con matices rojos, sin pie- dras ni concreciones en el subsuelo, bien estructurado, textura arci- llosa. En época seca hay fuerte agrietamiento de 1 a 2 cm de ancho y de una profundidad de hasta 1 m. Suelo de vieja terraza ondulada aluvial y terreno circundante ondulado.

4.1.2 PA-2, "Dolega arcilloso, 501":

Suelo profundo bien drenado, de matices rojos, sin manchas con concreciones ferruginosas, bien estructurado, arcilloso, con plin- tita endurecida, y el horizonte "C₂" es material original altamente meteorizado. Suelo de vieja terraza aluvial y de forma ondulada en los alrededores.

4.1.3 PA-3, Parita; 550":

Suelo bien profundo, bien drenado, con matices rojos, sin manchas, con concreciones y material parental parcialmente descompuesto. Terrazas aluviales y los alrededores son las mismas formaciones, ligeramente onduladas.

4.1.4 PA-4, "Nata franco; 70":

Suelo profundo con drenaje superficial bueno pero imperfectamente drenado en su interior, con matices rojos a amarillentos, manchas rojas y grises con concreciones duras y negras de manganeso y concreciones rojas y suaves de hierro. Suelo de terrazas viejas, aluviales; campo de los alrededores ligeramente ondulado.

4.1.5 PA-5, Guararé arcilloso:

"Latosol" pardo rojizo, muy pesado, bien estructurado, con grietas muy angostas cada 20 cm y profundas, con muchas concreciones negras de manganeso, moderadamente a bien drenados, con pocas concreciones de hierro, rojas y amarillas por su moderado drenaje. El suelo de los alrededores es de terrazas aluviales ligeramente onduladas.

4.1.6 PA-6, Tocumen:

Suelo profundo, bien drenado, con matices rojos, y amarillos con manchas y concreciones rojas, sin piedras. Suelo en los alrededores es aluvial de terrazas ligera a moderadamente onduladas.

4.1.7 PA-7, Buenavista:

Suelo profundo, bien drenado, con matices rojos, arcilloso, bien estructurado, sin piedras, no hay manchas ni concreciones, y el

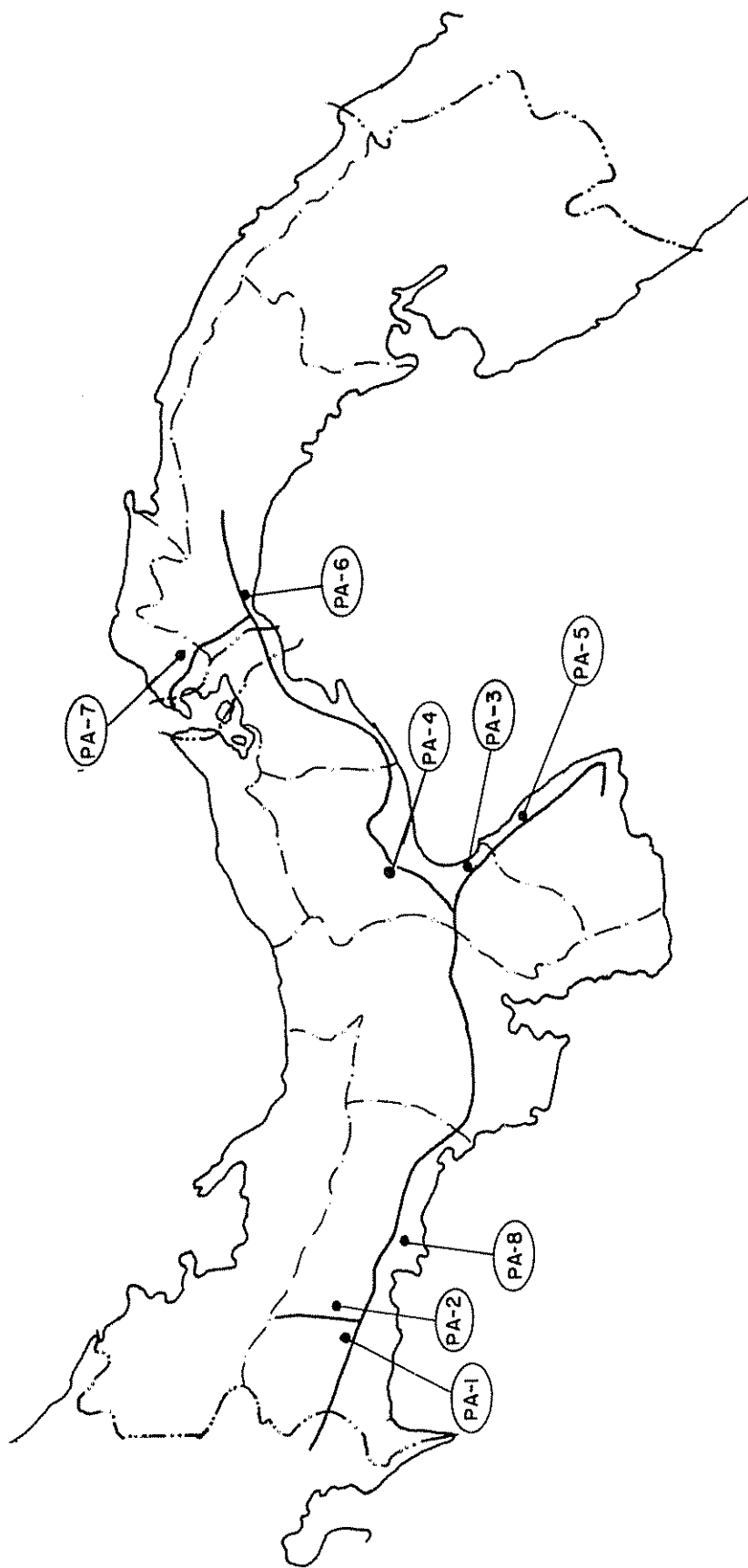


FIG. 1.- LOCALIZACION DE LOS PERFILES DE SUELOS EN LA REPUBLICA DE PANAMA.

campo en los alrededores es ligera a fuertemente ondulado.

4.1.8 PA-8, San Lorenzo:

Suelo profundo, de matices amarillentos rojizos en la parte inferior, concreciones rojas y negras, plintita endurecida; bien drenado, bien estructurado (columnar en el subsuelo) y hay grietas en época seca cada 30 a 40 cm y de 0,5 a 1 cm de ancho y con profundidad de hasta 1 m.

4.2 Descripción de los Horizontes

4.2.1 Perfil PA-1 "Chiriquí arcilloso; 51":

- A₁₁ 0-10 Pardo oscuro rojizo (5YR3/3) en húmedo y pardo oscuro (7,5YR4/4) en seco; límite gradual, plano,; estructura en bloques subangulares fina, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, muy duro en seco; raíces finas y abundantes.
- A₁₂ 10-35 Pardo oscuro rojizo (5YR3/4) en húmedo y pardo oscuro (7,5YR4/4) en seco; límite gradual, suave; estructura en bloques subangulares, fina fuerte; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro en seco; raíces muy finas y comunes.
- B₁ 35-53 Pardo rojizo (5YR4/4) en húmedo y rojo amarillento (5YR 4/6) en seco, límite gradual, plano; estructura en bloques subangulares, fina, moderada; arcilloso, plástico, adherente firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces comunes, finas.

CUADRO 1

Características generales de los perfiles en estudio

Perfil	Nombre del suelo	Localidad	Elevación m.s.n.m.	Fecha de observ.	Relieve	Fisiografía del sitio colindante	Relieve	Pendiente %
PA-1 (51)	Chiriquí arcilloso	Llanos de San Pablo 7k, sur Concepción	200	29/III/69	Declive convexo	Terraza ondulada	Terrazas onduladas	3
PA-2 (501)	Dolega arcilloso	Los Algarrobos, 7k David hacia Boquete	260	31/III/69	Declive convexo	Terraza aluvial	Terrazas onduladas	4
PA-3 (550)		Parita, Herrera	150	2/IV/69	Declive convexo	Terraza ondulada	Terrazas onduladas	3
PA-4 (70)	Nata franco	1500 m este del Río Grande, Penonomé	140	3/IV/69	Declive convexo	Terraza aluvial	Terrazas onduladas	3
PA-5	Guararé arcilloso	1 k de Guararé hacia Chitré	110	4/IV/69	Declive convexo	Terraza aluvial	Terrazas onduladas	3
PA-6	Tocumen	Entre Tocumen y Ciudad de Panamá	120	7/IV/69	Declive convexo	Terraza ondulada	Terrazas onduladas	4
PA-7		Buenavista 54 k de Panamá hacia Colón	200	8/IV/69	Declive convexo	Cresta de cerro	Colinas	5
PA-8	San Lorenzo	50 k David hacia Santiago	140	10/IV/69	Declive convexo	Terraza ondulada	Terrazas onduladas	2

Perfil	Vegetación	Clima	Material parental	Drenaje	Humedad en el suelo	Tabla de Ero- sign	Influencia humana
PA-1 51	Pasto natural sabanero	Tropical seco	Aluviones	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Quema anual
PA-2 501	Pasto natural	Tropical seco	Aluviones o lodos volcánicos	Bueno	Ligera	Profunda	Poca No hay
PA-3 550	Pasto natural	Tropical seco	Aluvi6n viejo	Bueno	Ligera	Profunda	Poca No hay
PA-4 70	Pasto natural	Tropical seco	Aluvi6n viejo	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Quema anual
PA-5	Pasto natural	Tropical seco	Aluvi6n viejo	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Potrero, Quema anual
PA-6	Rastrojo, pasto mejorado	Tropical semih6medo	Aluvi6n viejo	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Quema esporádica de pasto
PA-7	Pasto natural	Tropical h6medo	Roca sedimentaria, calc6rea	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Limpieza del pasto
PA-8	Pasto natural	Tropical seco	Aluvi6n o sedimentos costeros	Bueno	Ligera	Profunda	Poca Quema anual

- B₂ 53-74 Rojo oscuro (2,5YR3/6) en húmedo y amarillo rojizo (5YR6/8) en seco; límite gradual, plano: estructura en bloques subangulares mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco: raíces finas y pocas.
- B₂₂ 74-94 Rojo (2,5YR5/6) en húmedo y pardo intenso (7,5YR5/6) en seco; límite gradual y plano: estructura en bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco: raíces muy finas y muy pocas.
- B₂₃ 94-115 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite gradual, ondulado: estructura en bloques subangulares, mediana, moderada con tendencia a fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco: sin raíces.
- B₃ 115-170 Rojo débil (10R4/4) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/8) en seco; límite difuso; irregular; bloques subangulares, fuerte, mediana; arcilloso, plástico, friable en húmedo y duro en seco; sin raíces.
- C 170 y + Rojo amarillento (5YR5/6) en húmedo y pardo intenso (7,5YR5/8) en seco: sin estructura: arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro en seco: sin raíces.

4.2.2 Perfil PA-2 "Dolega arcilloso, 501":

- A₁₁ 0-10 Pardo oscuro (7,5YR4/2) en húmedo y pardo amarillento (10YR5/4) en seco; límite gradual, plano: bloques subangulares, mediana, fuerte: arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y muy duro en seco: raíces finas, abundantes.
- A₁₂ 10-25 Pardo oscuro (7,5YR4/4) en húmedo y pardo amarillento (10YR

5/4) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y duro en seco; raíces finas, comunes.

- B 25-55 Pardo rojizo (5YR4/4) en húmedo y pardo intenso (7,5YR5/8) en seco; límite claro, ondulado; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas, comunes.
- B 55-75 Rojo amarillento (5YR5/6) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR6/8) en seco; límite gradual, ondulado; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, friable con tendencia a firme en húmedo, duro en seco; pocas raíces, muy finas.
- B 75-110 Rojo amarillento (5YR5/6) en húmedo y pardo intenso a amarillo rojizo (7,5YR5/8, 6/8) en seco; límite gradual, ondulado; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco; raíces muy pocas y muy finas.
- B 110-140 Rojo amarillento (5YR5/6) en húmedo y amarillo rojizo (5YR6/6) en seco; límite claro, ondulado; bloques subangulares, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y duro en seco; muy pocas raíces, muy finas.
- C 140-170 Rojo amarillento (5YR5/8) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR6/6) en seco; límite claro, ondulado; bloques subangulares, gruesa, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco; sin raíces.
- C 170 y + Pardo intenso (7,5YR5/6) en húmedo y amarillo (10YR7/6)

en seco; sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco; sin raíces.

4.2.3 Perfil PA-3, Parita, "550"

- A₁₁ 0-14 Rojo amarillento (5YR4/6) en húmedo y pardo rojizo (5YR5/4) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, muy duro en seco; raíces gruesas y frecuentes.
- A₁₂ 14-35 Rojo oscuro a rojo (2,5YR3/6 a 4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite gradual, ondulado; bloques subangulares, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, muy friable en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces gruesas, pocas.
- B₁ 35-50 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR4/6) en seco; límite gradual, ondulado; bloques subangulares tendiente a columnar, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y duro en seco; raíces finas y pocas.
- B₂₁ 50-75 Rojo (2,5YR4/8) en húmedo y rojo amarillento (5Yr4/6) en seco; límite gradual, ondulado; columnar, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces finas, muy pocas.
- B₂₂ 75-100 Rojo (2,5YR5/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite gradual, ondulado; columnar, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas, muy pocas y revestimientos de arcilla en los "peda".

- B₃ 100-120 Rojo (2,5YR5/8) en húmedo y amarillo rojizo (5YR6/6) en seco; límite gradual, difuso; bloques subangulares, gruesa, moderada; arcilloso, plástico. adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas, muy pocas.
- C 120 y + Pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo y pardo muy pálido (10YR7/4) en seco; sin estructura; franco, no adherente, ligeramente plástico, muy friable en húmedo, suave en seco; sin raíces.

4.2.4 Perfil PA-4 "Nata franco, 70":

- A₁₁ 0-12 Pardo oscuro amarillento (10YR4/4) en húmedo y pardo muy pálido (10YR7/4) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; franco arcilloso, ligeramente plástico, no adherente, friable a muy friable en húmedo y ligeramente duro en seco; raíces finas y abundantes.
- A₁₂ 12-30 Pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo y pardo muy pálido (10YR7/4) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; franco arcilloso, ligeramente plástico, ligeramente adherente, friable en húmedo y suave en seco; raíces finas y frecuentes.
- B₁ 30-55 Pardo muy pálido (10YR7/4) en húmedo, blanco (10YR8/1) en seco; límite claro, suave; bloques subangulares, fina, fuerte; arcilloso, ligeramente plástico, ligeramente adherente, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces muy finas y muy pocas.

- B₂₁ 55-100 Gris pálido (10YR7/1) en húmedo y pardo muy pálido (10YR 7/4) en seco; límite claro, ondulado; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, duro en seco; raíces muy finas y muy pocas.
- B₂₂ 100-140 Gris pálido (10YR7/1) en húmedo y blanco (2,5Y8/2) en seco; límite gradual, ondulado; bloques subangulares, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, duro en seco; sin raíces y con revestimientos de arcilla en los "peds".
- B₂₃ 140-240 Gris (10YR6/1) en húmedo y blanco (2,5YR8/2) en seco, límite difuso, quebrado, sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, muy duro en seco; sin raíces.
- C 240 y + Pardo amarillento (10YR5/8) en húmedo y gris pálido (10YR 7/1) en seco, sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, muy duro en seco, sin raíces.

4.2.5 Perfil PA-5 Guararé arcilloso:

- A₁₁ 0-15 Gris oscuro rojizo a pardo rojizo (5YR4/2 a 4/3) en húmedo y pardo rojizo (5YR4/4) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares tendiendo a columnar, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y muy duro en seco; raíces finas y frecuentes.
- A₁₂ 15-25 Rojo oscuro (2,5YR3/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR 4/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares tendiente a columnar, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco;

raíces finas y frecuentes.

- B₁ 25-42 Pardo rojizo (2,5YR4/4) en húmedo y rojo amarillento (5YR4/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares tendiendo a columnar, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y duro en seco, raíces finas y muy pocas.
- B₂₁ 42-72 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR4/6) en seco; límite difuso, plano; bloques subangulares tendiente a columnar, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco, sin raíces.
- B₂₂ 72-100 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite gradual, plano; columnar, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y duro en seco; sin raíces, con revestimientos de arcilla en los "peds".
- B₂₃ 100-130 Rojo (2,5YR4/8) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR6/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, firme en húmedo y extremadamente duro en seco; sin raíces.
- B₃ 130-150 Rojo (2,5YR4/8) en húmedo y rojo amarillento (5YR4/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, gruesa, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo muy duro en seco; sin raíces.
- C 150 y + Amarillo parduzco (10YR6/6) en húmedo y amarillo rojizo (7,5YR6/6) en seco; sin estructura, franco arcilloso, lige-

ramente plástico, ligeramente adherente, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; sin raíces.

4.2.6 Perfil PA-6, Tocumen:

- A₁₁ 0-12 Pardo oscuro (7,5YR4/4) en húmedo y pardo amarillento (10YR5/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcillo limoso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces medianas y frecuentes.
- A₁₂ 12-22 Pardo rojizo (5YR4/6) en húmedo y pardo amarillento (10YR5/4) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; franco arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces medianas y comunes.
- B₁₁ 22-40 Rojo amarillento (5YR4/6) en húmedo y rojo (2,5YR5/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, fina, fuerte; arcilloso plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces finas y pocas.
- B₁₂ 40-75 Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo y amarillo parduzco (10YR6/6) en seco; límite gradual, irregular; bloques subangulares, mediana, moderada; franco arcilloso; plástico, adherente, firme en húmedo duro en seco; raíces muy finas y muy pocas.
- B₂₁ 75-115 Pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo y amarillo pálido (2,5YR7/4) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, firme en húmedo, extremadamente duro en seco; raíces muy finas y

muy pocas.

B₂₂ 115-150 Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo y amarillo pálido (2,5Y8/4) en seco; límite difuso, plano; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro en seco; sin raíces, con revestimientos de arcilla en los "peds".

B₂₃ 150 y + Pardo amarillento (10YR5/6) en húmedo y amarillo pálido (2,5Y8/4) en seco; sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; sin raíces.

4.2.7 Perfil PA-7, Buenavista, (Carr. Interoceánica):

A₁₁ 0-10 Pardo oscuro rojizo (2,5YR3/4) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, firme en húmedo, duro en seco; raíces medianas y abundantes.

A₁₂ 10-20 Rojo oscuro (2,5YR3/6) en húmedo y rojo (2,5YR4/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, duro en seco; raíces muy finas y comunes.

B₁₁ 20-40 Rojo (10R4/6) en húmedo y rojo (2,5YR5/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, fuerte, arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro en seco; raíces muy finas y pocas.

B₁₂ 40-70 Rojo (2,5YR4/8) en húmedo, rojo (2,5YR4/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro

en seco; raíces muy finas y pocas.

B₂₁ 70-105 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo (2,5YR5/6) en seco; límite difuso, plano; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, duro en seco; raíces muy finas y pocas.

B₂₂ 105-150 Rojo (2,5YR5/6) en húmedo y rojo (2,5YR5/6) en seco; límite difuso, plano; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; sin raíces y con revestimientos de arcilla en los "peds".

B₂₃ 150-185 Pardo rojizo a rojo (2,5YR5/4 a 5/6) en húmedo y pardo rojizo (2,5YR5/4) en seco; límite gradual, quebrado; bloques subangulares, mediana, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, duro en seco; sin raíces.

C 185 y + Pardo rojizo a rojo amarillento (5YR5/4 a 5/6) en húmedo, pardo rojizo claro (5YR6/4) en seco; sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; sin raíces.

4.2.8 Perfil PA-8, San Lorenzo:

A₁ 0-15 Pardo rojizo (5YR4/4) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/8) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, fina, fuerte; franco arcillo limoso, plástico, ligeramente duro en seco; raíces finas, abundantes.

A₃ 15-45 Rojo amarillento (5YR4/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares tendiendo a columnar, mediana, fuerte; franco arcillo

limoso, plástico, ligeramente adherente, friable en húmedo, ligeramente duro en seco; raíces finas, frecuentes.

- B₁₁ 45-75 Rojo amarillento (5YR5/8) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/8) en seco; límite gradual, plano; bloques subangulares, fina, fuerte; franco arcillo limoso, plástico, friable en húmedo, suave en seco, raíces finas, muy pocas.
- B₁₂ 75-100 Rojo (2,5YR5/6) en húmedo y rojo amarillento (5YR5/6) en seco; límite claro, plano; bloques subangulares con tendencia a columnar, gruesa, fuerte; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, suave en seco; raíces muy finas y muy pocas.
- B₂₁ 100-135 Rojo (2,5YR4/8) en húmedo y rojo (2,5YR5/6) en seco; límite gradual, plano; columnar, gruesa, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo y ligeramente duro en seco; sin raíces.
- B₂₂ 135-180 Rojo (2,5YR4/6) en húmedo y rojo (2,5YR4/8) en seco; límite difuso, irregular; columnar, gruesa, moderada; arcilloso, plástico, adherente, firme en húmedo, ligeramente duro en seco; sin raíces, revestimientos en los "peds".
- C₁ 180 y + Rojo (2,5YR5/6) en húmedo y rojo pálido (2,5YR6/6) en seco; sin estructura; arcilloso, plástico, adherente, friable en húmedo, muy duro en seco; sin raíces.

4.3 Propiedades Físicas y Químicas

A continuación se presentan los Cuadros nos. 2 al 9 con las propiedades físicas y químicas de los diferentes perfiles estudiados. Estos resultados se calcularon en base del peso de suelo seco al aire.

CUADRO 2. Características químicas y físicas del perfil PA-1, "Chiriquí arcilloso, 51".

Hor. cm	Prof. cm	pH	H ₂ O CaCl ₂ 0,01M	Mater. Orgán. %	N total %	P ppm	K ₂ O total %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ total %	Complejo de cambio meq/100 g de suelo			Sat. Bases %	CIC Arc. Calc.			
										C	K	Ca Mg Al					
A11	0-10	5,1	4,5	7,33	,31	13,7	1,04	,12	3,7	14,57	17,5	,14	,28	,13	1,0	3,1	8,4
A12	10-35	5,1	4,6	4,09	,06	39,7	,78	,07	1,99	16,85	14,9	,04	,12	,03	1,2	1,3	15,3
B1	35-53	5,2	5,0	2,75	,04	40,0	,70	,04	1,99	16,56	12,7	,02	,08	,02	,80	,96	15,7
B21	53-74	5,5	5,1	1,93	,03	36,7	,53	,02	2,49	16,85	9,8	,02	,04	,02	,50	,83	11,4
B22	74-94	6,0	5,5	1,34	,025	22,3	,53	,11	6,99	17,99	13,5	,03	,04	,11	,50	,62	19,7
B23	94-115	5,9	5,6	,99	,025	22,8	,42	,08	1,99	19,42	10,4	,02	,03	,01	,40	,54	18,3
B3	115-170	5,8	5,8	,60	,015	23,3	,61	,15	1,28	19,71	8,8	,02	,10	,02	,50	,60	21,3
C	170 y +	5,6	5,2	,29	,01	17,0	,70	,14	,99	16,85	16,5	,09	,35	,10	,50	3,2	45,5
X		5,5	5,2	2,4	,07	26,9	,7	,09	2,7	16,7	13,0	,05	,13	,06	,7	1,4	19,4
S		,4	,5	2,3	,09	10,4	,2	,05	1,9	1,7	3,5	,05	,18	,05	,3	1,1	11,3

Hor. Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. dispers. en H ₂ O	Porosidad %	Saturación %	Retención de humedad						Clase textural				
				1 bar %	5 bar %	15 bar %	Arc. Lim. %	Arc. %	Limo/Arc. %					
A11	1,23-1,25	2,51	3,58	50,6	78,7	36,1	33,1	26,1	25,9	28	48	34	Franco Arcilloso	1,41
A12	1,26-1,35	2,63	6,54	50,5	70,4	33,1	29,7	27,4	24,3	24	32	44	Arcilloso	,73
B1	1,09-1,24	2,64	,35	56,0	68,5	32,7	28,9	26,23	24,0	22	32	46	Arcilloso	,70
B21	1,13-1,14	2,66	,12	56,0	71,7	35,5	30,2	27,5	25,4	16	32	52	Arcilloso	,62
B22	1,00-1,08	2,66	,12	60,8	72,4	32,8	33,3	30,4	29,3	12	33	55	Arcilloso	,60
B23	1,08-1,11	2,65	,15	59,0	71,6	35,0	31,4	27,6	25,8	24	30	46	Arcilloso	,65
B3	1,06-1,12	2,65	,15	59,0	66,9	31,7	30,0	25,7	25,4	28	36	36	Fr. Arc.	1,00
C	1,08-1,11	2,71	,10	60,0	68,8	37,4	36,6	30,4	30,4	22	43	35	Fr. Arc.	1,23
X	1,14	2,64	1,39	56,5	71,1	34,2	31,6	27,7	26,3	22	26	44		,87
S	,01	,06	2,4	4,0	3,5	1,9	2,5	1,8	2,3	6	6	8		,31

CUADRO 3. Características químicas y físicas del perfil PA-2, "Colega arcilloso, 501".

Prof. cm	pH	Mater. Orgán.		N %	P ppm	K ₂ O total %	Fe ₂ O ₃ total %	Complejo de cambio meq/100 g de suelo				Sat. Bases Arc.		CIC Calc.	
		H ₂ O %	CaCl ₂ 0,01M %					CIC	K	Ca	Mg	Al	%		%
A11	0-10	5,0	4,7	3,16	1,4	0,06	3,7	12,71	9,9	18	1,78	62	9	26,2	13,1
A12	10-25	5,0	4,7	3,97	0,88	0,04	5,99	15,99	15,2	0,7	5,2	23	9	5,4	16,5
B1	25-55	5,5	4,9	1,82	0,3	0,03	35,3	16,56	13,6	0,1	1,9	13	9	3,2	20,3
B21	55-75	5,6	5,2	1,38	0,25	0,025	32,0	17,71	12,5	0,8	0,8	0,7	6	1,9	22,7
B22	75-110	5,7	5,4	0,93	0,15	0,015	36,0	17,71	14,5	1,1	1,0	0,5	5	1,8	27,5
B3	110-140	5,5	5,0	0,74	0,1	0,01	43,0	13,99	17,9	1,4	1,0	0,5	6	1,6	35,7
C1	140-170	5,6	4,8	0,40	0,008	0,008	28,8	9,14	15,9	1,9	0,7	0,6	6	2,0	48,7
C2	170 y +	5,4	4,8	0,24	0,005	0,005	26,0	10,28	15,9	0,6	0,7	0,5	1,2	1,1	59,3
X		5,4	4,9	1,54	0,05	0,05	30,3	14,30	14,4	1,1	3,6	15	8	5,4	30,5
S		5,27	3,3	1,39	0,09	0,09	10,7	3,3	2,5	0,6	5,9	19	2	8,5	16,3

Hor.	Densid. Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla en H ₂ O %	Disper. %	Porosidad %	Saturado %	Retención de humedad			Clase textural			
							> 5 bar %	1 bar %	5 bar %	15 bar %	Arc. Lim. %	Arc. %	Limo/Arc. %
A11	1,24-1,33	2,49	6,34	48,6	72,9	31,5	31,9	27,5	26,4	26	47	27	Fr. Arc. 1,74
A12	1,10-1,19	2,56	11,97	55,1	69,2	30,2	29,1	26,4	26,3	12	44	44	Arc. Lim. 1,00
B1	1,16-1,25	2,61	0,05	54,1	69,1	32,2	30,8	28,4	27,3	14	37	49	Arcilloso ,76
B21	1,26-1,31	2,64	0,05	50,1	66,4	34,4	31,1	26,9	26,4	24	33	43	Arcilloso ,77
B22	1,17-1,21	2,62	0,04	54,6	72,3	34,1	32,3	32,1	31,9	17	37	46	Arcilloso ,80
B	1,16-1,20	2,63	0,03	55,9	71,1	38,1	35,1	32,4	31,3	15	39	46	Arcilloso ,85
C	1,06-1,11	2,62	0,02	58,8	71,5	41,0	39,8	35,2	32,3	20	49	31	Fr. Arc. 1,58
C	0,98-1,02	2,62	0,03	62,0	77,1	44,9	39,8	33,9	33,3	24	50	26	Fr. Arc. 1,92
X	1,17	2,59	2,3	54,9	71,2	35,8	33,7	30,3	29,4	19	42	39	Fr. Arc. 1,18
S	1,10	2,05	4,5	4,3	3,2	5,1	4,1	3,4	3,1	5	6	9	,49

CUADRO 4. Características químicas y físicas del Perfil PA-3, "550".

Hor. cm	Prof. cm	pH	Mater. Organ.		N %	P ppm	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ total %	Complejo de cambio meq/100 g de suelo				Sat. Bases %	CIC Arc.	
			%	%						CIC	K	Ca	Mg			Al
A11	0-14	6,4	5,8	2,78	0,09	17,9	1,4	3,49	9,71	16,3	85	1,5	1,7	5	24,8	35,8
A12	14-35	6,0	5,6	1,56	0,49	18,6	0,98	1,99	9,71	15,8	34	1,2	1,25	1,0	17,7	36,2
B1	35-50	6,1	5,8	0,95	0,3	18,3	0,76	1,49	11,14	18,3	22	1,5	1,56	5	17,9	43,2
B21	50-75	6,2	5,8	0,54	0,18	17,2	0,53	2,70	11,71	19,2	16	1,6	1,68	5	17,9	47,7
B22	75-100	6,2	5,7	0,41	0,14	17,1	0,76	0,75	11,14	17,0	15	1,9	1,96	4	23,3	49,0
B3	100-120	6,5	5,8	0,23	0,1	13,0	0,78	2,49	9,71	15,4	16	2,0	2,10	1,2	27,7	51,5
C	120 y +	6,5	5,8	0,04	0,01	20,0	2,01	2,59	8,00	24,8	0,9	3,4	3,42	5	27,9	309,0
X		6,3	5,8	0,92	0,3	17,4	1,0	2,2	10,2	18,1	28	1,9	1,9	7	19,6	81,8
S		6,18	5,08	0,96	0,3	2,2	0,5	0,9	1,3	3,2	26	0,7	0,7	3	6,9	100,4

Hor.	Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla disper. en H ₂ O %	Porosidad %	Saturado %	Retención de humedad			Clase textural			Limo/Arc. Arc.	
						5 bar %	1 bar %	15 bar %	Arc.Lim.Arc. %	Arc. %	Fr.Arc. %		
A11	1,32-1,34	2,66	12,34	50,0	58,4	26,8	24,3	20,4	19,7	26	44	30	Fr.Arc. 1,47
A12	1,33-1,37	2,70	12,64	50,1	54,2	22,9	20,6	17,1	16,5	30	35	35	Fr.Arc. 1,00
B1	1,30-1,43	2,72	14,67	50,0	54,4	31,0	22,6	20,2	19,0	29	33	38	Fr.Arc. 0,87
B21	1,29-1,43	2,67	8,86	49,1	56,7	28,9	27,0	20,6	18,9	24	38	38	Fr.Arc. 1,00
B22	1,46-1,49	2,66	1,74	44,0	57,6	31,5	28,3	21,3	19,2	24	43	33	Fr.Arc. 1,30
B3	1,44-1,48	2,72	7,00	46,3	55,4	26,6	21,2	19,0	18,6	27	44	29	Fr.Arc. 1,52
C	1,30-1,43	2,73	4,25	50,2	49,4	25,7	20,0	8,9	7,0	50	42	8	Franco 5,25
X	1,39	2,69	7,0	48,5	55,1	27,6	23,4	18,2	17,1	30	40	30	1,8
S	1,06	0,03	6,2	2,43	3,0	3,0	3,2	4,4	4,2	9	4	10	1,6

CUADRO 5. Características químicas y físicas del perfil PA-4, "Nata Franco, 70".

Hor. cm	Prof. cm	pH	Mater. Organ. %	N total %	P solu. %	K ₂ O total %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ total %	Complejo de cambio meq/100 g de suelo			Sat. Bases %	CIC Arc. Calc.		
									CFC	N	Ca-Mg			Al	
A11	0-12	5,4	3,25	,16	11,4	,20	2,99	5,14	9,9	,24	,78	,84	,5	18,8	14,4
A12	12-30	5,4	1,39	,04	20,3	,09	3,99	4,28	10,9	,11	,19	,20	1,2	4,5	30,1
B1	30-55	5,4	,81	,025	18,8	,23	5,71	7,71	15,9	,32	,13	,14	3,2	3,7	33,2
B21	55-100	5,5	,81	,02	23,5	,28	6,75	7,71	14,3	,30	,23	,23	3,3	5,2	39,6
B22	100-140	5,6	,16	,015	6,0	,26	4,99	5,43	14,9	,27	,55	,74	3,1	10,5	54,0
B23	140-240	5,6	,20	,015	7,3	,24	5,71	7,14	10,9	,20	,21	,23	2,3	5,8	52,5
C	240 y +	5,2	,16	,01	9,0	,22	5,71	7,14	13,8	,15	3,0	,15	2,0	45,6	27,0
X		5,4	,95	,04	13,8	,22	5,1	6,4	12,9	,23	,72	,79	2,2	14,1	35,8
S		1,1	1,0	,05	7,0	,06	1,3	1,4	2,3	,07	1,0	1,0	1,0	15,5	14,1

Hor.	Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla en H ₂ O %	Disper. en H ₂ O %	Porosidad %	Saturado %	Retención de humedad					Clase textural			Limo/Arc.
							,5 bar %	1 bar %	5 bar %	15 bar %	Arc. %	Lim. %	Arc. %		
A11	1,31-1,37	2,61	6,10	48,6	55,0	22,1	19,1	14,5	12,4	35	40	25	Franco	1,6)	
A12	1,40-1,43	2,63	7,50	46,4	49,2	22,7	19,6	14,6	13,8	42	31	27	Franco	1,15)	
B1	1,45-1,46	2,75	,11	47,3	48,4	26,0	24,6	19,6	19,3	37	20	43	Arcilloso	,47	
B21	1,40-1,47	2,72	2,38	47,4	49,7	23,2	22,1	18,4	16,6	40	28	32	Fr.Arc.	,88	
B22	1,55-1,56	2,71	,09	42,9	51,4	27,3	24,5	19,2	17,1	36	27	27	Fr.Arc.	1,00	
B23	1,43-1,50	2,74	,27	46,7	40,6	23,5	20,0	14,7	13,5	52	28	20	Franco	1,40	
C	1,61-1,62	2,69	9,44	40,1	52,8	32,1	28,8	22,0	20,0	18	32	50	Arcilloso	,64	
X	1,46	2,69	3,7	45,6	49,7	25,3	22,7	17,6	16,2	37	29	33		1,0	
S	,09	,05	3,9	3,0	4,7	3,5	3,5	3,0	3,1	10	6	10		,4	

CUADRO 6. Características químicas y físicas del perfil PA-5, Guararé arcilloso

Hor.	Prof. cm.	pH	Mater. Orgán.		P ppm	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	Complejo de cambio meq/100 g de suelo				Sat. Bases %	CIC Arc.		
			CaCl ₂ 0,01M %	N %				total %	libre %	CIC	K			Ca	Mg
A11	0-15	6,2	5,7	6,32	1,62	,18	7,25	21,13	35,2	1,33	10,6	6,3	,3	51,7	75,2
A12	15-25	6,3	5,7	3,30	1,23	,14	7,99	19,71	31,8	1,28	10,5	5,9	,2	55,4	60,0
B1	25-42	6,6	5,9	2,03	,70	,07	8,49	19,99	30,1	,11	7,4	5,8	,1	44,2	52,1
B21	42-72	6,5	5,9	1,03	,88	,04	8,49	19,42	26,3	,08	4,7	5,5	,1	39,1	47,5
B22	72-100	6,3	5,9	,84	,78	,03	7,28	19,99	32,3	,07	5,1	8,2	,1	41,4	61,2
B23	100-130	6,3	5,8	,43	,70	,03	7,99	19,42	36,8	,08	7,5	9,9	,1	47,3	78,1
B3	130-150	6,1	5,7	,41	,61	,05	9,56	19,71	41,2	,07	9,3	11,4	,1	50,5	96,1
C	150 y +	6,1	5,8	,23	,42	,05	7,24	19,42	48,2	,07	15,9	15,4	,2	65,1	217,0
X		6,3	5,8	1,8	,9	,07	8,0	19,8	35,2	,39	8,9	8,5	,2	49,3	85,9
S		,2	,1	2,1	,4	,05	,8	,6	6,9	,56	3,6	3,5	,1	8,4	55,2

Hor.	Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla en H ₂ O %	Disper. H ₂ O %	Porosidad %	Saturado %	Retención de humedad				Clase textural				
							,5 bar %	1 bar %	5 bar %	15 bar %	Arc.Lim. %	Arc. %	Limo/Arc. %	Arc. %	
A11	1,32-1,41	2,70	14,17	49,6	63,2	33,7	32,1	28,8	25,3	26	44	30	30	Fr.Arc.	1,47
A12	1,19-1,31	2,77	16,39	55,0	64,2	31,9	29,6	26,5	23,9	20	38	42	42	Arcilloso	,90
B1	1,24-1,39	2,85	18,22	44,0	69,0	33,3	31,1	27,6	27,1	20	30	50	50	Arcilloso	,60
B21	1,32-1,38	2,77	,99	51,2	72,9	34,9	32,6	28,9	27,5	26	23	51	51	Arcilloso	,45
B22	1,29-1,47	2,83	3,04	51,3	81,6	38,5	32,8	30,9	30,2	16	34	50	50	Arcilloso	,68
B23	1,18-1,37	2,76	3,01	50,1	85,0	45,9	38,1	34,0	32,3	16	38	46	46	Arcilloso	,83
B3	1,21-1,24	2,71	20,13	55,1	85,6	44,1	40,8	33,3	32,6	15	43	42	42	Arc.Lim.	,92
C	1,02-1,09	2,73	11,58	60,9	88,0	47,8	42,7	31,5	28,5	28	50	22	22	Franco	2,27
X	1,29	2,7	10,9	52,2	76,2	38,8	34,9	30,2	28,4	21	38	41	41		1,0
S	,11	,1	7,6	4,9	10,0	6,3	4,9	2,7	3,1	5	9	10	10		,6

CUADRO 8. Características químicas y físicas del perfil PA-7, Buenavista

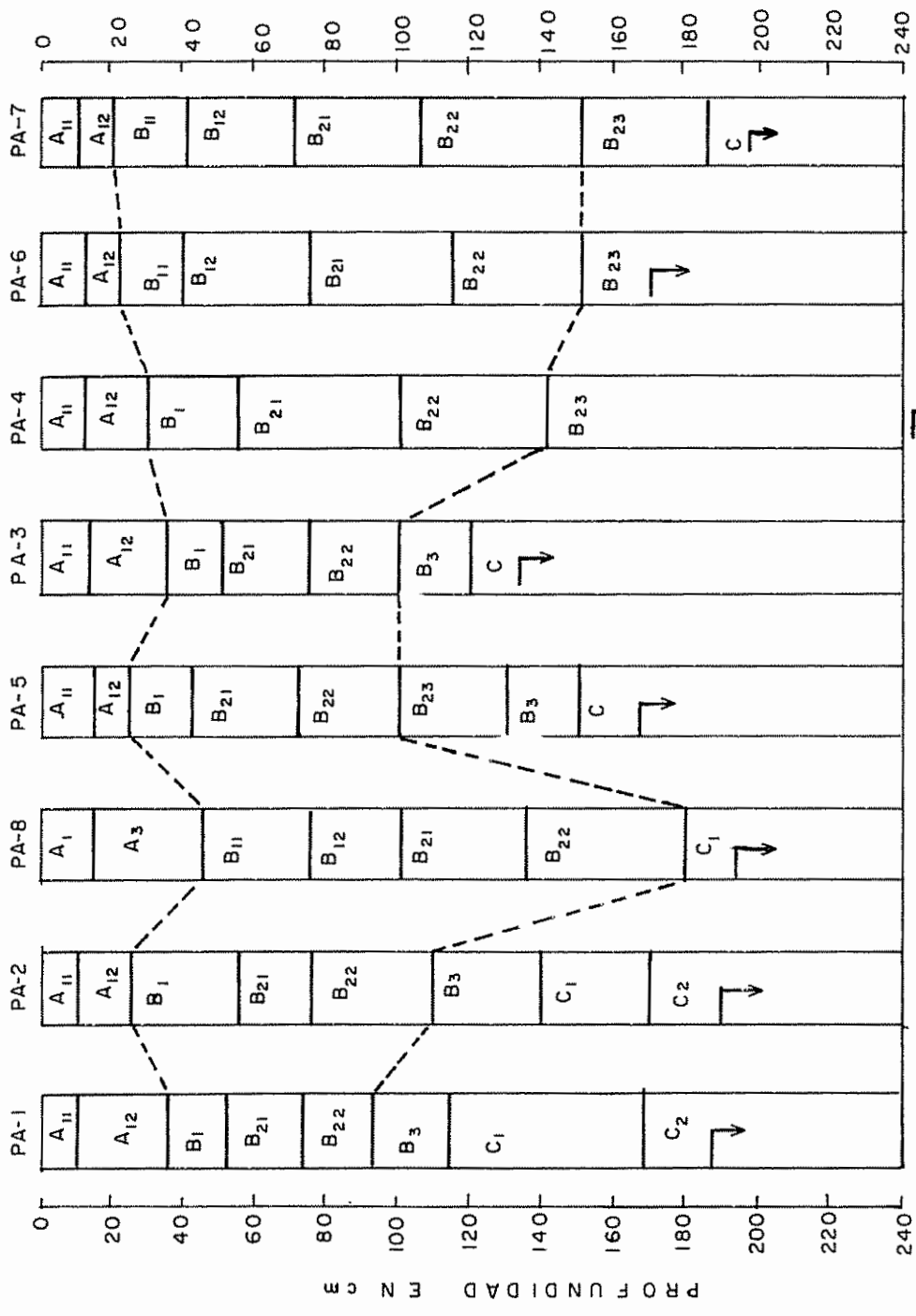
Hor.	Prof. cm.	PH		Mater. Orgán. %	N total %	C/N %	F ppm	K ₂ O total %	Fe ₂ O ₃ libre %	Fe ₂ O ₃ total %	Complejo de cambio de suelo			Sat. Bases %	CIC Arc.	Calc.	
		H ₂ O	CaCl ₂ , 01M								CIC	K	Ca				Mg
A11	0-10	4,8	4,5	5,62	15	21,8	78	24	10,23	18,56	28,0	34	2,0	1,6	1,7	14,0	25,8
A12	10-20	4,9	4,5	3,15	90	2,0	53	26	10,23	19,42	21,8	2	93	1,1	2,8	9,5	22,1
B11	20-40	5,1	4,5	6,2	02	18,0	36	28	12,7	22,85	28,4	11	16	8	3,1	3,7	51,3
B12	40-70	5,0	4,4	1,50	05	18,4	53	28	5,71	21,13	27,5	11	18	1,0	3,4	4,8	37,7
B21	70-105	5,2	4,5	4,3	015	16,7	42	31	7,24	23,13	25,9	11	07	1,2	3,6	5,3	53,3
B22	105-150	5,2	4,5	2,3	01	13,0	70	29	7,99	23,70	24,3	11	13	8	3,7	4,0	52,4
B23	150-185	5,1	4,4	2,6	01	15,0	61	27	9,99	21,71	32,1	12	13	1,0	3,9	3,9	73,4
C	185 y +	4,9	4,4	1,8	015	6,7	78	03	7,49	23,99	29,2	11	11	1,0	3,9	4,2	110,9
X		5,0	4,5	1,5	15	15,6	6	25	8,9	21,8	27,2	13	5	1,1	3,3	6,2	53,3
S		1	5	1,9	3	6,1	2	09	2,2	2,0	3,1	1	7	3	7	3,8	28,5

Hor.	Pensid. Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla disper. en H ₂ O %	Porosidad %	Retención de humedad			Clase textural			Lim/Arc.		
					5 bar %	1 bar %	15 bar %	Arc. %	Lim. %	Arc. %			
A11-1	1,07-1,11	2,63	14,02	58,2	91,4	42,4	36,4	34,6	7	28	65	Arcilloso	43
A12	1,11-1,17	2,72	14	58,1	88,9	40,3	35,8	32,9	3	27	70	Arcilloso	39
B11	0,93-1,11	2,75	06	62,9	81,6	41,8	36,8	34,6	5	42	53	Arc. Lim.	79
B12	1,15-1,17	2,82	08	58,9	90,1	43,1	37,6	35,7	6	29	65	Arcilloso	45
B21	1,19-1,31	2,78	14	55,0	37,2	42,8	35,7	34,9	4	49	47	Arc. Lim.	1,04
B22	1,07-1,21	2,82	09	59,6	81,2	42,6	36,8	36,0	9	46	45	Arc. Lim.	1,02
B23	1,10-1,20	2,83	10	59,4	80,4	43,0	35,6	32,8	10	47	43	Arc. Lim	1,09
C	1,15-1,24	2,82	06	57,8	81,8	38,2	33,6	32,5	28	46	26	Franco	1,77
X	1,14	2,77	1,8	58,7	85,3	41,8	36,0	34,2	9	39	52		9
S	1,06	2,07	4,9	2,2	4,5	1,7	1,2	1,3	8	10	15		5

CUADPO 9. Características químicas y físicas del perfil PA-8, San Lorenzo

Hor.	Prof. cm.	pH		Mater. Orgán. %	N total %	P ppm	K ₂ O total %	Fe ₂ O ₃ libre total %	Fe ₂ O ₃ total meq/100 g de suelo	Complejo de cambio de suelo					CIC Arc.	CIC Calc.
		H ₂ O	CaCl ₂ 0,01M							CIC	K	Ca	Mg	Al		
A ₁	0-15	5,1	4,5	1,93	,19	,53	,05	7,99	19,42	22,2	,12	,67	,72	2,4	6,8	36,0
A ₃	15-45	5,2	4,5	2,08	,08	,70	,04	8,24	18,85	22,8	,05	,32	,10	2,5	2,0	29,1
B ₁₁	45-75	5,4	4,6	1,05	,025	,88	,06	9,24	19,71	22,8	,07	,08	,16	2,4	1,4	45,0
B ₁₂	75-100	5,4	4,6	,81	,02	,42	,06	9,99	24,28	24,1	,07	,08	,11	2,1	1,1	44,1
B ₂₁	100-135	5,4	4,5	,66	,015	,53	,08	9,99	21,15	27,9	,14	,06	,14	3,4	1,2	43,8
B ₂₂	135-180	5,3	4,4	,47	,012	,53	,09	9,75	18,56	28,9	,21	,04	,16	4,0	1,4	46,6
C	180 y +	5,4	4,4	,12	,006	,42	,22	7,99	15,99	28,6	,19	,02	,13	4,1	1,2	74,6
X̄		5,3	4,5	1,0	,05	,6	,08	9,0	19,7	25,3	,12	,18	,21	3,0	2,2	45,6
s		,1	,1	,7	,06	,2	,05	,9	2,6	3,0	,06	,23	,22	,8	2,0	14,2

Hor.	Apar. rango (g/cc)	Densid. partic. (g/cc)	Arcilla en H ₂ O %	disper. %	Porosidad %	Saturado %	Retención de humedad					Clase textural		
							5 bar %	1 bar %	5 bar %	15 bar %	Arc. %	Lim. %	Arc. %	Lim. Arc.
A ₁	1,14-1,26	2,64	11,35	54,6	64,2	33,7	31,4	26,2	25,6	22	27	51	Arcilloso	53
A ₃	1,14-1,19	2,74	,07	57,6	75,5	37,5	35,3	28,6	27,6	16	20	64	Arcilloso	31
B ₁₁	1,16-1,25	2,78	,05	56,9	80,1	45,6	35,9	30,6	29,7	27	27	46	Arcilloso	59
B ₁₂	1,05-1,17	2,81	,03	60,6	82,4	38,6	36,1	33,3	31,3	25	24	51	Arcilloso	47
B ₂₁	1,00-1,11	2,74	,06	61,7	78,7	40,0	38,3	33,6	32,5	9	30	61	Arcilloso	49
B ₂₂	0,89-1,09	2,75	,05	64,1	75,4	40,2	37,7	33,6	33,1	7	33	60	Arcilloso	55
C	0,82-0,97	2,74	,06	67,5	89,3	56,4	52,6	38,0	32,9	28	34	38	Fr. Arc.	89
X̄	1,08	2,74	1,7	53,0	77,9	41,7	38,2	31,9	30,4	19	27	53		5
s	,11	,05	4,3	21,3	7,7	7,4	6,7	3,9	2,9	9	5	9		2



ELEVACION EN METROS S. N. M.

FIG. 2.- PERFILES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS,

4.4 Clasificación de los Perfiles Estudiados

Para la clasificación de los perfiles estudiados, se tomaron en consideración las propiedades que los agrupan en las diferentes categorías. El perfil PA-1 posee un horizonte óxico. El horizonte B₃ fue considerado como tal porque su CIC/100 g de arcilla (determinada por la división de la CIC total entre 2,5 veces la retención de humedad a 15 bares) es menor de 16 meq; la retención de cationes es menor de 1 meq/100 g de arcilla; la arcilla dispersable en agua es muy baja; puede considerarse como trazas. Se supone que los minerales primarios (feldespatos, micas y minerales ferromagnésicos) no están presentes o solo quedan trazas. Este horizonte tiene un espesor superior a 30 cm lo que permite catalogarlo como horizonte óxico.

Otra alternativa sería considerar que el horizonte B₂₁ y talvez el B₂₂ del perfil PA-1 constituyen un horizonte cámbico. Estos horizontes poseen una CIC/100 g de arcilla mayor de 16 meq (51); no hay presencia de revestimientos y se encuentran a más de 25 cm de profundidad. Los restantes perfiles muestran horizontes argílicos, reconocibles por la presencia de revestimientos de arcilla en el horizonte B₂₂.

Todos estos suelos fueron considerados como que tenían un epipedón ócrico. La materia orgánica alta y los "value" oscuros pueden llevarlo a epipedón úmbrico o mólico, pero son ócricos por su "chroma" en el primero o segundo horizonte de los perfiles.

Con excepción del perfil PA-5, los valores de saturación de bases son muy bajos. El perfil PA-5 fue clasificado en el Orden Ultisol. Sin embargo, sus valores de saturación de bases (con CIC determinada a pH 7,0) hacen que se recomiende una determinación de la CIC con ace-

tato de bario a pH 8,2 para así determinar si está correctamente colocado en el Orden Ultisol o podría pertenecer al Orden Alfisol.

Se supone que la temperatura media anual de estos suelos a 50 cm de profundidad puede sobrepasar los 22°C. La diferencia de temperatura entre la media de verano e invierno, a la misma profundidad, en todos los suelos estudiados, es menor de 5°C.

Posiblemente estos suelos, desde los 10 hasta los 50 cm de profundidad, no tienen 60 días consecutivos de período seco, ni tampoco 90 días secos por acumulación de días en todo el año. El perfil PA-4, por sus condiciones de humedad y sus colores grises, fue catalogado en el Suborden Aquults.

El perfil PA-5 por el contenido de materia orgánica, mayor de 20 kg por metro cúbico en el primer metro desde la superficie, fue colocado en el Suborden Humults. En este mismo Suborden se clasificó al perfil PA-7 por tener más de 1,5% de carbón orgánico en los 15 cm superiores al horizonte argílico.

Para colocar los dos primeros perfiles en Subgrupo se tomó en consideración que tenían menos de 24 meq de CIC/100 g de arcilla, a los restantes, a excepción del PA-4, se consideró que su CIC/100 g de arcilla era menor de 24 meq y que la retención de bases era menor de 12 meq.

Para la clasificación en Familias se tomaron en cuenta solamente los análisis de textura y los datos de temperaturas.

En el Cuadro 10, se presenta la clasificación de estos suelos, así como la alternativa sugerida para el perfil PA-1.

CUADRO 10. Clasificación de los "latosoles de Panamá.

	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6	PA-7	PA-8
Orden	Inceptisol	Inceptisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol
Sub-orden	Tropepts	Tropepts	Udults	Aquults	Humults	Udults	Humults	Udults
Gran grupo	Dystro-pepts	Dystro-pepts	Tropu-dults	Tropa-quults	Tropo-humults	Tropu-dults	Tropo-humults	Tropu-dults
Sub-grupo	Fluventic Oxic Dystro-pepts	Fluventic Oxic Dystro-pepts	Oxic Tropu-dults	Typic Tropa-quults	Typic Tropo-humults	Oxic Tropu-dults	Orthoxic Tropo-humults	Oxic Tropo-dults
Familia*	Fine Isophyper-thermic	Fine Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic	Clayey Isophyper-thermic
Alternativa								
Orden	Oxisol							
Sub-orden	Orthox							
Gran grupo	Acroorthox							
Sub-grupo	No hay subgrupos definidos							
Familia*	Clayey Isophyperthermic							

* Mineralogía no fue incluida

4.5 Evidencias de Meteorización y Lixiviación

Las propiedades más importantes de estos suelos permiten deducir que los mismos han sufrido una lixiviación y meteorización avanzada. A continuación exponemos los puntos de vista por los cuales se opina en este sentido.

En la descripción de estos suelos podemos ver que son de un alto grado de estabilidad de agregados y probablemente tengan bajo contenido de materiales primarios, ésto parece concordar con lo expuesto por Kellogg (25) al describir el término "Latosol". Probablemente esta estabilidad también sea conferida por el alto porcentaje de arcilla que los mismos tienen.

Así mismo los suelos estudiados presentan horizontes graduales en su gran mayoría concordando en que son de meteorización avanzada con la descripción que hace Bennema (4, 5) al describir los latosoles. Así mismo tienen consistencia friable, son porosos, coincidiendo en lo expuesto por Bennema (4). Sin embargo, Knox* indica que esta diferenciación gradual no es concluyente para determinar el grado de meteorización de un suelo.

La retención de humedad, actividad física de la arcilla, es muy baja. A 15 bares esta actividad muestra una relación no concordante con el contenido de arcilla de los suelos.

Con respecto al color de los suelos, que en todos los estudiados presentan tonalidades rojizas, a excepción del PA-4 que los tiene grises, Harris (23) indica que no es un factor concluyente para asegurar un estado avanzado de la meteorización de un latosol, aunque Bennema (4)

* Comunicación personal, IICA, Turrialba, Costa Rica.

y Sombroek (45) concuerdan en que los colores rojizos son un buen criterio para identificar un latosol. Este estudio parece confirmar lo expuesto por Harris. Kellogg considera el color rojo, como un carácter secundario o accesorio de los latosoles (25).

La relación limo/arcilla, descrita como un índice de meteorización por van Wambeke (51), alcanza valores superiores a los propuestos por este investigador, lo que nos parece indicar que no son suelos de una genesis muy avanzada.

La arcilla dispersable en agua, otro índice de meteorización del suelo, presenta valores bajos en los horizontes B. Excepto en los perfiles PA-3 y PA-5, que tienen una dispersión mayor en sus horizontes B, se podría decir que los suelos con bajos valores de arcilla dispersable tienen una génesis avanzada.

El fósforo soluble, muy bajo en estos suelos estudiados, podría indicar que han sido muy meteorizados ya que estas cantidades muestran que los óxidos de hierro y el aluminio de los mismos pueden haber fijado parte del fósforo que no pudo ser determinado, como expresan Ignatieff y Lemos (24) y Bennema (4), para los latosoles.

El potasio total, también puede ser un indicio de la alta meteorización, pues sus valores bajos podrían ser consecuencia de una descomposición de los minerales primarios que contenían el potasio.

La relación óxidos de hierro libre/óxidos de hierro total indica que mientras más cercana a la unidad, un suelo está muy meteorizado, los suelos que nos ocupan muestran valores muy bajos discrepando con lo expuesto. Sin embargo, una cantidad de óxidos de hierro total mayor a 6% (26) indica que ha habido acumulación de hierro total por la pro-

bable pérdida de sílice de los silicatos. También las arcillas muestran en su actividad química señales de la meteorización de los suelos. El horizonte B₃ del perfil PA-1 puede ser catalogado como un horizonte óxico por tener menos de 16 meq de CIC/100 g de arcilla. Esto concuerda con lo referido por Bonnet (8) y otros autores más (4, 23, 24, 45). Sin embargo ningún otro perfil tiene esta característica aunque otros se acercaron a ella.

La retención de cationes es así mismo muy baja en todos los perfiles a excepción del PA-5. La baja capacidad de retención de cationes de las arcillas es una señal de que el suelo empieza a transformar sus arcillas de silicatos y que estas pueden ser del tipo 1:1, así como también lo informa Martini (31), además parte de la fracción arcilla está constituida por óxidos secundarios de hierro y aluminio.

La lixiviación de los compuestos solubles muestra que estos suelos han sido muy lavados por las altas precipitaciones notándose esto por el pH (reacción del suelo), la baja cantidad de bases cambiables y la baja saturación de bases. En el perfil PA-5, se tiene que tanto las bases cambiables como la saturación de bases son mayores que en los demás perfiles, pero sólo dos horizontes alcanzan valores superiores a 50%.

El aluminio cambiante es consecuencia de las precipitaciones recibidas por estos suelos, confirmando lo expuesto por Plucknett y Sherman (37), en el sentido de que la humedad favorece las altas concentraciones de aluminio extraíble y otras formas de aluminio soluble. Por otra parte los valores de aluminio cambiante concuerdan con los presentados por Sombroek (45) quien informa que el aluminio cambiante representa

alrededor del 20% de la capacidad potencial de cambio de cationes.

4.6 Fertilidad y Productividad de los Suelos Estudiados

Los niveles de nitrógeno, fósforo soluble y bases cambiables en contrados son muy bajos; si sumamos a ello la acidez, así como la CIC total y la saturación de bases deducimos que el nivel de fertilidad de estos suelos es muy reducido.

Desde el punto de vista de su estructura, fiabilidad y en fin sus condiciones físicas estos suelos pueden ser cultivados. Algunos autores (4, 5, 23, 24, 49) concuerdan en que los latosoles presentan muy buenas condiciones físicas pero muy bajas condiciones químicas.

Las relaciones entre las bases cambiables proporcionan un desbalance nutricional, principal responsable de la baja fertilidad de los suelos, además la retención de humedad resulta muy baja y el agua disponible que podríamos encontrar (cerca al 10% y a veces hasta el 3%, desde 0,5 a 15 bares) haría que los cultivos sufrieran no solo por la carencia de nutrimentos, sino también de deficiencias hídricas, haciendo que su productividad resulte mermada. Además al hablar de necesidades hídricas, se tendría que conocer los requerimientos de agua para cada cultivo. Es posible que todos estos suelos estudiados, respondan a aplicaciones de fertilizantes y a la adición de calcio y magnesio como mejoradores de la reacción del suelo. Si se pudiese obtener y proporcionar agua en los momentos y cantidades necesarias, junto a fertilizantes que ayuden a aumentar los nutrientes del suelo, es posible lograr un incremento objetivo en la productividad de estos suelos.

5. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las conclusiones que a continuación se enumeran:

1. Se ha abusado en el uso del criterio poco definido del término "Latosol", pues se ha estado usando para suelos que se cree son los más alterados. Los "Latosoles" del presente estudio no corresponden a los Oxisoles en la Séptima Aproximación, aunque el primer suelo estudiado (PA-1) presenta una alternativa para clasificarlo en el Orden Oxisol.
2. Los suelos catalogados como "Latosoles" en Panamá, correspondieron más bien a Ultisoles en la Séptima Aproximación.
3. Se puede decir que la Séptima Aproximación, sistema de clasificación de suelos aún bajo prueba, hasta la fecha es el método más exacto para este tipo de trabajo.
4. Algunas de estas muestras provienen de lugares cuyos suelos presentan un avanzado grado de meteorización, lo cual se puede comprobar por las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos estudiados.
5. Algunas relaciones como son CIC/100 g de arcilla, relación limo/arcilla, relación hierro libre/hierro total, pueden confirmar el avanzado grado de meteorización pero no la existencia y ausencia de oxisoles.
6. Ciertas características químicas como es la saturación de bases en el perfil PA-5, sugieren que se realice un estudio más amplio del mismo para determinar si su clasificación es la correcta.

7. Ciertas características morfológicas, color, límite de horizontes, textura, parecen no confirmar en este estudio, lo expuesto por otros investigadores como Bennema y Sombroek.

6. RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objeto de conocer las propiedades de ocho "Latosoles" de Panamá y clasificarlos según los métodos de la Séptima Aproximación. Para tal fin se obtuvieron 60 muestras de suelo provenientes de ocho perfiles de la República de Panamá. Estos perfiles se describieron cuidadosamente siguiendo las normas de la Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos, FAO.

Los análisis de las muestras comprendieron la determinación del pH, del carbón orgánico, nitrógeno total, CIC, bases cambiables, potasio y hierro total, óxidos de hierro libres, aluminio extraíble, la curva de retención de humedad (en saturado, 0,5, 1,0, 5,0 y 15,0 bares), densidad aparente, densidad de partículas, arcilla dispersable y la distribución granulométrica.

Los resultados obtenidos muestran que un perfil (PA-1) puede ser colocado en el Orden Oxisol en base de una suposición razonable sobre mineralogía. También parece que todos los suelos presentan un estado avanzado de meteorización aunque ésto no les permite ser llamados suelos seniles. Con la suposición contraria sobre mineralogía, estos mismos resultados muestran que de los ocho perfiles estudiados, dos de ellos (PA-1, PA-2) coincidieron en sus características morfológicas, físicas y químicas que les permitieron ser clasificados en el Gran Grupo Dystropepts y ambos suelos recibieron los mismos nombres hasta nivel de Familias. Los seis restantes también tenían características semejantes entre sí que los clasificaron en el Orden Ultisol, pero por diferencias en su formación o en el contenido de materia orgánica y otra característica tres de ellos (PA-3, PA-6 y PA-8) fueron clasificados en el

Gran Grupo Tropudults, dos (PA-5, PA-7) en el Gran Grupo Tropohumults y el faltante (PA-4) en el Gran Grupo Trobaquults.

6a. SUMMARY

The objective of this study was to describe the properties of eight "Latosols" of Panama and to classify them according to the methods of the 7th Approximation. To achieve this purpose, 60 samples were selected from eight soil profiles of Panama. These soil profiles were described carefully according to the standards of the Guía para la Descripción de Perfiles de Suelos, FAO.

Soil analyses included pH, organic carbon, total nitrogen, CEC, exchangeable bases, total potassium, free iron oxides, total iron, exchangeable aluminum, water retention (at saturation and 0.5, 1.0, 5.0, and 15.0 bars of tension), particles density, water dispersable clay, and granulometric distribution.

The results show that one profile (PA-1) can be considered to be in the Oxisol order on the basis of a reasonable assumption about mineralogy. Moreover, all of the profiles seem to be in an advanced stage of weathering although they cannot be called senile soils. With the contrary assumption about mineralogy, the results show that, among the eight profiles under study, two (PA-1 and PA-2) have very similar morphological, physical, and chemical characteristics which place them in the Dystropept Great Group and in the same classes to the family level. The remaining six profiles have characteristics in common which place them in the Ultisol Order. Three of the (PA-3, PA-6 and PA-8) were classified in the Tropudult Great Group, two (PA-5 and PA-7) in the Tropohumult Great Group and one (PA-4) in the Tropaquult Great Group.

7. LITERATURA CITADA

1. AH CHU, R. y HANSEN, E. D. Las tierras del suroeste de Coclé, Panamá, Sicap, Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias, 1962. 41 p.
2. ALEXANDER, L. T. y CADY, J. G. Genesis and hardening of laterite in soil. US Department of Agriculture. Technical Bulletin n . 1282. 1962. 90 p.
3. AUBERT, G. Les sols lateritiques. In International Congress of Soil Science, 5th, Leopoldville, 1954. Actes et Comptes Rendus. Bruxelles, Secrétariat Général, Société Internationale de la Science du Sol, 1954. V. 1., pp. 103-118.
4. BENNEMA, J. The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. Soil Science 95(4): 250-257. 1963.
5. _____, LEMOS, R. C. y VETTORI, L. Latosols in Brazil. In Inter-African Soils Conference, 3rd, Dalaba, 1959. Proceedings. London, CCTA, 1959, v. 1. pp. 273-281.
6. BLAKE, G. R. Bulk density. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 374-390.
7. _____. Particle density. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 371-373.
8. BONNET, J. A. Latosols of Puerto Rico. In International Congress of Soil Science, 4th, Amsterdam, 1950. Transactions, Groningen, Hoitsema, 1950. pp. 281-284.
9. BORNEMISZA, E. e IGUE, K. Oxidos libres de hierro y aluminio en suelos tropicales. Turrialba 17(1): 97-102. 1967.
10. BOUYOUCOS, C. J. Recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 43(9): 434-438. 1951.
11. BOWER, C. A. et al. Exchangeable cation analysis of saline and alkaline soils. Soil Science 73(4): 251-261. 1952.
12. BRAY, R. H. y KURTS, L. T. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59(1): 39-45. 1945.
13. BREMNER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1149-1178.

14. CHENERY, E. M. A preliminary study of aluminum and tea bush. Plant and Soil 6(2): 174-200. 1945.
15. CLINE, M. G. Methods of collecting and preparing soil samples. Soil Science 59(1): 3-5. 1945.
16. DAY, R. P. Particle fractionation and particle size analysis. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567.
17. DIAZ-ROMEY, R. y BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica IICA, 1967. 3 p. (mimeo)
18. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Guía para la descripción de los perfiles de suelo. Roma. s.f. 60 p.
19. _____. The soil resources of Latin America. 2nd Draft. Roma, FAO/UNESCO. 1965. 115 p. (FAO World Soils Resources Reports no. 18).
20. FORSYTHE, W. Densidad de partículas de suelo, método con agua y kerosene. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 10 p. (mimeo)
21. _____. Progresos recientes en el análisis de las partículas de los suelos por medio del método del hidrómetro. Agronomía (Perú) 35(1): 16-27. 1966.
22. GREWELING, T. y PEECH, M. Chemical soil tests. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station. Bulletin 960. 1965. 60 p.
23. HARRIS, S. A. On the classification of latosols and tropical brown earths of high rainfall areas. Soil Science 96(3): 210-216. 1963.
24. IGNATIEFF, V. y PETEZVAL LEMOS, M. Some management aspects of more important tropical soils. Soil Science 95(4): 243-249. 1963.
25. KELLOGG, C. E. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in tropical and equatorial regions. Commonwealth Bureau of Soil Science. Technical Communication no. 46. 1949. pp. 76-85.
26. KEMP, J. F. A handbook of rocks. New York, Van Nostrand, 1927. 300 p.
27. KILMER, V. L. The estimation of free iron oxides in soils. Soil Science Society of America Proceedings 24(5):420-421. 1960.

28. KONHKE, H. Soil physics. New York, McGraw-Hill, 1968. 224 p.
29. LOBOVA, E. V. Indices diagnostiques des sols de l'Asie Centrale et l'Asie meridionale en tant que base a leur classification. In International Congress of Soil Science, 3th., Bucarest, Romania, 1964. Comptes Rendus. Bucarest, Publishing House of the Academy of Socialist Republic of Romania, 1964. v.5. pp. 5-14.
30. McLEAN, E. C. Aluminum. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 973-998.
31. MARTINI, J. A. Chemical, mineralogical and physical properties of seven surface soils from Panama with reference to cation exchange capacity and potassium status. Ph.D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University, 1966. 190 p. (mimeo)
32. MATHEWS, E. D., GUZMAN, L. E. y HANSEN, E. D. Clasificación agrológica, capacidad de las tierras y agricultura del suroeste de la provincia de Chiriquí. Panama, Sicap, Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias, 1960. 135 p.
33. MERWE, C. R. VAN DER. A few type of lateritic soil in the Union of South Africa. Sols Africains 2(3-4): 353-356. 1952.
34. MÜLLER, L. Un aparato micro-kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba 11(1): 17-25. 1961.
35. MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland, 1954. 20 p.
36. PANAMA, SERVICIO INTERAMERICANO DE COOPERACION AGRICOLA EN PANAMA. Los suelos y las tierras de la provincia de Herrera. Panamá, Ministerio de Agricultura, Comercio e Industrias, 1962. 36 p.
37. PLUCKNETT, D. L. y SHERMAN, G. D. Extractable aluminum in some Hawaiian soils. Soil Science Society of America, Proceedings 27(1): 39-41. 1963.
38. RICHARDS, L. A. Physical conditions of water in soil. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 128-152.
39. ROBERTS, R. J. e IRVING, E. M. Mineral deposits of Central America. US Department of the Interior. Geological Survey Bulletin 1034, 1957. 205 p.
40. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos: métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.

41. SALTER, P. D. y WILLIAMS, J. B. The influence of texture on the moisture characteristic of soils. *Journal of Soil Science* 16(1): 1-15. 1965.
42. SEGALÉN, P. Suelos de la zona intertropical. Chapinco, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1966. 292 p. (Serie de Apuntes no. 4).
43. SHERMAN, G. D. y ALEXANDER, L. T. Characteristics and genesis of low humic latosols. *Soil Science Society of America, Proceedings* 23(2): 168-170. 1959.
44. STEVENSON, F. J. Carbon nitrogen relationships in soils. *Soil Science* 88(4): 201-208. 1959.
45. SOMBROEK, W. G. Amazon soils. Wageningen, Centre for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 292 p.
46. STRIKER, M. M. Soil and land investigations in Panama. Washington, D. C., US Department of Agriculture, 1952. 60 p.
47. TANADA, T. Certain properties of the inorganic colloidal fraction of Hawaiian soils. *Journal of Soil Science* 2(1): 83-96. 1951.
48. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, D. C. US Government Printing Office, 1951. 503 p. (Agriculture Handbook no. 18).
49. _____. Soil classification: a comprehensive system. Washington, D. C., US Government Printing Office, 1960. 265 p.
50. _____. Supplement to soil classification system (7th Approximation), Washington, D. C., US Government Printing Office, 1967. 207 p.
51. WAMBEKE, A. V. Criteria for classifying tropical soils by age. *Journal of Soil Science* 13(1): 124-132. 1964.