CARACTERIZACION DE ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

León Ramiro Jaramillo Celis

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Abril, 1969

CARACTERIZACION DE ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

León Ramiro Jaramillo Celis

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Abril, 1969

CARACTERIZACION DE ALGUNOS LATOSOLES DE MESOAMERICA

Tesis

Sometida 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:

J. A. Martini, Ph.D. — Consejero

C. V. Plath, Ph.D. — Comité

H. Trojer, Ph.D. — Comité

F. Maldonado, Ing. Agr. — Comité

III

A los míos

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su reconocimiento de gratitud a las siguientes personas o instituciones que colaboraron en la elaboración del presente estudio:

Al Dr. José Alberto Martini, Consejero Principal, por su permanente estímulo y ayuda en la culminación de este trabajo.

A los miembros del Comité Consejero: Dres. Clarence Vinton Plath, Hans Trojer y al Ing. Agr. Fausto Maldonado por sus valiosas sugerencias y espíritu de colaboración.

A los Dres. Elemer Bornemisza y Hans Fassbender y al Ing. Roberto Díaz-Romeu por sus sabias orientaciones y críticas.

Al Dr. Gilberto Páez quien le dió una dimensión más clara al presente estudio.

Al Centro de Enseñanza e Investigación y a la Zona Andina del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de Estados Americanos, por su colaboración económica y demás facilidades proporcionadas.

Al personal de los laboratorios de Suelos, Fisiología, NEP, quienes prestaron su invaluable ayuda en los diferentes análisis realizados.

A los profesores, compañeros y amigos por su espíritu de colaboración y a aquellas personas que en cualquier forma cooperaron a la consecución de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Medellín, Colombia, en 1940. En 1959 concluyó sus estudios secundarios en el Colegio Mayor de San Bartolomé en Bogotá. En 1960 ingresó a la Universidad de Bogotá en donde recibió su título de Agrólogo en 1964.

A partir del mismo año ingresó a la misma Universidad en calidad de profesor asistente de Reconocimiento de Suelos. En 1965, realizó estudios de postgrado en el Instituto de Asuntos Nucleares. En 1966 realizó estudios de postgrado en la Escuela Superior de Administración Pública.

Ingresó en la Escuela para Graduados del Instituo Interamericano de Ciencias Agrícolas en la disciplina de Desarrollo Rural (Recursos para el Desarrollo) en Septiembre de 1966 egresando en Abril de 1969.

CONTENIDO

Página

Página

Página

Página

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCION

"Soil is almost obsolete"

Con un párrafo de Boulding el cual incluye tal frase, comienza Strauss (142) la discusión acerca de la investigación y explotación de los recursos naturales en América Latina; hace hincapié, el mencionado autor, en la necesidad de apoyar los planes de desarrollo con un conocimiento más completo y profundo de los recursos de cada país.

En Centroamérica y Panamá ha sucedido un fenómeno singular: a excepción de Guatemala (la cual tiene un estudio general de suelos de todo el país) y El Salvador (el cual tiene casi completamente estudiada su superficie a un nivel más detallado), los demás países presentan sólo fragmentos de su área con estudios de suelos; a pesar de esto, todo el Istmo tiene un mapa de uso potencial de la tierra (117,119). Es comprensible que haya una gran presión para encontrar soluciones a los problemas de clasificación y manejo de los suelos (50) y a menudo esta presión es tan fuerte que pueden hacerse recomendaciones muy generales y aún ser aceptadas sin determinar la interrelación de los recursos entre sí, antes de empezar a la determinación de áreas de desarrollo las cuales conllevan no sólo el estudio de las condiciones socioeconómicas sino, prioritariamente, el análisis del ecosistema en tales áreas.

1. El problema

En el estudio de los suelos en otras regiones, se ha acumulado una vasta información respecto a sus características tanto morfológicas (consecuencia de los procesos de formación) como fisicoquími-

cas, mineralógicas y biológicas. Esto ha contribuido a formular definiciones genéticas y a la elaboración de diversos sistemas de clasificación, la mayoría de las veces en forma subjetiva, Las unidades de suelo reconocidas en la región intertropical van en aumento y su sistematización se ha tornado difícil.

La unidad, llamémola así, más controvertida es la multinominada tierras rojas tropicales, migajones rojos, suelos lateríticos, ferralíticos, latosoles, kaolisoles u oxisoles. Sin embargo, aunque no hay uniformidad respecto a su nomenclatura, las propiedades reconocidas por edafólogos de distintas escuelas, coinciden o difieren poco.

En Mesoamérica se ha utilizado la palabra "latosol" con gran amplitud y este criterio involucra suelos de matices rojizos. Sin embargo, algunos trabajos recientes (52,59) puntualizan el hecho de que los suelos no presentan horizontes óxicos; este horizonte diagnóstico, se usa modernamente para agrupar los suelos antiguos de los trópicos ("latosoles"). Se infiere de lo anterior de que en Mesoamérica no hay ningún suelo antiguo o suficientemente meteorizado, que se asemeje a aquellos de los paisajes seniles de los escudos continentales de Brasil o Africa. El problema consecuente es el de la definición de tales suelos y su taxonomía; a este respecto se hacen intentos de crear nuevas unidades que comprendan a estos suelos (52).

2. Objetivos

Los objetivos generales del presente trabajo se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Caracterización de algunas propiedades de los llamados "latosoles" (suelo y subsuelo) para así cuantificar su variabi-

lidad y establecer las relaciones entre tales propiedades.

2. Comparar las características del concepto modal de "latosol" con las propiedades determinadas en el presente trabajo, para así establecer el grado de correspondencia entre el modelo teórico y la clasificación que se ha asumido.

REVISION DE LITERATURA

Los denominados suelos "rojos" y "amarillos" de los trópicos y subtrópicos comprenden una parte importante de los suelos del mundo; tales suelos son conocidos, de manera general, como "latosoles" (9).

La denominación de estos suelos y de sus características han sido objeto de conferencias generales en varios congresos de la Sociedad de la Ciencia del Suelo.

Kellogg (75) presentó en Amsterdam un resumen referente al concepto general de los "latosoles", características y problemas de manejo. Aubert (5) en Leopoldville revisó el conocimiento existente sobre los mismos. Aunque su potencial agrícola es utilizado sólo en pequeña escala, la importancia aconómica de estos suelos cobra máximo interés: ellos representan un recurso poco utilizado o que sólo lo es para un tipo de agricultura extensiva.

El conocimiento de estos suelos está incrementándose, pero es aún muy deficiente para contribuir efectivamente en el desarrollo de la agricultura tropical (9).

La evolución del conocimiento de estos suelos está asociado a sus diferentes denominaciones y entre éstas, los términos "laterita" y "latosol" señalan puntos de partida en el complejo problema para definirlos.

1. El término "laterita"

El término "laterita" apareció en la literatura científica hace más de centuria y media (88). Buchanan en 1807 sugirió tal palabra para designar un horizonte de apariencia ferruginosa, de estructura vesicular y aparentemente no estratificado el cual se endurecía al

ser expuesto a las condiciones atmosféricas (121). Sivarajasinghan et. al. (135) en 1962 hacen una revisión del término "laterita" y de su naturaleza, desarrollo, formación y además de sus relaciones geomórficas. Hacia finales del siglo pasado los geólogos se interesaron en la "laterita" como fuente de aluminio o manganeso. Este período se asocia con los nombres de Richtofen, Van Bemmelen, Harrison; Walther (88, p.13) a principios del presente siglo se propuso hacer extensiva la definición de "laterita" a las tierras tropicales rojas y los estudios pedológicos acerca de la misma comienzan alrededor de 1920. Las palabras "laterita" y "laterítico" se usaron con gran variedad de significados y las definiciones fueron basadas algunas veces en características morfológicas, otras en las físicas o en las químicas.

Kellogg en 1949 (74) restringe el uso de la palabra "laterita" a materiales ferruginosos, los cuales se endurecen al aire y a las formas fósiles de estos materiales. Más adelante, se contempló la posibilidad de abolir el término "laterita" para evitar posibles confusiones ya que no se había logrado establecer una definición puramente morfológica, física o química del mismo. Así se crearon términos nuevos: Robinson (126) propuso el término ferralítico y la escuela francesa luego adoptó este término en su clasificación. Sys et. al. (146) denominaron kaolisoles a los suelos que poseían las características de la "laterita", y oxisoles fue el nombre dado a ésta por el sistema comprensivo de clasificación de suelos presentado en la 7a aproximación del USDA (152). Aún así el término "laterita" se usa actualmente. Alexander y Cady en 1962 (3) la definen como un material altamente meteorizado, rico en óxidos se-

cundarios de hierro, aluminio o ambos. Es casi carente de bases y silicatos primarios, pero pueden contener grandes cantidades de cuarzo y caolinita; se endurece al exponerse al humedecimiento y secado. Este criterio se acerca al original de Buchanan.

2. Síntesis

En el presente los términos costras o "hard pans" (ferruginosas y/o alumínicas), plintita, suelos ferralíticos, kaolisoles, y oxisoles son usados ampliamente como sinónimos de "laterita" y aún se usan en relación a suelos rojizos de variada morfología, pero siempre endurecidos, los cuales son ricos en sesquióxidos de aluminio, hierro o manganeso.

3. El término "latosol"

Kellogg (74) propuso la palabra "latosol", término que comprendía todos los suelos zonales en regiones tropicales y ecuatoriales, cuyas características dominantes están asociadas con bajas relaciones sílice/sesquióxidos de las fracciones arcillosas, baja capacidad de intercambio catiónico, baja actividad de la arcilla, bajo contenido de la mayoría de los minerales primarios, exceptuando los más resistentes. Asimismo, bajo contenido de materiales solubles, un alto grado de estabilidad de agregados y además sin horizontes esenciales de acumulación y presentan quizás, coloraciones rojizas. Los latosoles pueden tener perfiles texturales debido al material parental o a la formación diferencial de arcilla o a la pérdida de arcilla de la superficie, a causa de descomposición o eluviación.

Otra característica es que el horizonte A_1 , alto en materia orgánica es delgado, especialmente bajo pastoreo o cultivo. También los latosoles tienen bajo contenido de limo en relación a otros separados.

El proceso de laterización o de ferralitización que define a los suelos lateríticos está constituido por el conjunto de fenómenos que llegan a una alteración extremadamente avanzada de la roca madre del suelo y a una individualización de los elementos tales como sílice y los óxidos o hidróxidos de hierro, aluminio, manganeso o titanio. Estos últimos se mantienen o se acumulan en un horizonte superficial o de escasa profundidad, en la cual la sílice, al menos en parte, es arrastrada a la base o fuera del perfil (6).

4. Constitución de la masa mineral de los "latosoles"

La caracterización fundamental de estos suelos es la naturaleza y constitución de la masa mineral; ésta consiste de sesquióxidos, minerales arcillosos de retículo 1:1, cuarzo y otros minerales altamente resistentes a la meteorización, y además pueden encontrarse en pequeñas cantidades minerales de retículo 2:1 y aún alofanas (91). Los óxidos libres de aluminio están frecuentemente presentes, pero no siempre. El contenido de limo en el solum es generalmente bajo. Algunos latosoles (terra roxa, por ejemplo) pueden tener, sin embargo, alto contenido de limo. Se pueden presentar en la masa del suelo moteados y concreciones de hierro, aluminio o manganeso (9).

9. Características y propiedades de los latosoles

Algunas de las propiedades y características de estos suelos según Bennema (9) son las siguientes:

1- Diferenciación gradual o difusa entre los horizontes.

2- Ausencia o escasez de "clay skins" bien definidos en los "peds".

3- Baja capacidad de intercambio catiónico de las arcillas debido al predominio de caolinita y sesquióxidos.

4- Colores amarillos o pardos en el horizonte subsuperficial o en parte del mismo.

5- Ausencia o casi ausencia de arcilla natural electronegativa en aquellas partes del horizonte subsuperficial que tiene una relación carbono/arcilla menor a 0.015 (la arcilla natural se obtiene por dispersión con agua destilada).

Además de estas características y propiedades, los latosoles típicos tienen:

6- Ausencia de estructura bien desarrollada, sea ésta de bloques o prismática. Los elementos estructurales son frecuentemente gránulos muy finos, los cuales pueden ser más o menos coherentes, formando en conjunto una masa porosa, friable y maciza. Se puede encontrar, en latosoles que están en intergrado con otros suelos, una estructura de bloques débil o moderada o semejante a estructura masiva sin porosidad visible.

7- Solum profundo

8- Una consistencia friable en estado húmedo

9- Alta porosidad y alta permeabilidad

10- Baja saturación de bases en todo el perfil o al menos en el subsuelo (los casos de alta saturación a través del perfil son raros.

11- Relativamente alta capacidad de intercambio aniónicio y por lo tanto alto poder de fijación de fósforo.

12- Bajas cantidades de aluminio cambiable debido a la baja capacidad de intercambio de bases de las arcillas.

13- Alta resistencia a la erosión (cárcavas) por su estructura porosa y solum profundo.

Bennema (9) considera las siguientes clases de latosoles:

1.- Latosoles amarillos (yellow latosols) con bajas cantidades de sesquióxidos; la gibsita está ausente o casi ausente y el contenido de óxido de hierro en la fracción arcillosa es menor del 10 por ciento.

2.- Latosoles con bajo contenido de minerales silicatados de arcilla y con pH en KCl del horizonte subsuperficial mayor que el pH en agua.

3.- Terra roxa legítima, a las cuales pueden pertenecer los "low humic latosols".

4.- Latosoles pardos de altas altitudes

5.- Los latosoles rojo-amarillos (red yellow), los rojo-amarillo húmicos (humic red yellow) y los rojos oscuros (dark red).

Nye y Greenland (108) presentan una definición más sencilla de los latosoles: los consideran como suelos climatofíticos de los trópicos, caracterizados por matices (hue) rojizos y macroagregación estable, la cual promueve el libre drenaje; la fracción arcillosa está compuesta principalmente de minerales caoliníticos son óxidos de hierro y aluminio. Los autores hacen una división que separa los latosoles en aquellos que muestran las características de excesivo lavado llamados "oxisoles" y aquellos menos fuertemente lavados llamados "ocrosoles".

Los conceptos anteriormente expuestos se asemejan en cierta forma a las ideas inicialmente propuestas por Kellogg.

En el 7º congreso internacional de la ciencia del suelo, 1960, la clasificación de los "latosoles" tomó nuevos rumbos, tanto formales como conceptuales.

Sys (146) presentó un esquema de clasificación basado en principios morfológicos, genéticos y grado de meteorización con respecto a la estructura, textura y color. El perfil genético de los suelos tropicales presenta una secuencia de horizontes A-B-C, en la cual el horizonte B está caracterizado por un máximo en color y en contenido de arcilla y además es de gran espesor. Los órdenes son establecidos considerando a las mayores diferencias en meteorización y desarrollo del perfil. Los órdenes son subdivididos en varios subórdenes, tomando en cuenta al pedoclima; el desarrollo de los horizontes es la base del establecimiento de los grupos de suelos. La mayor parte de los suelos tropicales están agrupados en el orden "Kaolisol" el cual corresponde a los latosoles "Sensu lato" de Kellogg.

Se consideran como subórdenes a los "higro kaolisoles , higro-xero kaolisoles, xero-kaolisoles, hidro-kaolisoles, higro-kaolisoles humíferos, higro-xero-kaolisoles humíferos".

Dentro del suborden "higro-kaolisol e higro-xero-kaolisol" se distinguen los grandes grupos: ferrisoles, ferrasoles y arenoferrals. Los primeros se asemejan en la clasificación francesa a los suelos ferralíticos recientes, los segundos a los suelos ferralíticos típicos, y a los suelos ferralíticos profundamente lixiviados, los terceros (146).

También en 1960 en la 7a aproximación del USDA (152) se introdujo definitivamente el término "oxisol", el cual incluye a los latosoles y las lateritas hidropédicas.
Se incluyen en este orden los suelos que poseen horizontes óxicos aunque pueden tener también horizontes argílicos. Sus epidedones pueden ser úmbricos, ócricos, hísticos y tal vez mólicos.

Los oxisoles por lo común ocupan áreas antiguas, pero se pueden encontrar residuos de ellos sobre superficies jóvenes cuando los materiales originarios hubieran estado sometidos a fuerte mateorización antes de depositarse.

Anota Harris (58) que por su adherencia a la definición mineralógica de "latosol", la 7a aproximación presenta en su aplicación problemas de mapeo, los cuales pueden ser resueltos únicamente en un laboratorio bien equipado.

Smith (138) señala que "oxisol" no es un sinónimo para "latosol" aunque tal concepto ha marcado las pautas para la definición de un horizonte óxico. El horizonte óxico, según el mencionado autor,es un

horizonte subsuperficial, el cual consiste de una mezcla de óxidos hidratados de hierro y aluminio, además de cantidades variables de arcillas de tipo 1:1 y otros minerales altamente insolubles como el cuarzo. La fracción fina tiene solamente trazas de arcillas de tipo 2:1 o minerales primarios que se pueden meteorizar para liberar bases, hierro o aluminio. La parte mineral de tamaño inferior a 2 micrones tiene una capacidad de intercambio catiónico de 13 o menos miliequivalentes por 100 gramos (con NH_4 OAc). El horizonte "óxico" difiere del horizonte "cámbico" principalmente por su baja capacidad de intercambio o la ausencia de aluminosilicatos distintos de retículos 1:1 o ambas características. Difiere del horizonte argílico por la ausencia o casi ausencia de "clay skins", horizontes con límites graduales o difusos y en la baja actividad de la fracción arcilla. Similares características generales presentan Wright y Bennema (164) para los "ferrasoles", nombre propuesto por dichos autores para los suelos considerados normalmente como latosoles. Los "ferrasoles" son suelos bien drenados, friables, porosos, generalmente profundos, de textura media a pesada, intensamente meteorizados; la masa del suelo consiste principalmente en sesquióxidos, minerales de silicatos bien cristalizados de retículo 1:1, los cuales son altamente resistentes a la meteorización; hay ausencia de minerales de fácil meteorización y además bajo contenido de limo.

Los perfiles de los suelos tienen poca diferenciación de los horizontes y no hay evidencia clara de iluviación de minerales arcillosos aunque las texturas del subsuelo pueden mostrar aumento gradual en contenido de arcilla en la profundidad.

En los "ferrasoles" la fracción arcilla es de muy baja actividad y movilidad, como lo demuestra la baja capacidad de intercambio catiónico (menos de 13 miliequivalentes/100 gramos de arcilla medida por NH_4OAc a pH 7.0); hay casi completa ausencia de "clay skins" debido también a la falta de elementos fuertes de macroestructura. Las características más sobresalientes para el reconocimiento de los ferrasoles es la presencia de un subsuelo altamente meteorizado y muy friable, el cual consiste de una estructura porosa muy fina y rica en sesquióxidos. Los "ferrasoles" típicos tienen una capacidad de cambio menor de 6 miliequivalentes/100 gramos de arcilla y baja saturación de bases. Estos suelos incluyen los "ferrasoles rojo-amarillos" (red-yellow ferrasols), los "ferrasoles caoliníticos amarilos" (kaolinitic yellow ferrasols), "los arenoferrasoles" y "ferrasoles roxos".

Las características anotadas se acercan a las dadas por Smith (138) para los "oxisoles".

4. Síntesis

El número de unidades de suelo reconocidas en los trópicos ha ido en aumento durante los últimos años y la necesidad de su ordenación en clases se vuelve más urgente cada día; sin embargo, una alta proporción de científicos del suelo tienen un escéptico sentido de la taxonomía. Entre las diferentes clasificaciones de suelos hay sin lugar a dudas, una afortunada convergencia con respecto a las características, y las definiciones de los suelos típicos de los trópicos húmedos bajo condiciones de libre drenaje; de tal manera, los suelos llamados "ferralíticos típicos, latosoles típicos, oxisoles y ferrasoles típicos" coinciden bien en cuanto a propiedades más importantes.

Aún así, los límites que separan estos suelos tropicales típicos de otros suelos es difícil de encontrar, para no mencionar la disparidad que aparece tan pronto se abandona la seguridad que proporcionan los perfiles modales.

5. Posibilidades agrícolas y limitaciones de los latosoles

El fin principal y último de una clasificación de suelos es el de dar una pauta para la obtención de mejores niveles de producción agrícola; el uso y manejo de aquellos es inherente a su clasificación en la mayoría de los casos.

Los "latosoles" son suelos con más o menos buenas condiciones físicas para el crecimiento de las plantas. La gran profundidad y alta porosidad de la mayoría de estos suelos es favorable para el desarrollo radicular, aunque en algunos casos el suelo puede volverse suelto y abierto.

La profunidad y porosidad en conjunto con la estabilidad estructural de la mayoría de los latosoles los hace menos susceptible a la erosión que muchos otros suelos con la misma pendiente. Los latosoles típicos son fácilmente laborables porque en la mayoría de las veces se encuentran en condiciones friables. La humedad equivalente de los latosoles es generalmente de media a alta. Sin embargo, aún a alta capacidad de campo los latosoles se secan fácilmente si se encuentran en un clima con período seco. La fertilidad es normalmente de media a baja; algunos latosoles tienen fertilidad natural tan baja (especialmente en algunas regiones de sabanas) que si no se aplican fertilizantes son enteramente inútiles para la agricultura.

La fertilidad natural en muchos latosoles está restringida al horizonte A y está relacionada con el contenido de materia orgánica; ésta puede perderse fácilmente por erosión o prácticas de manejo incorrectas.

El nitrógeno, el fósforo y en algún grado el potasio son frecuentemente deficientes en los latosoles, así como el calcio, magnesio y azufre y algunos micro-nutrientes. El ~~magnesio~~ MANGANESO y el aluminio pueden alcanzar niveles tóxicos. El encalado y la aplicación de fertilizantes involucran muchas dificultades a causa del alto poder de fijación del fósforo, la baja capacidad efectiva de intercambio de bases y el consiguiente desequilibrio del balance entre los diferentes nutrimentos (9).

MESOAMERICA

Según Holdridge (63), Mesoamérica parece ser un nombre colectivo para el área que comprende México, Centroamérica, Panamá y las Antillas. Se extiende en dirección noroeste sureste, entre el trópico de cáncer y el noroeste de Colombia; la región de manera grosera se aproxima a un paralelogramo inclinado.

El medio físico de la región considerada es extremadamente complicado; la influencia del mar es significativa pero sin embargo, las montañas son la característica dominante. A excepción de la península de Yucatán y limitadas áreas costeras y valles, predomina el relieve quebrado.

1. Geohistoria

El contorno de Mesoamérica fue en general delinaado cuando empezó el pleistoceno o sea hace más o menos un millón de años. El relieve sufrió modificaciones constantes a causa del efecto combinado de las fuerzas tectónicas, el volcanismo y la erosión, que moderaron la superficie. Desde la mitad del pleistoceno (en una considerable parte del centro y sur de México) aparecieron altos volcanes de tipo explosivo y con efusión de lavas basálticas (89).

Según Weyl (163), el plutonismo de Centroamérica meridional es más o menos contemporáneo con la erupción magmática de enormes mantos efusivos ocurrida en Nicaragua, Honduras, El Salvador y el sur de Guatemala. El material eruptivo abarca todos los tipos de rocas, desde la riolita hasta el basálto olivínico, especialmente abundantes son las tobas en sílice y las ignimbritas.

Ultimamente se ha constatado la presencia de numerosas intrusiones plutónicas en las regiones cubiertas por mantos efusivos del terciario; por el momento la edad de la intrusión puede fijarse sólo como posterior al cretácico por cuanto se haya entre los sedimentos de este período, los cuales a su vez han sufrido el metamorfismo de contacto.

No se puede determinar todavía con certeza la edad de las efusiones. Parece poco probable que sean anteriores al mioceno pero si puede afirmarse que pertenecen a este período por cuanto en Nicaragua se entremezclan tobas y lavas con el mioceno marino.

El Salvador y Honduras tuvieron actividad volcánica durante el plioceno. Después sobrevino un período de relativa calma volcánica, probablemente acompañado de prolongada quietud tectónica, durante la cual la denudación eliminó las formas constructivas del material volcánico; el resultado fue un aplanamiento, el desarrollo de penillanuras y la formación de gruesos mantos de arcilla.

Parece que en Centroamérica se formaron y derramaron, sin un previo aviso geotectónico, considerables masas de magma en el que predominaba el elemento siálico.

El volcanismo cuaternario y reciente se haya concentrado en la zona marginal centroamericana del Pacífico, la cual también contiene las fallas activas de fuerte sismicidad. Al pie de los volcanes se extiende hacia la costa una llanura aluvial, más o menos ancha, formada de material volcánico de acarreo; la composición mineralógica varía entre rocas peroclásticas ácidas y lavas básicas con sus intermedios.

2. Ecología

Holdridge (63) anota que hay dos factores que son responsables de la composición de los bosques de Mesoamérica: el orgen floral y la migración, los cuales explican la presencia de familias y géneros específicos; y factores edáficos, climáticso y otros, que influencian la distribución de los elementos de la flora.

La vegetación de Mesoamérica es esencialmente una mezcla de las flores de Norte y Suramérica, aunque hay muchas especies que son propias de la región.

Teniendo el complejo patrón de clima y suelos, así como la heterogeneidad de comunidades de plantas, es extremadamente difícil clasificar la flora Mesoamericana en términos de asociaciones de plantas.

Para evitar confusión el mencionado autor define los bosques por el clima, como formaciones o con referencia a zonas de vida. La variación de la precipitación es pequeña pero suficiente para resultar

en una amplia escala de formaciones dentro de los cinturones altitudinales; la temperatura oscila grandemente desde el nivel del mar hasta las altas montañas.

3. Clima

Son escasos los trabajos que presenten una visión de conjunto del clima de Mesoamérica. De manera general, Vivó Escoto (157) clasifica a los climas de Mesoamérica según el sistema de Koeppen. Trojer (150) resume el transcurso climatológico de Centroamérica de la siguiente manera: durante los meses de diciembre a marzo la convergencia o divergencia de la corriente general con direcciones predominantes del este, destacan zonas a lo largo de la costa Atlántica, con un aumento de la pluviosidad en forma de aguaceros con un ciclo bien definido. Sobre las estribaciones de la costa, con elevaciones mayores de 500 metros, aumenta la pluviosidad orográfica; sin embargo, se mantiene en los valles el tiempo con reducida pluviosidad (San Pedro Sula, Honduras). Las vertientes interiores, hasta la división de aguas, son más nubladas y con lloviznas orográficas temporales. Está confirmado el efecto orográfico de la corriente general en que las vertientes y especialmente las llanuras costeras del Pacífico, registran un intenso período seco, el cual se extiende hasta los valles interiores de esta vertiente (Santa Tecla, El Salvador); predominan días con más de 10 horas de insolación.

Las zonas más secas son: Guanacaste en Costa Rica; la cuenca de los lagos de Nicaragua hasta El Salvador y la parte sur de Guatemala.

Las lluvias locales de las vertientes adelantan los períodos lluviosos en los niveles de unos 700 m sobre los valles amplios, mientras que en las zonas bajas se observan solamente un aumento en la variabilidad de la nubosidad.

Solamente en los meses de mayo a junio se inician las lluvias de manera general con el traslado del sistema de circulación intertropical hacia el norte.

El mes de junio puede considerarse en toda la región como lluvioso, aunque se observan de año en año fuertes fluctuaciones.

La periodicidad de estas fluctuaciones es un problema muy importante para la agricultura. Se debe a esto muchos fracasos de siembras efectuadas según la distribución normal.

Otra característica general es un corto período de menor pluviosidad durante julio a agosto (canícula), después del cual se acostumbran siembras postreras de cultivos anuales.

Siguen los meses más lluviosos de setiembre y octubre con frecuentes "temporales" (serie de días lluviosos) mientras que en el norte del Istmo, en el mes de noviembre, comienza ya el período seco, especialmente en las vertientes del Pacífico.

METODOS EMPLEADOS

1. Procedencia y recolección de las muestras

Las muestras proceden de los países centroamericanos (excepción hecha de Honduras), Panamá y México. Estas fueron colectadas por J. A. Martini [x] a lo largo de las principales vías del Istmo y los países mencionados; se localizaron de acuero con las clasificaciones existentes,(específicamente en suelos clasificados como latosoles).

La descripción morfológica de los suelos se efectuó en forma muy general, teniendo en cuenta algunas características diferenciales y simplificando la descripción a los términos "suelo" y "subsuelo"; a pesar de que tal distinción es discutible puesto que no se pueden hacer proposiciones respecto a la génesis y clasificación de los mismos, el objetivo primario del estudio es el de establecer umbrales de variabilidad de las características estudiadas con fines, principalmente, evaluativas de su fertilidad y además establecer comparaciones entre el concepto modal de "latosol" tal como se ha presentado anteriormente y el concepto que se derive de las consideraciones aquí expuestas.

a. Descripción de las muestras

En la presentación de los resultados se hace referencia a la localización, clasificación, pendiente, altitud, relieve, material geológico, ecología y su uso potencial. Algunos aspectos son de información secundaria.

b. Limitaciones

Son de dos tipos ligados estrechamente:

De carácter práctico. La ausencia de una descripción morfológica detallada del perfil y la carencia de análisis mineralógicos, impiden establecer la génesis de estos suelos y las relaciones con el medio ambiente.

---

x MARTINI, J. A. Especialista en fertilidad de suelos, asignado por FAO al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica.

De carácter conceptual

Como consecuencia de lo anterior, el marco teórico del concepto "latosol" u "oxisol" queda virtualmente sin puntos de apoyo. Se infiere que la clasificación de "latosol" que aquí usamos es meramente apriorística, dado que no se tienen el conjunto de características, ni definiciones genéticas para establecerlo con certeza, Aún así, el presente estudio dará algunos intervalos de variación de las propiedades observadas, para que estudios posteriores lo confirmen o complementen.

2. Trabajo de laboratorio

a. Preparación de las muestras

En la preparación de las muestras se siguieron las indicaciones de Cline (30) y Peech et.al. (111).

Las muestras fueron secadas al aire, desmenuzadas y luego pasadas por un tamiz con malla de 2 mm; a continuación fueron homogeneizadas en un mezclador del tipo "Twin shell dry blender".

b. Análisis de las muestras

1- pH

En la medición de la acidez del suelo se siguieron las indicaciones de Peech (112). El pH se determinó en una suspensión acuosa, usando la relación suelo-agua 1:1 y en $CaCl_2$ 0.01 M con una relación suelo-solución 1:2. El pH en $CaCl_2$ aventaja los resultados obtenidos en agua ya que se reduce la influencia de sales y de la dilución (13, 130).

2.2- Carbono orgánico

Se usó método de Walkley y Black modificado por Saiz del Río y Bornemisza (128).

El carbono orgánico fue determinado por oxidación húmeda con dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico concentrado; posteriormente se tituló con sulfato de amonio y hierro.

Los cálculos de materia orgánica se obtuvieron usando el factor de van Benmelen 1,724 basado en la hipótesis de que la materia orgánica contiene como promedio, 58 % de carbono, sin embargo, Broadbent (24) dice que este factor puede dar valores más bajos que los existentes.

2.3- Nitrógeno total

Se utilizó el método semimicro Kjeldahl de Bremmer (23) y modificado por Díaz-Romeu.* Se pesó 1 gramo de suelo y 1,8 de mezcla catalizadora (100 gramos de sulfato de potasio, 10 gramos de sulfato de cobre y 1 gramo de selenio); se añadieron 5 ml de H_2SO_4 y se dejó en predigestión durante la noche.
La digestión se verificó en un aparato diseñado por Müller (102). Se dejó enfriar y se le agregó unos 30 ml de agua. Para la destilación (en un aparato diseñado asimismo por Müller) se añadieron 12 ml de NaOH 1:1 con fenolftaleina y se destiló por 20 minutos; el amoniaco fue recogido en 20 ml de ácido bórico al 2 % con indicador (rojo de metilo y azul de metileno); y determinados por titulación con H_2SO_4 0.02 N.

---

* DIAZ-ROMEU, R. Comunicación personal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Turrialba, Costa Rica, 1968.

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

4- Capacidad de intercambio catiónico y bases cambiables

Se siguieron las indicaciones de Bower et. al. (20) con las modificaciones hechas por Díaz-Romeu y Balerdi (38). El método consiste en la saturación de las cargas negativas del suelo con amonio, este es desplazado con NaCl y luego destilado. Se pesaron 5 gramos de suelo en un tubo de centrífuga de 100 ml; se le agregaron 33 ml de acetato de amonio neutro y normal, se dejó en reposo durante la noche. Se agitó 10 minutos y se centrifugó por 5 minutos decantando el supernatante en un volumétrico de 100 ml; se repitió esta operación dos veces más, disminuyendo el tiempo de agitación a 5 minutos. Se llevó a volumen y esta solución se usó para determinar las bases cambiables. Luego se lavó el suelo 3 veces con 33 ml de alcohol isopropílico, agitando y centrifugando alternadamente, para así eliminar el exceso de acetato de amonio. Seguidamente se agregaron 33 ml de NaCl al 10 % acidulado (pH 2.5); se agitó 10 minutos y se centrifugó durante 5 minutos ; se repitió esta operación dos veces. Se llevó a volumen y se tomó una alícuota de 10 ml y se destiló en un micro Kjeldahl en forma similar a la técnica usada en la determinación del nitrógeno.

---

* DIAZ-ROMEU, R. Comunicación personal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Turrialba, Costa Rica, 1968.

.5- Calcio, magnesio y potasio

Se utilizó, como se mencionó anteriormente, la extracción de los iones hecha con acetato de amonio en la determinación de la capacidad de intercambio de cationes. Las concentraciones de calcio y magnesio se midieron por medio del espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elemer, modelo 303. Las longitudes de onda en las cuales se hicieron las determinaciones fueron de 212 mr para el calcio y 285 mm para el magnesio.

El potasio se determinó en un fotómetro de llama Perkinelmer modelo 520, y la longitud de onda utilizada fue de 7200 AQ.

.6- Fósforo

El ión F_2^{-2} puede solubilizar los fosfatos de hierro (Fe^{++}) y aluminio (Al^{+++}) por su propiedad de formar complejos con estos cationes; como el medio es ácido también disuelve la parte más activa de los fosfatos de calcio presente. Se utilizó el método de Bray y Kurtz NQ 1 (21) modificado por Saiz y Bornemisza (128).

.7 Óxidos libres de hierro

En la extracción se siguió la técnica de Kilmer (77) modificada por Bornemisza e Igue (17). Se colocaron 4 gramos de suelo pasados por un tamiz NQ 20 (0,84 mm) en un erlenmeyer de 125 ml; se añadió 4 gramos de $Na_2S_2O_4$ y 75 ml de agua destilada. Después de agitar por 12 horas las muestras fueron transferidas a un vaso de precipitados y se ajustó el pH a 3.5 - 4.0 usando HCl al 10 %. La solución fue transferida a un volumétrico de 200 ml, se filtró y se hicieron diluciones 1:20. Para la determinación se usó el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elemer, modelo 303; la concentración se midió a una longitud de onda de 248 m.

.8- Aluminio extraíble

Se utilizó la técnica descrita por McLean (95) en que el aluminio es extraído con acetato de amonio normal, pH 4.8. El aluminio extraíble incluye el aluminio cambiable más $Al(OH)_3$ soluble y probablemente algunos monómeros o polímeros hidroxi-alumínicos, los cuales pueden ser fuertemente adsorbidos por el coloide o aprisionados entre las capas expandibles de las arcillas.

La determinación se hizo por colorimetría usando aluminón (ácido auriantricarboxílico). Esta solución en un medio ligeramente ácido o neutro da un color rojo en presencia de pequeñas cantidades de aluminio (29).
La coloración se midió en un fotocolorímetro universal Coleman, modelo 14, usando una longitud de onda de 537 mm.

9- Análisis granulométrico

Se siguió el método combinado de hidrometro y tamizado de Bouyoucos (18) modificado por Day (36) y según lo expone Gavande (53). El uso del hidrómetro fue introducido por Bouyoucos para determinar la distribución del tamaño de las partículas de los suelos.
Posteriores modificaciones del método hechas por varios autores, principalmente Day, han perfeccionado el método y así mismo se ha encontrado concordancia entre los valores del método del hidrómetro y los de la pipeta (19).

La técnica, en forma somera, es como sigue: Se pesan 40 gramos de suelo seco, libre de materia orgánica; se adicionan 125 ml de calgón al 5 %; se agita en una copa de dispersión por

10 minutos. La suspensión es transferida a un cilindro de sedimentación en donde se lleva a volumen, se agita y se verifican las lecturas a los 30 segundos 1, 4, 9, 36, 100, 196 y 480 minutos. Las lecturas deben ser modificadas según las condiciones de temperatura y viscosidad.

Se relacionó el porcentaje acumulado con el tamaño de las partículas en un diagrama que tiene la Soil Test Inc. para tal efecto.

Para la separación de las arenas se usaron los támices Nºs 18, 35, 60 y 140; la arena muy fina se calculó por diferencia. Todas las fracciones se clasificaron de acuerdo al sistema del USDA.

3.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico utilizado para interpretar los resultados experimentales de esta investigación, consistió en:

a.10.1- Estadística simple

Como una medida distintiva de los "latosoles" de los países en estudio, se presentan los valores promedio, intervalos de variación así como algunas desviaciones estandar de las principales propiedades.

b.10.2- Matriz de correlaciones

Las relaciones funcionales de las propiedades determinadas en suelos y subsuelos se presentan en dos matrices de correlaciones, la primera de las cuales incluye el contenido de materia orgánica, el contenido de nitrógeno total y el pH. La segunda está compuesta por el contenido de calcio cambiable, el aluminio extraíble, el porcentaje de saturación y el pH.

Estas matrices permiten el estudio de asociación dentro del conjunto suelo y subsuelo, simultáneamente. También se puede obtener conocimiento de las relaciones entre los dos complejos suelo-subsuelo, ligados por elementos comunes en ambos conjuntos.

En general, la matriz de correlaciones se puede representar como sigue:

$$R = Ds_{ii}^{-1/2} (X'X) Ds_{ii}^{-1/2}$$

donde:

R = Matriz de correlaciones

$Ds_{ii}^{-1/2}$ = Matriz diagonal cuyas componentes son las raíces cuadradas de los inversos de los elementos en la diagonal X'X.

X = Matriz del diseño o matriz del modelo

X' = Transpuesto de X

c. Matriz de correlaciones parciales

Existen situaciones en la cual el interés se concentra en investigar las relaciones entre los elementos de un conjunto, cuando el efecto de aquellos en otro conjunto se han eliminado o se mantuvieron constantes.

Aplicando la anterior idea a las propiedades del suelo y del subsuelo, para estimar cuales serían las relaciones existentes entre ellas, si el conjunto suelo no ejerciera influencia alguna; este concepto puede tener aplicación directa y

práctica en aquellos problemas donde las informaciones sobre el suelo no fueran posible de obtener si se han perdido, por ejemplo: erosión de la capa arable u otras razones.

La representación simbólica es como sigue:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix}$$

donde:

R_{11} = Submatriz de correlaciones entre las propiedades del suelo

R_{12} = Submatriz de correlaciones entre las propiedades suelo-subsuelo

R_{21} = Transpuesto de la matriz R_{12}

R_{22} = Submatriz de correlaciones entre las propiedades del subsuelo

Si eliminamos la influencia del suelo, las relaciones entre las propiedades del subsuelo están dadas por:

$$R_{22} - R_{21} \; R_{11}^{-1} \; R_{12}$$

Se presentan aquí las relaciones de la primera matriz o sea entre el contenido de materia orgánica, el contenido de nitrógeno total y el pH.

d. Análisis de regresión

El estudio de las tendencias de las relaciones entre las propiedades se han verificado por medio del análisis de regresión linear simple y curvilinear, según el caso; también se han determinado

los máximos o mínimos de las funciones en el caso de que la relación sea de mayor grado que 1. Por ejemplo, supongamos que la relación sea de segundo grado:

$$y = b0 + b1X + b2X^2$$

entonces el punto donde se presenta el máximo o el mínimo sería:

$$\frac{dY}{dX} = b1 + ab_2X = 0$$

$$X = \frac{-b1}{2b2}$$

Si $\frac{d^2Y}{dX^2} > 0$ Entonces se tiene un mínimo en el punto X.

Si $\frac{d^2Y}{dX^2} < 0$ Entonces Y tiene un máximo en el punto X.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Parte I. Análisis por países

Aunque la división política no tiene ninguna relación con los factores ambientales, el criterio de ordenación por países tiene fines exclusivamente comparativos y especialmente para puntualizar diferencias con respecto a las diferentes áreas en las cuales se tomaron las muestras.

La localización aproximada de los suelos estudiados se muestra en el mapa adjunto.

A. "Latosoles" en Panamá

Los suelos de Panamá fueron descritos por Striker (143) el cual los clasificó en 26 unidades, pero no describió perfiles o determinó características físicoquímicas.

Brown y Wolfschoon (25) estiman que los "latosoles" ocupan el 80 % del total de la tierra de Panamá. Dichos autores indican que éstos fueron originalmente bosques tropicales y que, a excepción de las pendientes más fuertes, han sido deforestados y cultivados, siendo convertidos en pastos o vegetación mexclada de pastos y arbustos; tales áreas son sólo utilizables a nivel de subsistencia. Otros investigadores (94) describen en algunos latosoles de los suelos de bosques del Darién y sus características químicas.

1. En el cuadro Nº 1 se pueden encontrar algunas de las características externas de los sitios de muestreo. En general los suelos se recolectaron en sitios con un relieve de ligeramente ondulado a ondulado, de elevaciones bajas y pertenecientes a formaciones ecológicas correspondientes al bosque húmedo o seco tropical.

CUADRO Nº 1. - CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Muestra	Localización	Clasificación (52)	Otras Clasificaciones (143)	Pendiente %	Altitud	Relieve	Ecología (65)	Uso Potencial (136)
P1	Estación Experimental Tocumen	Fluvisol	Aluvial	3	30	Plano	Bosque seco tropical	IACS
P2	Cerca de Pacora	Dystric Cambisol	Red clays	3-6	60	Plano a ondulado	Bosque seco tropical	IIPCS
P3	Cerro Azul (elevación media)	Dystric Cambisol	Red clays	10	330	Ondulado	Bosque seco tropical	IIID
P4	Cerro Azul (parte alta)	Dystric Cambisol	Red clays	10-15	800	Ondulado a cerril	Bosque húmedo tropical	IV
P5	Cerca de Chorrera	Dystric Rhodosol	Red clays	5	60	Plano a ligera-mente ondulado	Bosque húmedo tropical	IIPCS
P6	Cerca de Arraiján	Red brown luvisol	Red clays	5-10	150	Ondulado	Bosque húmedo tropical	IIPCS

Actualmente se utilizan en pastos y su uso potencial, a excepción de P1 (aluvial), es para uso extensivo o forestal (136). El material originario es variado (125): rocas sedimentarias miocénicas (P1-P2), rocas volcánicas terciarias principalmente dacíticas y riolíticas (P5-P6), rocas ígneas cretáceas (P3-P4).

1.2- El cuadro Nº 2 presenta la profundidad de muestreo, el color y la distribución granulométrica.

La profundidad a la cual se tomaron las muestras no son representativas de un horizonte particular.* Para la diferenciación de suelo y subsuelo, se tomó en cuenta principalmente, el color, la textura y el contenido de raíces.

Respecto al color, predomina el matiz 5YR (rojo a rojo oscuro), especialmente en los subsuelos. Los suelos tienen textura franca a arcillosa; los subsuelos son más arcillosos; el promedio del contenido de arcilla en el suelo es de 41,7 % (26,0 a 66,0 % es el intervalo) y 54,0 % (31,0 a 74,0 %) en el subsuelo, lo cual sugiere la presencia de horizontes argílicos o "plánicos" **(52); la relación del contenido de arcilla subsuelo/arcilla suelo fluctúa entre 1,13 y 1,79. El contenido de limo es mayor en el suelo (39,4 % en promedio) que en el subsuelo (20,7 %).

---

* MARTINI, J. A. Recolección de muestras en Centroamérica, México y Panamá. Comunicación Personal.

** Aunque la definición de horizonte "argílico o plánico" es precisa y los datos sólo muestran que hay mayor cantidad de arcilla en el subsuelo, se llama la atención en tal aspecto y se sugiere el por qué de tal fenómeno.

CUADRO Nº 2 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Muestra		Profundidad (cms)	Color (seco)	Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy Gruesa %	Arena Gruesa %	Arena media %	Arena Fina %	Arena muy Fina %	Relación Limo/ Arcilla
P1 *	S	0-30	10YR5/3	Fco.	22.50	48.50	29.00	0.05	0.20	3.90	12.60	12.10	2.16
	Sub	30-60	10YR5.5/4	Fco.	24.00	38.50	37.50	0.05	0.10	3.70	19.00	14.40	1.60
P2	S	0-15	5YR6/6	Fco.	26.00	37.50	36.50	1.10	5.90	12.50	10.80	6.00	1.44
	Sub	15-40	5YR7/6	Fco.Arc.	31.00	40.00	30.00	1.00	5.50	9.80	8.00	5.50	1.29
P3	S	0-15	5YR5/6	Arc.	47.00	35.50	17.50	3.20	2.90	3.60	4.70	2.90	0.76
	Sub	15-35	5YR6/6	Arc.	58.00	25.00	17.00	4.80	3.70	2.80	2.90	2.60	0.43
P4	S	0-25	5YR5/6	Fco.Arc.	36.00	40.50	23.50	3.50	3.60	4.90	8.20	3.10	1.13
	Sub	25-50	5YR5/8	Arc.	46.50	30.50	23.00	2.30	3.20	4.90	7.80	4.60	0.66
P5	S	0-15	7.5YR5/4	Arc.	66.00	27.00	7.00	1.50	1.80	2.00	1.10	0.40	0.41
	Sub	15-40	5YR4/8	Arc.	74.50	20.50	5.00	1.60	1.30	1.20	0.60	0.10	0.28
P6	S	0-25	2.5YR4/2	Fco.Arc.L.	33.50	56.50	10.00	1.30	1.20	1.50	2.80	3.00	1.60
	Sub	25-50	2.5YR4/4	Arc.	60.00	37.50	2.50	0.05	0.10	0.20	0.80	1.20	0.63

Fco. = Franco

Arc. = Arcilloso

L. = Limoso

* P1 es aluvial.-

La relación limo/arcilla (159) es en promedio de 1,27 (0,41 a 2,16) en el suelo y 0,82 (0,28 a 1,60) en el subsuelo.
A pesar de las restricciones en el uso del índice mencionado para suelos con drenaje libre, en los cuales predomina la caolinita y además no tienen horizonte B textural, éste da una idea de la distribución de materiales parentales viejos y jóvenes. Aunque hay suelos desarrollados a partir de materiales cretáceos, ninguno de los subsuelos tiene una relación más baja de 0,15 (valor crítico según Van Wambeke), se puede suponer que los subsuelos contienen todavía reservas de materiales alterables. Esto debe ser comprobado con análisis mineralógicos de las diferentes fracciones.
Dentro de las arenas la mayor contribución aparente, corresponde a las arenas muy finas (4,6 % en promedio en el suelo y 4,7 % en el subsuelo), seguida por las arenas medias (4,7 % en suelo y 3,8 % en el subsuelo). Es de notar la amplia variación en el contenido de las mismas en las diferentes muestras analizadas.

3- En el cuadro Nº 3 se presenta el complejo de adsorción.

Las capacidades de intercambio catiónico se pueden considerar medias a bajas; en promedio, suelo y subsuelo tienen similares C.I.C. (20,45 meq/100 gr en el suelo, 19,51 meq/100 gr en el subsuelo); estos valores son un poco más altos que los encontrados por otros investigadores (25), los cuales hallaron variación entre 10-15 meq/100 gr de suelo.

Si se asume una C.I.C. de 3,50 meq/1 gr de Carbono (107) o 2 meq/1 gr de materia orgánica (91) y se calcula la C.I.C./100 gr de arcilla, sólo las muestras P4 (suelo) y P5 (suelo y subsuelo)

CUADRO Nº 3 - COMPLEJO DE ADSORCION

Muestra		CIC meq/100 gr suelo	CIC meq/100 gr arcilla (calculada)	Calcio meq/100 gr	Magnesio meq/100 gr	Potasio meq/100 gr	% de Saturación
P1*	S	27.12	88.44	10.92	7.51	0.25	68.88
	Sub	24.78	94.42	8.42	7.10	0.10	63.03
P2	S	11.48	50.46	0.22	0.27	0.07	4.88
	Sub	14.60	42.32	0.05	0.04	0.02	0.75
P3	S	26.34	29.49	4.52	2.67	0.19	28.02
	Sub	25.30	40.52	0.34	0.72	0.03	4.31
P4	S	14.87	9.31	0.16	0.29	0.08	3.56
	Sub	14.08	26.06	0.03	0.16	0.04	1.63
P5	S	21.39	12.53	0.62	1.29	0.22	9.96
	Sub	15.13	14.24	0.17	0.15	0.04	2.38
P6	S	28.17	54.00	9.98	6.17	0.12	57.76
	Sub	28.43	44.82	3.84	3.91	0.04	24.40

* P1 es aluvial

presentan capacidades de intercambio catiónico menor de 16 meq/100 gr de arcilla. Las demás muestras varían de 29,5 a 54,0 meq/100 gr de arcilla en los suelos y 26,06 a 44,8 meq/100 gr arcilla en los subsuelos.

Probablemente, la alta C.I.C. relativa encontrada en este estudio, depende no sólo de la materia orgánica y la caolinita principalmente, sino de alumino-silicatos amorfos (alofana) tal como lo halló Martini (91) en un suelo rojo laterítico de Panamá.

El contenido de calcio cambiable es en general bajo a excepción de los suelos P3 y P6; los subsuelos presentan niveles aún más bajos.

Las razones pueden ser debidas al material parental (especialmente en muestra P6, rocas volcánicas andesíticas o riolíticas).

El promedio de calcio cambiable es bajo 3,10 meq/100 gr (0,16 a 9,98) en los suelos y 0,87 meq/100 de suelo (0,03 a 3,84) en los subsuelos.

El magnesio tiene un promedio de 2,14 meq/100 gr de suelo (0,27 a 6,17) en los suelos y 1,00 meq/100 gr de suelo (0,04 a 3,91) en los subsuelos.

Las muestras P2, P4 y P5 presentan un bajo contenido de calcio y magnesio y por consiguiente su saturación es así mismo baja. Se nota un decrecimiento de los cationes con la profundidad.

El contenido de potasio es bajo, en promedios 0,14 meq/100 gr (0,07 a 0,22) en el suelo, y 0,03 meq/100 gr (0,02 a 0,04) en el subsuelo. Estos valores son concordantes con los hallados por Martini (91) para un suelo rojo laterítico de Panamá. El mismo autor

encontró que el potasio estructural es mayor en la arcilla que en la arena y en el limo, y los suelos lateríticos poseen los valores más bajos, los suelos aluviales los valores medios, y los volcánicos los niveles más altos. (92)

El porcentaje de saturación presenta amplia variación; el promedio para el suelo es de 20,84% (3,56 a 57,76) y en el subsuelo es de 7.29 % (0,75 a 27,40). Las muestras P2, P4 y P5 son las que presentan el menor contenido de cationes; este hecho es significativo pues implica un grado de meteorización muy avanzado y consiguientemente una fuerte lixiviación.

1.4- En el cuadro Nº 4 se observan otras características químicas.

El rango de variación de la materia orgánica es relativamente estrecho; el promedio en el suelo es de 4,40% (2,79 a 6,56) y en el subsuelo es de 1,13% (0,74 a 2,26).

Martini (91) informa de un porcentaje más bajo para un suelo superficial rojo laterítico (2,9 %); la relación de materia orgánica subsuelo/suelo varía entre 0,14 a 0,34; es notorio la disminución de éste con la profundidad.

Es conocido el hecho de que el principal factor que influye el contenido de materia orgánica es la cantidad de lluvia. La precipitación anual en las zonas donde se recolectaron las muestras fluctúa entre 2200 a 3000 mm *; ello explicaría el alto contenido

---

* TROJER, H. y JARAMILLO, R. Mapa de lluvia anual en Centroamérica. En preparación. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., 1969.

relativo de la materia orgánica. La prolongada estación seca (diciembre a mayo) hace suponer que la actividad biológica en esta época sea menor; de esta manera se retarda la descomposición de la materia orgánica en la superficie. No se encontró relación entre la materia orgánica y la altura, pues las zonas de muestreo a excepción de P4 se consideran tierras bajas.

El pH en agua fluctúa entre 4,3 y 5,7 en el suelo, o sea de extremadamente ácido a medianamente ácido, y de 4,4 a 5,4 en el subsuelo, extremadamente ácido a fuertemente ácido; lor resultados coinciden con los encontrados por otros autores (124) los cuales encontraron una variación de 3,9 y 5,0 en los latosoles. Martini, Ah Chu y Lezcano (94) encontraron variación de pH entre 3,5 y 7,5 en suelos de bosque del Darién, Panamá.

El pH en Ca Cl_2 0,01 M difiere de 0,2 a 0,6 unidades del pH en agua tanto en el suelo como en el subsuelo; éste fluctúa entre 3,7 a 5,5 en los suelos y 3,8 a 5,2 en los subsuelos.

La distribución del nitrógeno total sigue en líneas generales la de la materia orgánica; el promedio en el suelo es de 0,22% (0,14 a 0,27) y de 0,06 % (0,04 a 0,11) en el subsuelo; difieren de los datos de otros investigadores (124) los cuales hallaron cantidades de 0,002 y 0,003 % para los "latosoles".

El fósforo asimilable presenta bajos contenidos: 1,30 ppm en promedio para los suelos y 0,32 ppm para los subsuelos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Fassbender, Müller y Balerdi (48) para otros suelos de Centroamérica.

CUADRO Nº 4 - MATERIA ORGANICA, pH, NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE, OXIDOS LIBRES DE HIERRO, ALUMINIO EXTRAIBLE

Muestra		Materia orgánica (%)	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$ 0.01 M)	Nitrógeno total (%)	Fósforo Asimilable (ppm)	Oxidos de Hierro libre (%)	Aluminio extraíble (meq/100 gr)
P1 *	S	3,61	5.70	5.40	0.16	3.25	3.58	0.06
	Sub	1.06	5.90	5.40	0.08	0.97	4.85	0.11
P2	S	2.79	4.30	3.70	0.14	2.80	4.55	3.44
	Sub	0.74	4.40	3.80	0.04	0.57	5.00	4.61
P3	S	6.24	5.30	5.20	0.21	0.35	5.00	3.61
	Sub	0.90	5.10	4.20	0.05	0.15	5.00	13.05
P4	S	5.76	4.50	4.20	0.23	0.80	3.86	3.28
	Sub	0.98	5.00	5.00	0.05	0.37	5.19	2.00
P5	S	6.56	4.30	4.00	0.27	1.57	4.20	3.78
	Sub	2.26	4.50	4.00	0.11	0.32	4.59	6.22
P6	S	5.04	5.70	5.50	0.24	0.97	3.33	0.50
	Sub	0.77	5.40	5.20	0.05	0.17	3.33	1.33

* P1 es aluvial

Los contenidos de óxidos de hierro libre son menores que aquellos encontrados por Bornemisza e Igue (17) para 3 latosoles en Panamá: 7,6 , 10,4 , y 8,8 %; Ríos, Martini y Tejeira (124) obtuvieron resultados similares a los autores mencionados anteriormente. El promedio en este estudio es de 4,19 % (3,33 a 5,00) en los suelos y 4,6 % (3,33 a 5,19) en los subsuelos. La variación no es notoria entre suelo y subsuelo en un mismo perfil a excepción de la muestra P4.

El aluminio extraíble es bajo a excepción del subsuelo P3; el promedio es 2,92 meq/100 gr (0,50 a 3,78) en el suelo y el subsuelo presenta una amplia variabilidad de 1,33 a 13,05 meq/100 gr.

Ríos, Martini y Tejeira (124) obtuvieron en muestras superficiales, para dos latosoles, 7,37 y 3,13 meq/100 gr de aluminio extraíble. Los mismos autores encontraron correlaciones negativas entre el pH y el aluminio extraíble, posteriores experimentos indicaron una disminución notoria del aluminio extraíble con el encalado. En este estudio se presenta similar tendencia negativa entre el pH y el aluminio extraíble.

Los subsuelos (exceptuando P4) presentan mayores cantidades de aluminio, lo cual implicaría gran movilidad o alta concentración en el material parental. Las cantidades de aluminio extraíble parecen bajas a pesar de que los pH son ácidos

1.5- El cuadro Nº 5 presenta algunas relaciones entre elementos.

La relación C/N (Cuadro Nº 5) presenta un promedio de 13,9 (11,57 a 17,24) para el suelo y 10,69 (9,00 a 11,90) para el subsuelo.

La relación en los suelos es alta, especialmente en el suelo P3.

Sombroek (140) halló valores de 10,5 para horizontes A en suelos pesados y de 13,50 en los menos pesados.

La fijación de nitrógeno como radical amonio dentro del espacio del retículo de las arcillas como lo afirmó Hardy (56) puede explicar las bajas relaciones en los subsuelos; el subsuelo P6 puede aseverar lo anterior. Los altos contenidos de calcio y magnesio junto con la alta capacidad de intercambio de cationes, hacen probable la presencia de minerales de tipo 2:1 los cuales pueden fijar mayores cantidades de amonio.

Es notorio el desbalance entre los cationes (Cuadro Nº 5): la relación Ca^{++}/Mg^{++} en el suelo es en promedio de 1,0 y de 0,80 en el subsuelo; estos resultados están por debajo de la relación óptima, la cual según Hardy y Bazán (57) es de 4,0.

Las muestras P2 y P5 presentan una mayor relación en el subsuelo que en el suelo, lo cual implicaría una mayor movilidad del calcio; en la muestra P4 la relación es inversa. Tanto suelo y subsuelo han sido fuertemente lixiviados. Becket (8) sugirió que el magnesio cambiable es retenido menos fuertemente que el calcio cambiable especialmente en suelos muy lixiviados, sin embargo, ésto no ocurre en el presente estudio.

La relación Ca^{++}/K^{+} presenta gran variabilidad: 23,0 (2,0 a 83,12) en el suelo y 23,37 (0,8 a 96,00) en el subsuelo. La relación es mayor en los subsuelos de las muestras P5 y P6 lo cual demuestra una mayor movilidad del calcio.

CUADRO Nº 5 - RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Muestra		C/N	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
P1*	S	13.1	1.5	43.7	30.0	73.7
	Sub	7.6	1.2	84.2	71.0	155.2
P2	S	11.6	0.8	3.1	3.9	7.0
	Sub	10.8	1.3	2.5	2.0	4.5
P3	S	17.2	1.7	23.8	14.1	38.8
	Sub	10.4	0.5	11.3	24.0	35.3
P4	S	14.5	0.6	2.0	3.6	5.6
	Sub	11.4	0.2	0.8	4.0	4.8
P5	S	14.1	0.5	2.8	5.9	8.7
	Sub	11.9	1.1	4.3	3.8	8.0
P6	S	12.2	1.6	83.2	51.4	134.6
	Sub	9.0	1.0	96.0	97.8	193.8

* P1 es aluvial

El valor óptimo según Hardy y Bazán (57) para la relación Mg/K es 8,0. Las muestras P3 y P6 presentan las relaciones más altas tanto en el suelo como en el subsuelo. Las muestras P2, P4 y P5 están más cerca de la relación óptima. El promedio para los suelos es de 15,8[illegible] (3,6[illegible] a 51,4[illegible]) y de 26,30 (2,0[illegible] a 97,85) para los subsuelos. Como todos los suelos presentan deficiencias de calcio en relación al magnesio, la adsorción de calcio puede ser disminuída grandemente por la adición de fertilizantes potásicos, como lo afirman Hardy y Bazán (57).

La relación $\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{K^{+}}$ muestra grandes contrastes. Mientras las muestras P3 y P6 presentan relaciones altas, especialmente la segunda, las de P2, P4 y P5 son muy bajas; el valor óptimo según Hardy y Bazán es de 40,0. Tales autores puntualizan el hecho de que si hay deficiencias de calcio o magnesio, no hay respuesta a la fertilización con potasio. Elgabaly y Wiklander (45) afirman que el mineral arcilloso con más alta C.I.C. libera más fácilmente iones monovalentes a las plantas que los minerales de baja C.I.C. Venema (154) confirma lo anterior y dice que si la C.I.C. es baja, los cationes monovalentes son más fuertemente adsorbidos y los divalentes son retenidos con menor intensidad. De tal manera, con baja C.I.C. (muestras P2, P4 y P5) es más baja la relación $\frac{R^{++}}{R^{+}}$.

[illegible].6- Algunas consideraciones respecto a la clasificación de los suelos.

Las siguientes son meras suposiciones entre conceptos modales y las características determinadas.

La localización de los suelos en las unidades del mapa FAO/UNESCO (52) se hizo superponiendo la situación en coordenadas de las muestras sobre el mapa. El criterio carece de lógica (desde el punto de vista pedológico), pero sólo se quieren establecer comparaciones. Las muestras P2, P3 y P4 se consideran como "dystric cambisols"; la alteración de los minerales es evidente y se refleja en los matices rojizos tanto del suelo como del subsuelo; ninguno de los subsuelos alcanza a tener 35 % de saturación (el contenido de calcio y magnesio son bajos) y tampoco presentan texturas francas por el contrario los subsuelos son arcillosos. Parece obvio que las muestras no pertenecen a este grupo de suelos. Semejan ser "red-yellow luvisols", por su baja saturación y también por la posibilidad de encontrar un horizonte B argílico.

El P5 es un "dystric rhodosol" con una C.I.C. de 14 meq/ 100 gr de arcilla en el subsuelo pero la saturación es muy baja (2,58 %); tal característica lo haría más semejante a un "red-yellow luvisol" o en el caso de tener un horizonte óxico a un "rhodic latosol".

El P6 es un "red brown luvisol"; el cambio textural suelo a subsuelo es brusco y la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo es de 1,79; habría la posibilidad de que se presentara un horizonte "argílico". Por otra parte, la C.I.C. y el porcentaje de saturación corresponden a los suelos "red brown luvisols".

Es posible que en las áreas cerca a la Chorrera (P5) puedan encontrarse suelos muy meteorizados; es difícil aseverar que existan horizontes óxicos sin tener otros datos experimentales.

b. "Latosoles" en Costa Rica

Dóndoli (40) fue quien en principio informó sobre la existencia de suelos lateríticos en el Valle de San Isidro del General y en la región de Palmares (41).

En 1954, Dóndoli y Torres (42) realizaron estudios de la región oriental de la meseta central y mencionan así mismo la existencia de latosoles; Vargas y Torres (153) reconocen la presencia de estos suelos en la parte occidental de la misma.

En 1965 la Agencia Internacional para el Desarrollo (2) hizo una compilación y llama "latosoles" a las áreas de suelos bién drenados.

Hardy y Bazán (57) reconocen un "latosol senil" en las inmediaciones del I.I.C.A (Serie Colorado) y en Paraíso (Serie Paraíso).

Recientemente Harris et. al. (59) puntualizan el hecho de que si bien los "latosoles" pueden presentarse en lugares aislados, no son suficientemente meteorizados para alcanzar este estado.

2.1- Características generales de los suelos estudiados.

Las muestras están localizadas en la vertiente del Pacífico (Cuadro Nº 6). Tienen pendientes menores del 15 % en la mayoría de los casos; la altura fluctúa entre 400 y 1200 m s.n.m. ; el relieve es ondulado y en algunos es cerril.

Los materiales geológicos son variados: sedimentos pleistocénicos (suelos del Valle del General) y rocas volcánicas y piroclásticas del cuaternario y terciario superior (al oeste de la meseta).

En general todas las muestras han tenido influencia volcánica de manera directa (cenizas) o indirecta (transporte de materiales volcánicos).

Las zonas de vida comprenden el bosque húmedo tropical (Valle del General) así como bosque húmedo premontano (Meseta Central) y bosque seco tropical (planicies costeras del Pacífico) (61).

El uso actual es principalmente pastos y algunos cultivos específicos, piña en el Valle del General y caña de azúcar y café en la Meseta.

El uso potencial comprende a la categoría de uso extensivo, con excepción de las muestras de la Meseta y uno de la planicie costera, los cuales son aptos para un uso intensivo (118).

2.2- Color, distribución granulométrica.

Los matices predominantes son 10 YR en el suelo y 7.5 YR en el subsuelo; no se presentan matices más rojos, salvo los subsuelos CR 13, CR 27 y CR 28.

La textura de las muestras del Valle del General es arcillosa tanto en el suelo como en subsuelo; los suelos de la meseta y los de las planicies costeras muestran tendencia a texturas más livianas (franco arcillo limosa o arcillo limosa) en el suelo.

El promedio del porcentaje de arcilla es de 48,77 (26,50 a 69,50) en el suelo y 60,30 (29,00 a 75,0) en el subsuelo. Las relaciones arcilla subsuelo/arcilla suelo son más bajas en el Valle (0,80 a 1,61) que en las demás muestras (1,02 a 1,94); parece que la meteorización ha sido más intensa en el Valle que en la meseta en donde los suelos han sido rejuvenecidos por materiales volcánicos en diferentes épocas.

CUADRO Nº 6 - CARACTERISTICAS GENERALES DE SUELOS ESTUDIADOS

Muestra	Localización	Clasificación (52)	Otras Clasificaciones (2)	Pendiente (%)	Altitud (metros)	Relieve	Material Geológico (40)	Ecología (61)	Uso Potencial (118)
CR12	Buenos Aires	Red brown luvisol	Latosoles	0 - 3	400	Plano	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIACH
CR13	Buenos Aires, 2 km hacia San Isidro	Red brown luvisol	Latosoles	0 - 3	400	Plano	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIACH
CR14	De Buenos Aires 3 km hacia Paso Real	Red brown luvisol	Latosoles	0 - 3	410	Plano	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIACH
CR15	De Buenos Aires 6 km hacia San Isidro	Red brown luvisol	Latosoles	0 - 3	420	Plano	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIACH
CR16	De Buenos Aires 10 km hacia San Isidro	Red brown luvisol	Latosoles	5 - 10	420	Plano a ondulado	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIPTH
CR18	De Buenos Aires 41 km hacia San Isidro	Red brown luvisols	Latosoles	10 - 15	600	Ondulado	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIPTH
CR19	De Buenos Aires 43 km hacia San Isidro	Red brown luvisols	Latosoles	10 - 15	620	Colinas onduladas	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIPTH
CR17	De Buenos Aires 45 km hacia San Isidro	Red brown luvisols	Latosoles	10 - 15	640	Colinas o onduladas	(Terrazas del pleistoceno)	Bosque húmedo tropical	IIPTH
CR20	De San Isidro 3 km hacia Cartago	Dystic Cambisol	Latosoles	20	840	Lomeríos		Bosque muy húmedo premontano	IIPTH
CR21 *	De San Isidro 10 km hacia Cartago	Dystric Cambisol	Litosoles	20 - 50	1500	Cerril		Bosque muy húmedo montano bajo	IIPTH
CR22 *	De San Isidro 30 km hacia Cartago	Dystric Cambisol	Litosol	50	2500	Escarpado		Bosque muy húmedo montano	IV
CR23	De Alajuela 10 km hacia Grecia	Vitric Andosol	Laterítico pardo rojizo (153)	10 - 15	800	Lomeríos	Material piroclástico meteorizado cenizas volcánicas (42)	Bosque húmedo premontano	IPTS
CR24	De Grecia 10 km hacia Naranjo	Vitric Andosol	Laterítico pardo rojizo (153)	20 - 30	1000	Cerriles	Material piroclástico meteorizado cenizas volcánicas (42)	Bosque humedo premontano	IPTS
CR25	De Palmares 5 km hacia San Ramón	Dystric Rhodosol	Laterítico (41)	50	1200	Cerril a escarpado	Formación andesítica basáltica del Aguacate (41)	Bosque húmedo premontano	IPTS
CR26	De San Ramón 10 km hacia Puntarenas	Dystric Rhodosol	Laterítico (41)	10	1100	Ondulado	Formación andesítica basáltica del Aguacate (41)	Bosque seco tropical	IIID
CR27	De Esparta 5 km hacia San José	Dystric Rhodosol	Latosol (2)	5 - 10	300	Plano a ondulado	Materiales aluvionales (2)	Bosque seco tropical	IIPCS
CR28	De Esparta 1 km hacia Puntarenas	Dystric Rhodosol	Latosol ondulado (2)	5	250	Plano a ondulado	Materiales aluvionales (2)	Bosque seco tropical	IPCS

* No son latosoles

CUADRO Nº 7 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Muestra		Profundidad (cms)	Color (seco)	Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy gruesa %	Arena gruesa %	Arena media %	Arena Fina %	Arena muy Fina %	Relación limo/arcilla
CR12	S	0-15	7.5YR5/6	Arc.	64.50	27.50	8.00	0.20	0.80	2.30	3.00	1.60	0.43
	Sub	15-30	7.5YR5/8	Arc.	70.50	27.00	2.50	0.70	0.15	0.60	0.20	0.80	0.38
CR13	S	0-15	10YR5/6	Arc.	69.50	27.00	3.50	0.50	0.40	0.60	1.10	0.95	0.39
	Sub	15-35	5YR5/8	Arc.	64.50	28.50	7.00	0.65	0.90	1.80	2.50	1.05	0.44
CR14	S	0-20	10YR4/3	Arc.	65.00	26.50	8.50	0.45	1.10	2.20	2.75	1.40	0.41
	Sub	20-35	7.5YR5/8	Arc.	52.00	31.50	16.50	2.70	3.10	3.70	2.80	4.05	0.61
CR15	S	0-15	10YR3/4	Arc.	62.50	28.00	9.50	0.30	1.70	3.30	1.40	2.70	0.45
	Sub	15-30	7.5YR5/6	Arc.	57.50	28.50	14.00	2.00	2.40	3.05	3.55	2.80	0.50
CR16	S	0-30	10YR3/3	Arc.	59.50	25.50	15.00	1.20	2.30	5.40	2.70	3.30	0.43
	Sub	30-50	7.5YR6/6	Arc.	74.50	17.50	8.00	0.45	0.85	3.20	1.15	2.20	0.23
CR18	S	0-30	10YR3/3	Arc.	41.50	39.00	19.50	3.60	4.50	5.10	2.80	3.30	0.94
	Sub	30-60	7.5YR5/6	Arc.	67.00	26.00	7.00	0.80	1.05	1.70	2.30	1.05	0.30
CR19	S	0-30	10YR4/3	Arc.	52.00	26.00	22.00	1.65	3.70	8.00	3.70	4.75	0.50
	Sub	30-50	7.5YR5/6	Arc.	72.00	18.00	10.00	1.40	1.60	1.90	2.70	2.20	0.25
CR17	S	0-25	10YR4/3	Arc.	61.00	27.50	11.50	1.80	7.70	2.40	3.35	2.10	0.45
	Sub	25-50	7.5YR6/6	Arc.	75.00	20.50	4.50	1.20	2.80	0.60	1.00	0.75	0.27
CR20	S	0-25	10YR4/4	Arc.	54.00	34.50	11.50	2.50	2.40	2.30	1.70	2.50	0.64
	Sub	25-45	7.5YR5/6	Arc. L.	53.00	42.50	4.50	1.65	0.95	0.80	0.55	0.50	0.80
CR21*	S	0-20	10YR6/6	Arc. L.	44.00	40.00	16.00	2.10	3.40	2.70	3.70	4.00	0.91
	Sub	20-50	7.5YR6/6	Arc.	60.50	34.00	5.50	0.70	0.30	8.85	1.90	1.70	0.56
CR22*	S	0-15	10YR5/6	Fco.Arc.	31.00	36.50	32.50	6.60	6.70	6.40	6.50	6.20	1.18
	Sub	15-30	10YR7/8	Fco.Arc.L.	29.00	51.50	19.50	3.50	3.90	4.60	2.50	4.90	1.78
CR23	S	0-25	10YR4/3	Fco.Arc.L.	27.50	56.00	16.50	1.75	1.60	3.40	3.80	5.90	2.04
	Sub	25-50	10YR4/4	Arc.	53.50	39.00	7.50	0.90	1.10	2.40	1.30	1.70	0.73
CR24	S	0-20	10YR4/3	Fco.L.	26.50	51.50	22.00	2.30	2.90	3.55	6.10	7.00	1.94
	Sub	20-40	10YR4.5/3	Arc.	50.50	38.00	11.50	1.60	2.00	2.60	1.90	3.30	0.75
CR25	S	0-45	10YR4/3	Arc. L.	41.50	40.00	18.50	1.90	2.40	2.90	5.50	5.70	0.96
	Sub	45-65	7.5YR5/6	Arc. L.	42.50	43.50	15.00	1.20	1.70	2.60	5.00	4.40	1.02
CR26	S	0-20	10YR6/4	Arc. L.	42.50	40.50	17.00	1.80	2.00	2.70	4.90	5.50	0.95
	Sub	20-45	7.5YR7/4	Arc.	60.00	25.50	14.50	2.80	2.70	2.30	3.50	3.10	0.43
CR27	S	0-15	7.5TR5/4	Fco.Arc.	37.50	38.00	24.50	8.20	4.40	3.85	2.35	5.60	1.01
	Sub	15-45	5YR6/8	Arc.	60.50	22.50	17.00	3.50	2.70	2.40	4.20	4.00	0.37
CR28	S	0-30	10YR2/2	Fco.	26.50	46.50	28.00	3.20	5.50	7.00	4.80	7.30	1.75
	Sub	30-60	5YR5/6	Arc.	51.50	30.50	18.00	6.00	3.60	3.00	1.80	3.50	0.59

* No son latosoles. Arc. = Arcilloso Fco. = Franco L. = Limoso

El promedio del contenido de limo es de 35,6 % (25,5 a 56,0) en el suelo y 29,3 % (17,5 a 43,5) en el subsuelo. Las muestras del Valle presentan, en general, menores tenores que los de la meseta y planicie costera.

La relación limo/arcilla es asimismo más baja en las muestras del Valle (0,39 a 0,94 en el suelo y 0,23 a 0,80 en el subsuelo), que en los demás (0,96 a 2,04 en el suelo y 0,37 a 1,02 en el subsuelo). Es conocido el hecho de que la porción limo contiene la mayor parte de los minerales meteorizados (de reserva), entonces es de suponer que los suelos de la Meseta y planicies costera (sujetos a adiciones de cenizas volcánicas) tienen una mayor proporción de estas fracciones. El promedio del pordentaje de arenas es de 15,7 % (3,5 a 28,0) en el suelo y de 10,5 (2,5 a 18,0) en el subsuelo; es notoria la variabilidad para todas las demás fracciones pero hay un ligero predominio de las arenas muy finas.

2.3- En el Cuadro Nº 8 se presentan las características del complejo de adsorción.

Las capacidades de intercambio catiónico se consideran como media para los suelos y baja para los subsuelos. El promedio para los suelos es de 32,78 meq/100 gr de suelo (13,06 a 58,86) y 23,20 meq (13,04 a 43,34) en los subsuelos.

Otros trabajos informan de cifras similares: para 18 suelos superficiales Müller et. al. (103) hallaron valor promedio de 38,6 meq (22,3 a 66,2); Hardy y Bazán (57) encontraron C.I.C. de 35,0 meq para el suelo y 30,0 meq para el subsuelo de un "latosol" (Serie Paraíso); también 41,0 meq en el suelo y 37,0 meq en el subsuelo de un "latosol senil" (Serie Colorado). Recientes estudios

CUADRO Nº 8 - COMPLEJO DE ADSORCION

Muestra		CIC meq/100 gr de suelo	CIC meq/100 gr Arcilla (calculada)	Calcio meq/100 gr	Magnesio meq/100 gr	Potasio meq/100 gr	Porciento de Saturación
CR12	S	21.12	9.71	0.19	0.07	0.13	1.85
	Sub	16.30	11.46	0.14	0.05	0.08	1.66
CR13	S	22.00	16.60	0.10	0.08	0.44	2.30
	Sub	13.95	12.05	0.06	0.03	0.03	0.86
CR14	S	27.25	19.74	0.14	0.06	0.13	1,21
	Sub	21.90	32.54	0.08	0.03	0.04	0.68
CR15	S	32.20	16.93	0.11	0.12	0.19	1.30
	Sub	17.73	15.25	0.18	0.05	0.07	1.69
CR16	S	28.69	17.93	2.16	1.44	0.54	14.43
	Sub	14.74	12.43	0.15	0.12	0.20	3.19
CR18	S	30.77	13.02	2.01	0.93	0.29	10.50
	Sub	14.34	8.99	0.22	0.09	0.05	2.51
CR19	S	30.51	25.28	0.22	0.21	0.08	1.67
	Sub	16.30	7.31	0.08	0.09	0.03	1.23
CR17	S	27.38	24.75	0.44	0.03	0.18	2.37
	Sub	13.04	17.25	0.12	0.05	0.06	1.76
CR20	S	27.00	24.63	1.39	0.72	0.22	8.63
	Sub	18.78	30.94	0.41	0.15	0.07	3.35
CR21 *	S	29.86	32.18	2.71	1.13	0.22	13.60
	Sub	26.86	36.17	0.78	0.07	0.08	3.46
CR22 *	S	40.03	36.16	1.75	1.02	0.71	8.69
	Sub	29.21	85.07	0.22	2.96	0.12	11.30
CR23	S	32.86	67.64	1.78	1.13	0.16	9.34
	Sub	30.25	45.56	0.53	0.18	0.09	2.64
CR24	S	36.25	75.81	2.81	0.56	0.37	10.32
	Sub	30.77	51.94	0.50	0.07	0.36	3.02
CR25	S	58.86	105.88	10.90	6.09	0.30	33.22
	Sub	43.34	99.62	10.30	8.33	0.13	43.29
CR26	S	35.33	53.81	4.49	3.45	0.73	24.54
	Sub	37.82	58.13	2.31	1.85	0.35	11.92
CR27	S	34.30	62.51	4.62	3.08	0.34	22.59
	Sub	23.08	42.49	1.95	0.12	0.05	9.19
CR28	S	47.20	111.55	4.99	2.47	0.36	16.57
	Sub	35.73	65.73	4,09	1.21	0.08	15.06

(15, 16)han demostrado que hay una sobreestimación de la C.I.C. cuando se mide con acetato de amonio neutro y normal; se registra un valor hasta de un 49 % de sobreestimación entre la C.I.C. determinada a pH 7,0 y la C.I.C. determinada a pH nativo del suelo; la diferencia anterior se reduce a un 19 % si se destruía la materia orgánica, lo cual se explica por la dependencia del pH de la ionización de los grupos de cambio en materiales orgánicos.

Las muestras del Valle tienen menor C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) que aquellas de la Meseta y planicies costeras; la C.I.C. de los suelos del Valle fluctúan entre 9,71 a 25,28 meq/100 gr de arcilla; la de los subsuelos entre 7,31 a 30,94 meq.

En cambio en los demás suelos la C.I.C. varía de 53,81 a 111,55 meq/100 gr arcilla para los suelos y 46,56 a 99,62 meq/100 gr arcilla para los subsuelos. No hay análisis mineralógicos para aseverar la presencia de aluminosilicatos amorfos en las muestras de la meseta y planicies, pero la influencia de cenizas volcánicas y la forma de distribución cónica de este a oeste * hace suponer la presencia de material alofánico. Los suelos del Valle del General son más meteorizados, con altos contenidos de óxidos de aluminio y de hierro; resultados de análisis totales (27 y 49) han informado valores máximos hasta un 45 % de Al_2O_3, 15,2 % de Fe_2O_3 y 15,4 % de SiO_2 a profundidades hasta de 2 metros.

---

* HARRIS, S.A. On the distribution of quaternary vulcanicity in Costa Rica. Personal data. (Información personal). 1968.

El calcio presenta un promedio de 2,42 meq/100 gr (0,10 a 10,90) en el suelo y 1,41 meq (0,06 a 10,30) en el subsuelo. La muestra CR25 presenta cantidades medias a altas tanto en el suelo como en el subsuelo debido al material porcental andesítico-riolítico.

Los suelos del Valle del General muestran gran lixiviación de este catión; los suelos CR16 y CR18 conservan un contenido un poco mayor, debido, quizás a que la vegetación es de pasto alto y "rastrojo" (sin mayor influencia humana) lo cual ha ayudado a mantener un contenido un poco mayor que los demás suelos sometidos a deforestación y quemas sucesivas.

Las muestras de la meseta y planicie costera presentan un contenido de calcio más elevado que las del Valle, aunque este no es alto. En la mayoría de los suelos el contenido de calcio es mayor que en los subsuelos, lo cual sugiere que gran parte de los nutrientes utilizables por las plantas en suelos tropicales puedan ser retenidos por los coloides orgánicos del suelo húmico (122).

Si decartamos la muestra CR25 la cual tiene los más altos contenidos de calcio (debido al material parental andesítico-basáltico), el promedio baja notoriamente a 1,70 meq para el suelo y 0,72 meq para el subsuelo; los contenidos son ciertamente bajos para todas las muestras

El magnesio muestra tendencias similares al calcio; el promedio para los suelos es de 1,36 meq (0,03 a 6,09) y 0,83 meq (0,03 a 8,33) en los subsuelos. Parece confirmarse la sugerencia de Becket (8) en el sentido de que el magnesio cambiable es retenido menos fuertemente que el calcio cambiable en suelos muy lixiviados;

tal sería el caso de las muestras procedentes del Valle del General. Las excepciones son el suelo CR15 y el subsuelo CR19.

Las muestras de la meseta y planicie costeras poseen como en el caso del calcio, mayores contenidos que aquellos del Valle.

Con respecto al potasio cambiable, este tiene un promedio de 0,30 meq (0,08 a 0,75) en el suelo y 0,11 meq (0,03 a 0,36) en el subsuelo. Suárez (144) informa de una variación de 50 a 595 kg/ha en los suelos y 10 a 220,5 kg/ha en los subsuelos de latosoles; dice el mismo autor que la diferencia entre valores limites de potasio intercambiable es menor en los suelos más meteorizados. Los datos obtenidos coinciden con los de Suárez en que el contenido de potasio es mayor en los suelos que en los subsuelos; la excepción la presenta la muestra CR24 cuyas cantidades en suelo y subsuelo son muy similares.

Bornemisza (12) para muestras procedentes de San Isidro, informa valores que van de bajos (100 a 200 kg/ha) a medios (300 a 500 kg/ha); las muestras de la Meseta presentan valores medios (200 a 400 kg/ha).

El porcentaje de saturación presenta asimismo, contrastes marcados entre las muestras del Valle de San Isidro y las de la Meseta Central y planicies costeras; en la primera región varían entre 1,21 a 14,43% en los suelos y 0,68 a 3,35 en los subsuelos; en la segunda región la variación es de 9,34 a 33,22% en los suelos y de 2,64 a 43,29% en los subsuelos.

El promedio general es de 10,70% (1,22 a 33,22%) en los suelos y 6,80 (0,68 a 43,29% en los subsuelos. A excepción de la

muestra CR25, la saturación es menor en los subsuelos que en los suelos. Asimismo, los suelos del Valle del General muestran un avanzado grado de meteorización y consiguiente pérdida de bases. Los suelos de la Meseta Central y planicies costeras han sido rejuvenecidas por adiciones de cenizas, como se dijo anteriormente.

2.4- En el cuadro Nº 9 se presentan otras características químicas.

El promedio de materia orgánica es alto para el suelo 7,89 % (4,96 a 10,81) y aún en el subsuelo hay cantidades relativamente altas de 2,42 % (0,50 a 4,72). Estos resultados son un poco más bajos que los obtenidos por Hardy y Bazán (57) a una profundidad de 6 pulgadas (9,6 %) y de 12 pulgadas (6,9 %) para un latosol senil (Serie Colorado); los mismos autores hallaron valores de 5,4 % en el suelo y 0,8 % en el subsuelo para otro latosol (Serie Paraiso).

Muller et. al. encontraron en 18 suelos superficiales de diferentes sitios del país, un promedio de 6,85% (1,38 a 13,24%). Fassbender ([illegible]) en la zona Atlántica halló un valor promedio para los "latosoles" de 9,1 %.

El pH (H_2O) varía de 4,0 a 5,2 en el suelo y 4,5 a 5,3 en el subsuelo (extremadamente ácidos a fuertemente ácidos).

Hardy y Bazán (57) informaron resultados similares (4,1 en el suelo y 4,5 en el subsuelo).

Muller et. al. (103) hallaron para suelos superficiales, valores alrededor de 5,6.

Las diferencias entre el pH en agua y el medido en $CaCl_2$ 0,01 M es de 0,4 a 0,5 en el suelo y de 0,7 a 1,2 en el subsuelo;

CUADRO Nº 9 - MATERIA ORGANICA, pH, NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE, OXIDOS DE HIERRO LIBRE, ALUMINIO EXTRAIBLE

Muestra		Materia orgánica (%)	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$ 0.01M)	Nitrógeno total (%)	Fósforo asimilable (ppm)	Oxidos de hierro libre (%)	Aluminio extraíble (meq/100 gr)
CR12	S	7.43	4.90	3.85	0.22	1.30	2.63	5.44
	Sub	4.11	5.10	3.95	0.10	0.33	2.93	3.78
CR13	S	7.73	4.00	3.80	0.28	1.15	3.26	4.44
	Sub	3.09	4.70	4.30	0.07	0.33	4.19	3.78
CR14	S	7.21	4.00	3.90	0.23	0.70	2.69	5.11
	Sub	2.49	5.10	4.30	0.09	0.15	3.33	2.22
CR15	S	10.81	4.50	3.60	0.32	1.12	2.07	4.78
	Sub	4.48	5.00	4.10	0.10	0.40	2.36	4.33
CR16	S	9.01	5.20	4.50	0.37	3.65	2.47	4.67
	Sub	2.74	5.10	4.10	0.08	0.35	2.83	3.56
CR18	S	10.14	4.40	4.30	0.40	0.97	4.29	5.78
	Sub	4.72	4.70	4.20	0.09	0.45	4.72	4.00
CR19	S	8.82	4.30	3.80	0.35	2.00	3.33	5.39
	Sub	1.94	4.50	4.00	0.10	0.25	3.83	4.44
CR17	S	9.72	4.60	3.90	0.35	1.75	2.79	3.33
	Sub	3.15	4.70	4.20	0.08	0.20	3.47	3.22
CR20	S	6.85	4.50	4.00	0.31	0.60	5.11	4.56
	Sub	1.19	4.70	4.30	0.10	0.15	3.99	4.44
CR21*	S	7.85	4.40	4.10	0.36	0.75	5.55	3.00
	Sub	2.49	4.40	3.90	0.19	0.15	4.29	9.22
CR22*	S	14.41	4.50	4.20	0.53	1.02	5.12	6.56
	Sub	2.27	4.10	3.80	0.13	0.17	3.11	9.33
CR23	S	7.13	4.50	4.40	0.29	1.30	5.55	3.67
	Sub	2.67	4.50	4.20	0.12	0.55	2.47	5.28
CR24	S	8.08	4.50	4.40	0.41	0.42	4.47	5.39
	Sub	2.27	4.70	4.00	0.12	0.10	3.18	5.39
CR25	S	4.96	5.10	4.50	0.25	0.57	4.19	1.11
	Sub	0.50	5.00	4.60	0.06	0.30	4.19	1.72
CR26	S	6.23	4.50	3.50	0.31	0.67	4.08	8.33
	Sub	1.47	4.50	3.30	0.07	0.17	3.69	12.50
CR27	S	5.43	4.90	4.80	0.27	0.85	5.72	3.56
	Sub	0.60	4.90	4.30	0.01	0.10	3.86	3.67
CR28	S	8.82	4.80	4.00	0.47	1.30	4.08	4.56
	Sub	0.94	5.30	4.30	0.08	0.30	4.40	2.89

* No son latosoles.

este varía de 4,1 a 5,3 en los suelos y 3,5 a 4,8 en los subsuelos.

Harris et. al. (59) usaron la medida de pH en una solución de NaF 1 M para detectar material amorfo en algunos suelos de Costa Rica. Esto se basa en la suposición de que los minerales cristalinos normales presentan galores entre 7,6 y 10,0 y el material amorfo produce pH más altos debidos a la liberación de $(OH)^-$. Las muestras del Valle del General no presentaron mayor variación con la profundidad: el pH en NaF varió de 9,3 a 10,2 en el horizonte B. No se tienen todavía datos de los suelos de la Meseta.

El contenido promedio de nitrógeno en los suelos es de 0,32% (0,22 a 0,47) y de 0,08 % (0,01 a 0,12) en los subsuelos. Otros autores (103) encontraron un promedio de 0,32 % para 18 suelos superficiales, pero no indican la profundidad a la cual se tomó la muesrra. También se ha informado contenidos de 0,43 y 0,24% para suelo y subsuelo de un "latosol" senil" (Serie Colorado); otro "latosol" presenta contenidos menores: 0,3 % en el suelo y 0,05 % en el subsuelo (Serie Paraiso) (57). La variabilidad del contenido de nitrógeno entre las regiones de donde proceden las muestras no es visible a pesar de las diferentes condiciones climáticas.

En ensayos de invernadero se encontró que los suelos de Volcán Angel (Valle del General) contienen apreciable nitrógeno, pero no el suficiente para producir máximas cosechas cuando se aplican los otros elementos mayores sin la correspondiente adición de nitrógeno (57).

Las cantidades de fósforo asimilable son bajas: 1,22 ppm (0,60 a 3,65) en el suelo y 0,28 ppm (0,10 a 0,55) en el subsuelo; tales resultados concuerdan con los obtenidos por otros investigadores, Balerdi, Müller y Fassbender (7), para suelos superficiales de San Isidro, Alajuela y Grecia (1,2 a 2,8 ppm) en los cuales se usó el mismo método.

Fassbender, Müller y Balerdi (48) informan que en tales suelos predominan los fosfatos de hierro o aluminio y que el porcentaje de fósforo orgánico del fósforo total fluctúa entre 20 y 32 %.

En conjunto, los suelos del Valle del General tienen valores un poco más altos que aquellas muestras procedentes de la meseta y planicie costera.

Los óxidos de hierro libre son relativamente bajos en comparación con los valores hallados por otros autores; el promedio para el suelo es de 3,48% (2,07 a 5,72) y de 3,56 % (2,36 a 4,72) para el subsuelo; Bornemisza e Igue (17) informan de contenidos entre 4,6 y 6,0 % en dos latosoles.

Los suelos de la Meseta y planicie costeras presentan una mayor cantidad que los del Valle del General; en los subsuelos la diferencia no es tan notoria.

El promedio de aluminio extraíble para los suelos es de 4,64 meq/100 gr (1,11 a 8,33) y de 4,35 meq (1,72 a 12,50) para los subsuelos; la muestra CR26 presentó un contenido excepcional de aluminio tanto para el suelo como para el subsuelo aunque el pH no es el más bajo de las muestras analizadas. Bornemisza (14) informa que

en suelos tropicales se notan altas concentraciones de aluminio a pH por debajo de 5,0; este aluminio se puede volver intercambiable lo cual puede ser causado por el uso indebido o intensivo de fertilizantes; a su vez esto puede tener efectos tóxicos en cultivos sensibles al aluminio. El mismo autor señala un gran aumento en el aluminio, al extraerlo con acetato de amonio pH 4,8 en suelos ligeramente ácidos, lo cual está de acuerdo con la literatura existente.

Hay una marcada tendencia a la disminución del aluminio con el aumento del pH en las muestras estudiadas

5- El Cuadro Nº 10 presenta la relaciones entre elementos.

Los valores de la relación C/N muestra algunos resultados poco comunes; el promedio para los suelos es de 14,5 (10,9 a 15,6) y el de los subsuelos es de 17,70 (6,9 a 35,0).

Los valores bajos de la relación C/N en algunos subsuelos pueden deberse a fijación de amonio dentro del retículo de las arcillas (CR20, CR25 y CR28). Los valores altos podrían ser causados por contenidos muy bajos de nitrógeno total en comparación con contenidos relativamente altos de materia orgánica. Se han enoontrado (57) relaciones más altas en el subsuelo que en el suelo para un latosol (colorado) pero los datos indicados no alcanzaban los valores aquí obtenidos.

Fassbender ( ) encontró para 18 suelos superficiales en Costa Rica, relaciones C/N entre 7,1 y 13,3 con un promedio de 9,9.

CUADRO Nº 10 - RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Muestra		C/N	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
CR12	S	19.6	2.7	1.5	0.5	2.0
	Sub	23.8	2.8	1.8	0.6	2.4
CR13	S	16.0	1.3	0.2	0.2	0.4
	Sub	25.6	2.0	2.0	1.0	3.0
CR14	S	18.2	2.3	1.2	0.5	1.5
	Sub	16.0	2.7	2.0	0.8	2.8
CR15	S	14.5	0.9	0.6	0.6	1.2
	Sub	26.0	3.6	2.6	0.7	3.3
CR16	S	14.1	1.5	4.0	2.7	6.7
	Sub	19.9	1.3	0.8	0.6	1.4
CR18	S	14.7	2.2	6.9	8.1	10.1
	Sub	30.4	2.4	4.4	1.8	6.2
CR19	S	14.6	1.1	2.8	2.4	5.4
	Sub	11.3	0.9	2.7	3.0	5.7
CR17	S	16.1	14.7	7.4	0.2	2.6
	Sub	22.9	2.4	2.0	0.8	2.8
CR20	S	12.8	1.9	6.3	3.3	9.6
	Sub	6.9	2.7	5.9	2.1	8.0
CR21 *	S	12.6	2.4	12.3	5.1	17.5
	Sub	7.6	11.1	9.8	0.9	10.6
CR22 *	S	15.8	1.7	2.5	1.4	3.9
	Sub	10.2	0.1	1.8	24.7	26.5
CR23	S	14.3	1.6	11.1	7.1	18.2
	Sub	12.9	2.9	5.9	2.0	7.9
CR24	S	11.4	5.0	7.6	1.5	9.1
	Sub	11.0	7.1	1.4	0.2	1.6
CR25	S	11.5	1.6	36.3	23.3	56.6
	Sub	4.8	1.2	79.2	64.1	143.3
CR26	S	11.7	1.3	6.2	4.7	10.9
	Sub	12.1	1.3	6.6	5.3	11.9
CR27	S	11.7	1.5	13.6	9.1	22.7
	Sub	35.0	16.3	39.0	2.4	44.4
CR28	S	10.9	2.0	13.9	6.9	20.7
	Sub	6.9	3.4	51.1	15.1	66.3

* No son latosoles.-

Los promedios para la relación Ca^{++}/Mg^{++} son de 2,8 (0.92 a 14,57) en el suelo y 3,53 (0,97 a 16,35) en el subsuelo. A excepción de los suelos CR17 y CR24 y los subsuelos CR24 y CR27, todos las demás relaciones están por debajo de 4,0 que se considera como óptima; la muestra CR24 se aproxima al valor anterior mientras el suelo CR17 y el subsuelo CR27 demuestran un desbalance. En este último, parece que la migración de calcio es la causante de tan alta relación; la acumulación de calcio en el suelo CR17 puede deberse al contenido de materia orgánica en estos suelos con pastos altos.

La relación Ca^{++}/K^{+} presenta una gran variabilidad con un promedio de 7,65 (0,23 a 36,33) en los suelos y de 13,82 (0,8 a 79,2) en los subsuelos.

Estas relaciones en el Valle del General son muy bajas lo cual afirmaría lo sugerido por Venema (154): si la C.I.C. es baja los cationes monovalentes (K^{+}) son más fuertemente adsorbidos y los divalentes son retenidos con menor intensidad. Las muestras de la Meseta Central presentan relaciones un poco más altas y en forma excepcional la muestra CR25 tanto en el suelo como en el subsuelo, la cual presenta la más alta C.I.C. y los más altos contenidos de calcio y magnesio.

Semajante a las anteriores es la variación en la relación Mg^{++}/K^{+}. El promedio es de 4,06 (0,29 a 22,03) en los suelos y 6,70 (0,2 a 64,08) en los subsuelos.

Los suelos CR16, CR23, CR27 y CR28 se aproximan al valor óptimo 8,0 ; el suelo CR25 sobrepasa ampliamente este valor.

En los subsuelos sólo el CR26 se aproxima al valor óptimo, siendo este superado ampliamente por los subsuelos CR25 y CR28.

La relación $\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{K^{+}}$ tiene un óptimo de 40,0 según Hardy y Bazán (57); el promedio es de 12,00 (0,41 a 58,63) en los suelos y 20,52 (1,45 a 143,39) en los subsuelos. Solamente el suelo CR26 se aproxima al valor considerado como óptimo; los subsuelos CR27 y CR28 presentan valores próximos; el subsuelo CR25 presenta un desbalance notorio con respecto al potasio. Con baja C.I.C. (suelos del Valle) es más baja la relación divalente/monovalente.

6- Clasificación de las muestras estudiadas.

Los suelos del Valle del General son considerados por la FAO (52) como "red brown luvisols" (luvisoles pardo rojizos); sin embargo, Harris et. al. (59) aseveran que tales suelos son "red yellow podzolic" (rojo amarillo podzólico). Las relaciones arcilla subsuelo/arcilla suelo varían entre 0,80 a 1,61; así en algunos puede presentarse la posibilidad de horizontes argilúvico; como la saturación es menor de 35 % tales suelos estarían mejor ubicados en la categoría de los "red yellow luvisols" (luvisoles rojo amarillentos). El CR20 se puede incluir en la anterior categoría.

Las muestras CR23 y CR24 de la Meseta Central (Alajuela y Grecia) son consideradas como "vitric andosols" (andosoles vítreos); hasta ahora no se han hecho pruebas de densidad de estos suelos y tampoco se sabe hasta que punto el material amorfo domina el complejo de cambio.

López (84) encontró que n - suelo de Heredia predominaban la caolinita, seguida de gibsita, haloisita y óxidos de hierro. Es conocido el hecho de que las cenizas andesíticas a menudo se alteran cambiando a alofana y luego a haloisita cristalina (59); así pues es difícil situar estos suelos entre los andosoles sin tener su composición mineralógica.

Harris et.al.(59) clasificaron esta zona como una mezcla de ultisoles y alfisoles. La posibilidad de encontrar material vítreo podría situar a estos suelos como inceptisoles (andepts).

Respecto a las muestras CR25, CR26 de la Meseta Central (San Ramón y Palmares), y CR27, CR28 de la Planicie costera interior (Esparta), todas tienen una C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) entre 53,81 a 111,55 meq en el suelo y de 42,49 a 99,62 meq en el subsuelo. La relación arcilla subsuelo/arcilla suelo varía entre 1,02 a 1,95; así cabe la posibilidad de la presencia de un horizonte argilúvico; la saturación en el subsuelo es menor de 35 %, a excepción del CR25, entonces tales muestras parecen ser "red brown luvisols" (luvisoles pardo rojizos).

Horizontes óxicos. Para los suelos del Valle del General, la C.I.C. varía entre 9,71 a 75,28 meq/100 gr de arcilla en el suelo y de 7,31 a 32,54 meq en el subsuelo; además hay la posibilidad de que en algunas áreas se presentan horizontes argilúvicos. Algunos investigadores (59) aseveran que hay un horizonte argílico diferenciado y los revestimientos de arcilla están generalmente bien desarrollados; son suelos muy meteorizados y comprenden los principales depósitos de bauxita en el país, pero tienen la morfología típica de los ultisoles.

Solamente con análisis adicionales, principalmente mineralógicos, como se señaló anteriormente, se podría llegar a conclusiones valederas acerca de si los suelos del Valle del General son o no oxisoles y no ultisoles y si hay otras categorías a las mencionadas. Se puede decir lo mismo de los suelos de la Meseta, pero la posibilidad de encontrar horizontes óxicos es más remota.

7. Estudio de una "secuencia topográfica" en la Vertiente del Pacífico (Valle de San Isidro del General).

La palabra "catena" cuya raíz etimológica es latina, hace referencia a un orden o encadenamiento de las cosas. Tal vocablo fue introducido por Milne en 1935, y se refiere a un conjunto de suelos que se suceden topográficamente, se originan de un mismo material parental y en ellos ha influido principalmente la erosión natural (101). El equivalente a esta palabra en el idioma español parece no haberse encontrado todavía, aunque se intenta introducir "toposecuencia" o "secuencia topográfica" como análoga a aquella con sentido más amplio y menos genético.

Morison (100) dice que los componentes de una catena no son propiamente hablando, suelos individuales como un todo sino son componentes de unidades en las cuales se presentan, de manera regular, una cadena de diferencias en el perfil, o una secuencia de perfiles relacionados y que se repiten en función de la topografía. Calton (26) indica que la esencia de la catena es la extensión de los productos de descomposición a través de la secuencia topográfica y en estado temporal como una fase dinámica del desarrollo del suelo. Nye (106) y otros investigadores (81, 122, 161, 162) continuaron el estudio de la "catena" como unidad de mapeo en el Africa.

Para el presente estudio se siguió un trayecto de unos 75 kms de longitud, a lo largo de la carretera Panamericana, desde Buenos Aires hasta el Cerro de la Muerte y con una variación en la parte alta, media y a lo largo del Valle del General. La carencia de una detallada descripción morfológica y analítica de los distintos horizontes de cada perfil, limitan el alcance del estudio y por lo tanto la concepción de la génesis de los suelos.

Las muestras corresponden desde la nominada CR12 hasta la CR22 en orden creciente de altura. La posición de la muestra CR17 está entre la CR19 y la CR20.

Para facilitar la interpretación de los resultados (Cuadro Nº 6 a 10), se promediaron las muestras dentro de intervalos de altura por cada 100 metros.

La figura Nº 1 muestra las propiedades de los suelos en la secuencia y la Figura Nº 2 los de los subsuelos. Las curvas son meras interpolaciones interpretativas.

El color (Cuadro Nº 7) no presenta marcados contrastes, predomina el matiz 10YR en el suelo y el 7.5 YR en el subsuelo.

El porcentaje de arcilla disminuye con la altura tanto en los suelos como en los subsuelos, pues es obvio que a mayor altura la temperatura es menor y por consiguiente la meteorización se reduce, (Figuras Nºs 1-à y 2-à).

Otros autores (100) mencionan el hecho de que la textura se hace más fina desde suelos eluviales (cima) a suelos coluviales (media pendiente) e iluviales (valle).

Los resultados aquí obtenidos están en desacuerdo con lo afirmado por Mosquera (101) el cual menciona el hecho de que los suelos adquieren una textura más fina a medida que aumenta la altura, pero tal secuencia parte de suelos aluviales (sección baja); en la parte superior los clasificó como "latosoles". El contenido de limo aumenta en las secciónes más altas de la secuencia; (Cuadro Nº 7) si bien los contenidos de limo son un poco altos, faltaría investigar que proporción de éste es seudolimo o partículas de arcilla agregadas.

La arena presenta valores muy variables.

Las variaciones del pH con la altura no son notorios; hay tendencia a que el pH sea mayor en los subsuelos, lo cual está de acuerdo con la literatura (122).

La materia orgánica presenta varios aspectos: en principio es alta debido a que las muestras provienen de sitios con vegetación boscosa; luego disminuye (suelos de pastos y sabana) y con la altura se presenta un gran incremento debido a la disminución de la temperatura. Tanto el suelo como el subsuelo presentan tal distribución (Figuras 1-a y 2-a).

El nitrógeno en los suelos muestra una tendencia similar a la materia orgánica; sin embargo, en el subsuelo de la parte alta hay una ligera disminución debido quizás a la pobre cubierta vegetal (Figuras 1-c y 2-c).

La capacidad de intercambio catiónico tiene una curva similar a la de la materia orgánica en el suelo (Figura 1a), en función de la altura; parece que la C.I.C. tiene una dependencia mayor de la materia orgánica que de la arcilla.

En el subsuelo la C.I.C. y el contenido de arcilla muestran valores completamente inversos (Figura 2-a); la C.I.C. en el valle es baja pero sin embargo los contenidos de arcilla y de materia orgánica son altos; con la altura aumenta la C.I.C., disminuye el porcentaje de arcilla, pero aumenta el contenido de materia orgánica. Además, aunque el porcentaje de arcilla disminuye con la altura , su C.I.C. aumenta, debido probablemente al cambio de la clase de minerales: tipo 1:1 en la parte baja, y 2:1 en las altas. Los óxidos de hierro libre (Figuras 1-a y 2-a) muestran contrastes en su distribución; la mayor cantidad se presenta en la parte media de la secuencia (entre los 800 y 1500 metros); en el valle los contenidos son más bajos tanto en el suelo como en el subsuelo; los contenidos medios en relación a las otras secciones se presentan a mayor altura.

Fernández (49) encontró en la parte más baja de la secuencia (Buenos Aires), que el índice Ki (SiO_2 / Al_2O_3) es de 1,76 y el índice Kr(SiO_2 / R_2O_2) es de 1,22. En la sección media (cerca de Pavones) los índices son menores: Ki es de 0,31 y Kr es de 0,23; tales relaciones moleculares tienen tendencia a aumentar la profundidad.

La heterogeneidad del material parental puede ser una de las causas de los diferentes contenidos de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 . Según Dóndoli (40), en las partes bajas predominan materiales diorítico y andesítico basáltico y en la parte media el material de la terraza consiste de sedimentos finos (areniscas y arcillas) estratificadas y plegadas; en estas terrazas con tales materiales se encuentran los depósitos bauxíticos.

Así los materiales de la parte baja (Buenos Aires) son más resistentes a la meteorización que aquellos de las terrazas.

Los contenidos de óxidos de hierro libre en el Valle es mayor en el subsuelo que en el suelo; esta relación se invierte en las secciones medias y altas de la secuencia, pues es probable que la iluviación sea manor especialmente en la muestra CR22 donde la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo también es menor que la unidad.

Bases de intercambio y porcentaje de saturación.

En el suelo el calcio alcanza un contenido máximo en la parte media de la secuencia, luego decrece con la altura; en el subsuelo disminuye el contenido pero la tendencia es la misma (Figuras 1-b y 2-b).

El magnesio por el contrario muestra en la parte media una ligera disminución y luego un aumento notorio conforme aumenta la altura, lo cual sucede tanto en el suelo como en el subsuelo; lo anterior explicaría el cambio del material parental con probable predominio de minerales ferro-magnésicos. El potasio presenta una tendencia creciente en el suelo; en las secciones medias y alta su distribución es similar a la del magnesio; en el subsuelo la tendencia no es tan notoria.

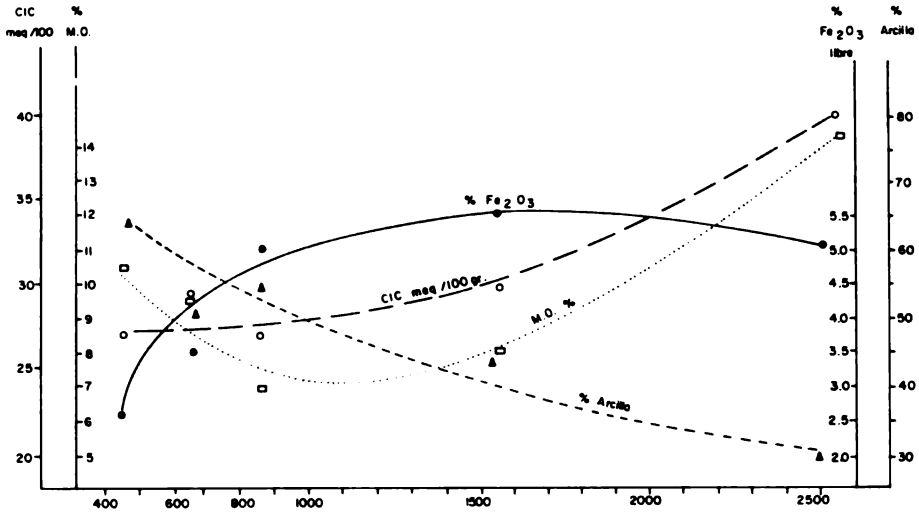
En el suelo hay un marcado paralelismo entre el contenido de calcio y la saturación; es explicable puesto que el calcio es el catión predominante.

En el subsuelo este paralelismo se presenta hasta la parte media a partir de la cual la saturación depende en mayor grado del magnesio (Figuras 1-b y 2-b).

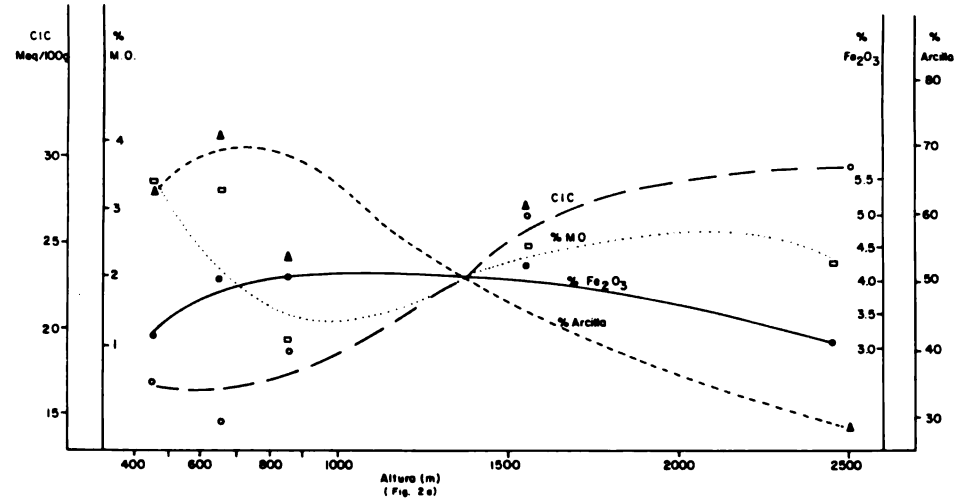
Aluminio. Las curvas del aluminio extraíble y el porcentaje de saturación son completamente opuestas en el suelo; en el subsuelo se observa más o menos lo mismo, especialmente a mayores altitudes.

Los contenidos de fósforo no muestran mayor diferenciación a lo largo de la secuencia; en promedio el fósforo asimilable del subsuelo equivale a sólo un 23 % (9,6 a 46,4 %) en relación al fósforo del suelo.

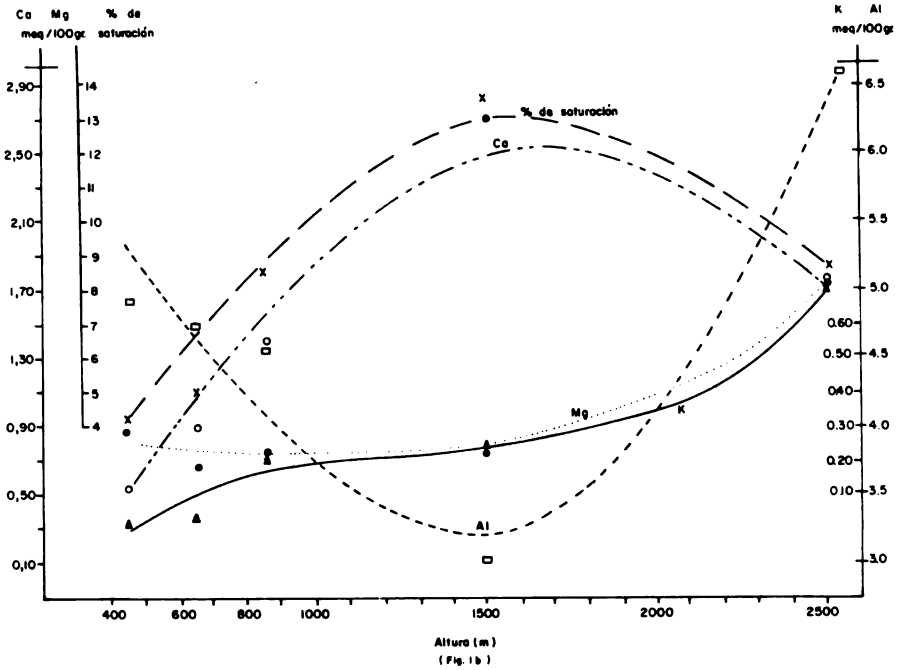
Las curvas de la relación C/N tanto en el suelo como en el subsuelo son similares; los altos contenidos de materia orgánica en los extremos de la secuencia explican el por qué de la curva en U; el nitrógeno total es bajo a lo largo de toda la secuencia.


CIC
meq/100
%
M.O.
%
Fe_2O_3
libre
%
Arcilla
% Fe_2O_3
CIC meq/100 g.
M.O. %
% Arcilla
Altura (m)

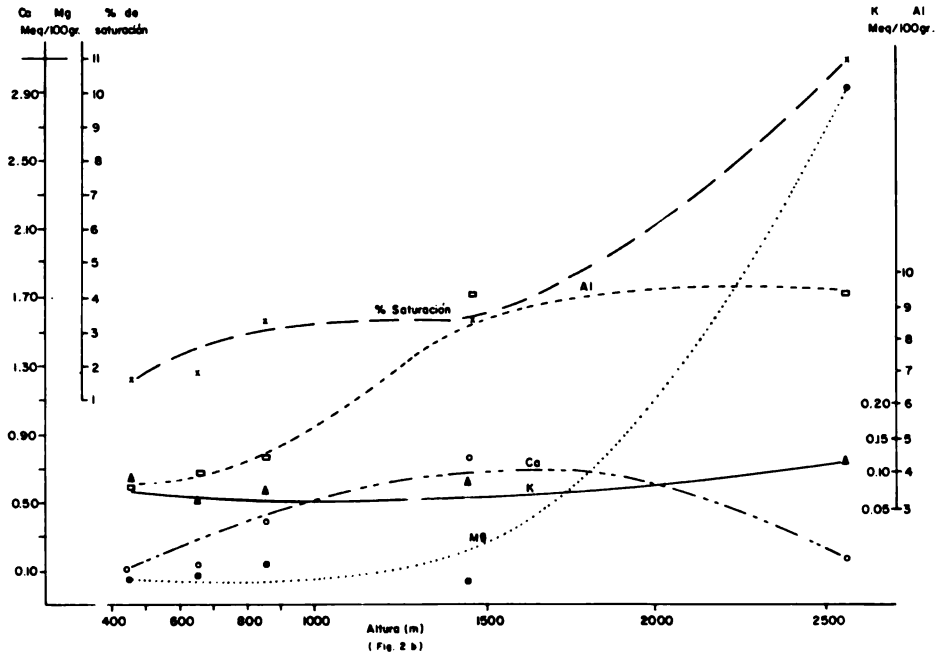
(Fig. 1a)


CIC
Meq/100g
%
M.O.
%
Fe_2O_3
%
Arcilla
CIC
% MO
% Fe_2O_3
% Arcilla
Altura (m)

(Fig. 2a)


Ca Mg
meq/100gr
% de saturación
K Al
meq/100gr
% de saturación
Ca
Mg
K
Al
Altura (m)

(Fig. 1 b)


Ca Mg
Meq/100gr.
% de saturación
K Al
Meq/100gr.
% Saturación
Al
Ca
K
Mg
Altura (m)

(Fig. 2 b)

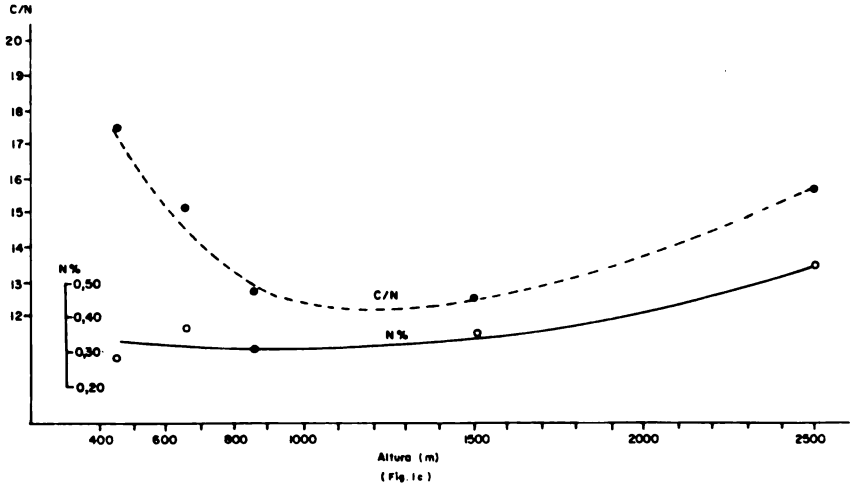


Fig. 1 Propiedades de los suelos de una toposecuencia. Vertiente del Pacífico, Valle de San Isidro del General, Costa Rica.

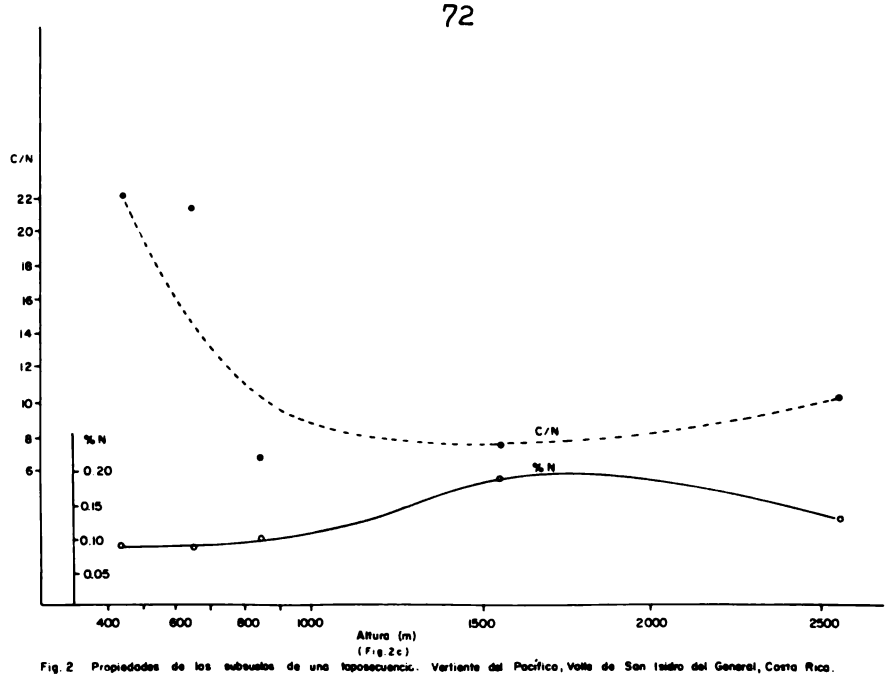


Fig. 2 Propiedades de los subsuelos de una toposecuencia. Vertiente del Pacífico, Valle de San Isidro del General, Costa Rica.

c. "Latosoles" en Nicaragua

La literatura sobre suelos en Nicaragua es escasa; Taylor (149) realizó algunos estudios en la zona centro-norte del país, con descripciones de perfiles pero sin los correspondientes análisis fisico-químicos; el mencionado autor denominó a algunas de las unidades como suelos "lateríticos oscuros". Colmet-Daage (32) realizón un estudio sobre algunos suelos derivados de cenizas volcánicas. En reciente estudio en la costa Atlántica Sys (145) observó que no se presentaban oxisoles con las características de los reconocidos en el Africa. En el presenta trabajo se incluyen 3 suelos llamados "lateríticos oscuros" y 3 grumosoles (vertisoles) que se usaron con fines comparativos. A pesar de que sobre estos suelos (Sonsoncuite) se han realizado estudios de reconocimientos, la literatura al respecto no está disponible. Aún así, Dudal y Bramao (44) presentan un esquema de las características de las "arcillas negras".

1. Características generales de los suelos estudiados.

El cuadro Nº 11 muestra algunas características externas de los sitios de muestreo y las diferentes denominaciones. Las muestras de los suelos "lateríticos oscuros" fueron tomadas a alturas mayores de 1000 metros s.n.m.; presentan pendientes entre 15 y 25 % con relieve ondulado a cerril; la muestra Nº 10 está en una planicie con pendiente menor de 3 %; el material geológico es volcánico y corresponde al terciario; las zonas de vida van de bosque muy húmedo montano bajo a bosque húmedo premontano (64); actualmente se utilizan en café, pastos y bosques; potencialmente estas áreas serían aptas para bosques y uso muy extensivo en áreas con menor pendiente (116).

Nº 11 - CARACTERISTICAS GENERALES

ones	Pendientes (%)	Altitud (cm)	Relieve	Geología (149)	Ecología (64)	Uso POTENCIAL (116)
3)	3	100	Plano	Sedimentos recientes	Bosque muy seco tropical	IIPCS
oscuro	15-25	1000	Ondulado a cerril	Materiales volcánicos ácidos y básicos del terciario	Bosque muy húmedo montano bajo	IIIPi
oscuro	15-20	1300	Ondulado a cerril	Materiales volcánicos terciarios	Bosque muy húmedo montano bajo	IIIPi
suelos elos la- scuros	3	1000	Plano	Materiales volcánicos terciarios	Bosque húmedo pre-montano	IIPTS
93)	3	200	Plano a ligeramente ondulado	Sedimentos recientes	Bosque muy seco tropical	IIPCS
(93)	3	100	Plano	Sedimentos recientes	Bosque muy seco tropical	IIPCS

Las muestras de los "grumosoles" corresponden a terrenos bajos, planos, cuyos materiales geológicos son cuaternarios o recientes; actualmente son utilizados en pastos y pueden ser aptas para uso muy extensivo.

2. El Cuadro Nº 12 presenta las características de color y distribución granulométrica.

En los "lateríticos" predomina el matiz 10YR en el suelo; en el subsuelo hay una variabilidad de 5YR a 10YR. En los "grumosoles" predomina el 7.5 YR (con una excepción) en el suelo y en el subsuelo los matices van del 5YR al 10YR.

La textura en los suelos "lateríticos" varía de franco limosa a franco arcillosa; el promedio de arcilla es de 23,50 % en el suelo, y de 60,0 % en los subsuelos. La relación arcilla subsuelo/arcilla suelo fluctúa entre 2,16 a 3,07; el cambio textural tan abrupto hace posible la existencia de un horizonte "plánico". En los grumosoles los contenidos promedio de arcilla son similares: 40,0 % en el suelo y 38,2 % en el subsuelo.

La relación limo/arcilla en los lateríticos es en promedio de 2,11 en el suelo y 0,54 en el subsuelo; la aplicación de este dato como índice de meteorización, no parece ser acertada pues hay la probabilidad de que el horizonte B sea textural o "plánico".

En los grumosoles la relación es alta: el promedio es de 1,29 para el suelo y 1,48 para el subsuelo.

En los lateríticos , hay un mayor contenido de arenas en el suelo (28,5 % en promedio) que en el subsuelo (9,83 %). La mayor contribución tanto en el suelo como en el subsuelo corresponde a la fracción fina.

CUADRO Nº 12 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Muestra		Profundidad (cms)	Color (seco)	Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy gruesa %	Arena Gruesa %	Arena media %	Arena Fina %	Arena muy fina %	Relacion limo/ arcilla
N7 *	S	0-5	10YR4/1	Arc.	64.50	14.50	21.00	3.00	3.40	4.90	4.40	5.00	0.22
	Sub	5-15	10YR5/2	Fco.Arc.	36.50	23.50	40.00	0.30	9.80	10.60	12.00	7.00	0.64
N8	S	0-15	10YR4/3	Fco.Arc.	27.00	42.00	31.00	1.00	7.40	7.70	8.40	6.20	1.56
	Sub	15-30	5YR4/4	Arc.	67.00	22.50	10.00	2.20	1.70	2.20	3.40	2.30	0.33
N9	S	0-50	10YR4/3	Fco.	21.50	46.50	32.00	2.70	5.30	6.00	8.70	8.90	2.16
	Sub	50-75	7.5YR5/6	Arc.	66.00	27.50	6.50	0.40	0.70	1.00	2.40	1.70	0.42
N10	S	0-20	10YR4/1	Fco.L.	21.50	56.00	22.50	2.10	2.50	2.70	6.50	8.40	2.60
	Sub	20-40	10YR3/7	Arc.L.	46.50	40.50	13.00	1.50	1.80	1.90	2.90	4.60	0.87
N11 *	S	0-20	7.5YR5/4	Fco.Arc.L.	39.50	48.50	12.00	0.30	1.80	2.60	3.60	3.40	1.23
	Sub	20-45	7.5YR5/6	Fco.	20.00	43.00	37.00	8.20	10.10	7.10	6.80	4.50	2.15
N12 *	S	0-20	7.5YR4/4	Fco.L.	23.50	57.00	19.50	1.40	3.10	3.40	5.20	6.10	2.43
	Sub	20-40	5YR3.5/4	Fco.Arc.	29.00	48.00	23.00	2.20	4.10	4.20	5.80	6.40	1.66

Fco. = Franco

Arc. = Arcilloso

L. = Limoso

* Estas muestras son grumosoles

En los grumosoles el promedio es de 17,50 % en los suelos y 33,33 % en los subsuelos; predomina ligeramente la fracción muy fina en el suelo y la fina en el subsuelo.

3. En el Cuadro No 13 se observan los valores del complejo de adsorción.

En los "lateríticos" la C.I.C. es relativamente alta: el promedio es de 46,42 meq/100 gr (38,07 a 53,20) en el suelo y 47,12 meq (34,16 a 60,77) en el subsuelo. La C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) varía entre 98,33 a 210,51 meq en el suelo y 44,65 a 88,02 meq en el subsuelo, valores que están alejados del límite crítico de 16 meq para los latosoles.

En los "grumosoles" el promedio de la C.I.C. es de 60,85 meq/100 gr (56,33 a 67,29) en el suelo, y 59,81 meq (50,86 a 68,33) en el subsuelo. La C.I.C./100 gr de arcilla fluctúa entre 90,90 a 187,83 meq en el suelo y 146,48 a 323,55 meq en el subsuelo; es posible que tales valores sean más altos que los reales debido a que se asumió 2 meq/gr de materia orgánica; además la C.I.C. se determinó con acetato de amonio N pH 7,0, lo cual puede inducir a sobreestimación hasta de más de un 50 % (16).

Müller et. al. (103) encontraron valores de C.I.C. entre 27,8 y 47,3 meq/100 gr de suelo para 18 muestras superficiales distribuidas a lo largo de la carretera Panamericana.

El contenido de calcio en estas muestras puede considerarse como medio (57); el promedio para los lateríticos es de 14,47 meq/100 gr (9,05 a 17,47) en el suelo y 10,42 meq (3,74 a 19,96) en el subsuelo; en cambio en los "grumosoles" los contenidos promedio pueden considerarse altos: 23,70 meq (21,00 a 79,10) en el suelo y

CUADRO Nº 13 - COMPLEJO DE ADSORCION

Muestra		CIC meq/100 gr	CIC meq/100 gr arcilla	Calcio meq/100 gr	Magnesio meq/100 gr	Potasio meq/100 gr	% de Saturación
N7 *	S	67.29	90.90	29.10	20.60	0.35	73.94
	Sub	60.24	161.92	24.60	20.60	0.22	75.40
N8	S	38.07	98.33	9.05	5.45	0.73	40.00
	Sub	34.16	44.65	3.74	3.91	0.22	23.05
N9	S	53.20	210.51	17.47	6.78	2.43	50.15
	Sub	60.77	88.02	19.96	10.28	0.58	50.72
N10	S	47.99	156.42	15.91	6.78	1.25	48.84
	Sub	46.42	81.12	9.05	4.63	0.83	31.26
N11*	S	56.33	126.30	21.00	13.32	1.18	63.02
	Sub	68.33	323.55	22.00	16.45	0.29	56.70
N12*	S	58.94	187.83	21.00	10.28	3.47	58.96
	Sub	50.86	146.78	19.75	8.27	1.14	57.33

* Estas muestras son grumosoles

22,12 meq (19,75 a 24,60) en el subsuelo.

Otros investigadores (103) hallaron valores alrededor de 24,9 meq para diferentes categorías de suelos.

El magnesio asimismo presenta valores altos: 6,34 meq (5,45 a 6,78) promedio para los suelos y 6,27 (3,91 a 10,28) para los subsuelos, en los lateríticos.

En los "grumosoles" los valores alcanzan a 14,73 meq (10,28 a 20,60) en el suelo y 15,11 (8,27 a 20,60) en el subsuelo. Se ha informado un promedio de 7,1 meq para diferentes suelos superficiales (103).

El potasio es alto: el contenido promedio es de 1,47 meq (0,73 a 2,43) en el suelo y 0,54 meq (0,22 a 0,83) en el subsuelo para los lateríticos; los grumosoles presentan valores similares con 1,67 (0,35 a 3,47) en el suelo y 0,55 (0,22 a 1,14) en el subsuelo.

De la saturación en los lateríticos se infiere que el lavado de bases no ha sido muy intenso (la precipitación varía de 1500 a 2000 mm); en el suelo el promedio es de 46,33 % (40,00 a 50,15) y en el subsuelo 35,01 % (23,05 a 50,72). Parece que predomina el carácter básico de los materiales que han dado origen a estos suelos.

Mayor aún es la saturación en los grumosoles: 65,31 % (58,96 a 73,94) en el suelo y 63,14 % (56,70 a 75,40) en el subsuelo; es reconocido que además de las características físicas y el color predominantemente oscuro o negro, la más importante propiedad de los grumosoles es la alta saturación de bases (44).

Los valores encontrados son más bajos que los hallados por otros autores (103).

4. En el Cuadro Nº 14 se muestran otras características químicas. Para los "lateríticos" el contenido de materia orgánica presenta un promedio de 5,64 % (3,97 a 7,18) en los suelos y 2,57 % (1,34 a 4,35) en los subsuelos; para los grumosoles es de 4,98 % (3,22 a 7,40) en el suelo y 2,19 % (0,57 a 4,19) en el subsuelo.

Los valores son relativamente semejantes tanto para los suelos a alturas de 1000 metros como para aquellos de baja altura (menos de 200 metros); ambos tienen cubierta de pastos. Los resultados parecen no estar de acuerdo con los hallazgos de Jenny (68), puesto que supone un incremento del contenido de materia orgánica con la disminución de la temperatura y con el aumento de la cantidad pluvial.

La cantidad de lluvia anual en las regiones altas es de 1500 a 2000 metros y en las bajas de 1000 a 1500 metros. La temperatura de Managua es de 27,6 ºC y si suponemos un gradiente $\frac{dt}{dh}$ = -o,8 ºC/100 metros, entonces la temperatura a 1000 metros estará alrededor de 21,2 ºC y alrededor de 18,8 ºC a los 1300 metros, sin embargo los contenidos de materia orgánica son similares. Según experimentos, Kononova (80) afirma que con un decrecimiento simultáneo de la humedad y la temperatura disminuye la intensidad de descomposición de la materia orgánica; si aumenta uno de los dos factores indicados y simultáneamente disminuye el otro la intensidad de descomposición de la materia orgánica, como fenómeno biológico está gobernado por el factor limitante. Los altos valores de materia orgánica para

CUADRO Nº 14 - MATERIA ORGANICA, pH, NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE, OXIDOS DE HIERRO LIBRE, ALUMINIO EXTRAIBLE

Muestra		Materia orgánica %	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$ 0.01M)	Nitrógeno total (%)	Fósforo asimilable (ppm)	Oxidos de hierro libre (%)	Aluminio extraíble (meq/100 gr)
N7 *	S	4.33	6.20	5.90	0.05	0.60	1.07	0.17
	Sub	0.57	7.10	6.50	0.03	0.60	0.97	0.22
N8	S	5.76	5.40	4.50	0.30	1.12	3.96	0.56
	Sub	2.01	4.90	3.60	0.12	0.27	4.25	6.11
N9	S	3.97	5.60	4.80	0.38	1.17	2.79	0.03
	Sub	1.34	5.60	4.40	0.10	0.30	3.58	0.36
N10	S	7.18	5.40	4.90	0.50	10.15	1.22	0,22
	Sub	4.35	5.60	4.80	0.28	4.02	0.90	0.03
N11 *	S	3.22	6.50	5.50	0.18	1.80	3.55	0.13
	Sub	1.81	5.70	4.70	0.09	1.60	3.26	0.39
N12 *	S	7.40	5.90	5.40	0.38	0.25	5.09	0.22
	Sub	4.19	6.00	5.20	0.15	0.17	4.92	0.07

* Estas muestras son grumosoles

las regiones bajas pueden deberse a que los grumosoles tienen un drenaje pobre, baja permeabilidad y alta retención de agua. Es probable que las aseveraciones de Jenny (70) sean más válidas para suelos con libre drenaje.

El pH para los lateríticos fluctúa entre 5,4 a 5,6 (medianamente ácidos) en los suelos y de 4,9 a 5,6 (fuerte a medianamente ácidos) en los subsuelos. El pH en $CaCl_2$ 0,01 M es inferior en 0,7 a 0,9 unidades en el suelo y 0,4 a 0,8 unidades en el subsuelo.

En los grumosoles los pH son más altos variando de 5,9 a 6,5 (ligeramente ácidos) en el suelo y 5,7 a 7,1 (medianamente ácido a neutro) en el subsuelo; la diferencia con el pH $CaCl_2$ 0,01 M es de 0,5 a 0,6 unidades en el suelo y 0,6 a 0,10 en el subsuelo. No hay tendencia definida en cuanto al incremento o disminución del pH con la profundidad,

Los valores presentados para los grumosoles están dentro de los límites encontrados por otros investigadores (103).

El contenido de nitrógeno total es más elevado en las regiones altas que en las bajas.

En las regiones altas el promedio en el suelo es de 0,39 % (0,30 a 0,50) y en el subsuelo de 0,17 % (0,10 a 0,28) para los "lateríticos"; los grumosoles presentan valores de 0,20 % (0,05 a 0,38) en los suelos y 0,09 % (0,03 a 0,15) en el subsuelo; el bajo contenido de la muestra N7 podría ser explicado por el hecho que se encuentra en una de las regiones más secas del país, aunque el contenido de carbono orgánico es alto.

El valor promedio encontrado por otros investigadores es de 0,37 % (103).

El fósforo presenta valores bajos tanto para los lateríticos como para los grumosoles; la excepción es la muestra Nº 10 la cual presenta contenidos relativamente altos tanto en el suelo como en el subsuelo; si se tiene un cuenta que al muestra se recolectó cerca a las nºs 8 y 9 que presentan contenidos bajos de fósforo, la explicación probable de tal cantidad, es la fertilización de tal área, la cual presenta las mejores ventajas comparativas con respecto a las circundantes y además su uso es más intensivo.

En las otras dos muestras el fósforo asimilable varía entre 1,12 a 1,17 ppm en el suelo y 0,27 a 0,30 ppm en el subsuelo. Los grumosoles presentan promedios de 0,88 ppm (0,25 a 1,80) en el suelo y 0,79 ppm (0,17 a 1,60) en el subsuelo.

Fassbender, Müller y Balerdi (48) informan que en 18 muestras superficiales en las cuales se hizo un análisis de las distintas formas de fosfato, predominaba la fracción cálcica. La relación relativa fósforo orgánico/fósforo total presenta un promedio de 28 % (7 a 65 %).

Los contenidos de óxidos de hierro libre presentan un promedio de 2,66 % (1,22 a 3,96) en el suelo y 2,99 % (0,90 a 4,25) en el subsuelo, en los lateríticos.

Los grumosoles tienen valores un poco mayores que los anteriores: 3,24 % (1,07 a 5,09) en el suelo y 3,05 % (0,97 a 4,92) en el subsuelo; la tendencia en éstos es que la cantidad sea ligeramente mayor en el suelo que en el subsuelo.

El aluminio extraíble es bajo en todos los suelos analizados, pues el pH y la saturación de bases son relativamente altos.

El promedio para los lateríticos es de 0,27 meq/100 gr (0,03 a 0,56) en el suelo; en el subsuelo sólo la muestra Nº8 (pH 4,9) presenta contenidos mayores. En los grumosoles los valores son más bajos que en los anteriores: en promedio 0,17 meq (0,03 a 0,22) en el suelo y 0,23 (0,07 a 0,39) en el subsuelo.

5. En el Cuadro Nº 15 se observan las relaciones entre elementos.

La relación C/N es baja en los lateríticso: 8,5 6,1 a 11,1) en el suelo y 8,9 (7,8 a 9,8) en el subsuelo, lo cual podría estar relacionado con la fijación de amonio por minerales del tipo 2:1. En los grumosoles, a excepción del suelo N7 (con muy bajos contenidos de nitrógeno) la relación es de 11,0 en el suelo y 13,0 en el subsuelo.

La relación Ca/Mg está un poco por debajo del óptimo 4,0 ; en los lateríticos el promedio es de 2,2 (1,7 a 2,6)) en el suelo y 1,6 (1,0 a 2,0) en los subsuelos.

En los grumosoles la relación es de 2,0 (1,4 a 2,0) en los suelos y 1,6 (1,2 a 2,4) en los subsuelos. En el subsuelo el contenido de magnesio aumenta y la relación se hace más estrecha (a excepción del subsuelo Nº 12).

Respecto a la relación Ca/K es notorio el desbalance de la muestra N7; los lateríticos tienen un promedio de 10,8 (7,2 a 12,7) en el suelo y 20,8 (11,9 a 34,4) en el subsuelo; la tendencia es a aumentar con la profundidad lo cual indica en estos suelos mayor movilidad del calcio en relación al potasio (excepción de la muestra Nº 10), o que el material parental es alto en calcio.

15 - RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
	1.41	83.1	58.9	140.5
)	1.2	111.8	93.6	205.8
	1.7	12.4	7.5	19.9
)	1.0	17.0	17.8	34.8
	2.6	7.2	2.8	10.0
	1.9	34.4	17.7	52.1
	2.4	12.7	5.4	18.8
	2.0	10.9	5.6	16.5
	1.6	17.8	11.3	29.1
	1.3	75.9	56.7	132.6
	2.0	6.1	3.0	9.0
	2.4	17.3	7.3	24.6

losoles

En cuanto a la relación Mg/K los suelos lateríticos están cerca del considerado como óptimo: 8,0 ; el promedio para estos es de 5,2 (2,8 a 7,5) y 13,6 (5,6 a 17,8) para los subsuelos.

De los grumosoles sólo la muestra Nº 12 presenta r relaciones más favorables; en la N11 y especialmente en la N7, el desbalance es notorio.

La relación $\frac{R^{++}}{R^{+}}$ tiene un promedio de 16,0 (10,0 a 19,9) para los suelos "lateríticos" y 34,5 (10,5 a 52,1) para los subsuelos; la muestra N7 y el subsuelo N11 de los grumosoles presentan marcado deequilibrio.

6. Clasificación de los suelos.

La superposición de la localización de las muestras en el mapa de la FAO/UNESCO (52) indica la clasificación que se observa en el Cuadro Nº 11.

Las muestras N8, N9, y N10 parecen presentar un horizonte cámbico, aunque las texturas son pesadas y la relación arcilla subsuelos/arcilla suelos son altas, lo cual podría ser índice de iluviación; las relaciones limo/arcilla si bien no son altas pueden indicar algún contenido de minerales intemperizables; los matices 5YR o 7,5 YR pueden , asimismo, ser el indicio de cierto grado de alteración; la saturación varía alrededor de 35 %. Con las anteriores consideraciones , la muestra N8 conservaría su clasificación de "dystric cambisol" ("Sol brun acide"; inceptisol); la muestra N9 sería un "eutric cambisol" (suelo pardo; inceptisol) y la N10 como "dystric cambisol".

Las muestras N7, N11, y N12 presentan las características químicas de grumosoles y han sido reconocidos como tales *. Si bien la muestra N7 puede ser clasificada como "pellic vertisol" (vertisol oscuro), las muestras N11 y N12 por sus "chromas" mayores se les podría denominar como "chromo vertisols" (vertisoles litomorfos o vertisoles coloreados).

Las características químicas de los "lateríticso oscuros" estudiados hacen improbable el que estos suelos sean considerados como "latosoles" o presenten horizontes óxicos. En la costa Atlántica Sys (145) mencionó el hecho de que no se han observado características semejantes a las de las planicies antiguas de otros continentes; si bien son suelos muy meteorizados ("Sols ferrugineux tropicaux" o ultisoles) estos no han alcanzado el último estado de su evolución.

---

* MARTINI, J. A. Información Oral. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., Turrialba, Costa Rica, 1968.

d. "Latosoles " en El Salvador.

Bourne y colaboradores elaboraron una investigación preliminar sobre aspectos de conservación del suelo y agua en El Salvador (17). Es prácticamente el inicio de los estudios agrológicos del país. A partir de 1958 *, la Dirección General de Investigaciones Agronómicas (Departamento de Suelos) elaboró un proyecto denominado Levantamiento General de los Suelos de El Salvador (escala 1:50,000) del cual se han publicado 36 cuadrantes (66,7 %) del área total. Cada cuadrante además de la información cartográfica, trae datos adicionales sobre características morfológicas externas, drenaje, humedad, fisiografía, uso actual, uso recomendable y clase agrológica. Cada unidad de mapeo se ha denominado según la antigua clasificación norteamericana.

1. En el Cuadro Nº 16 se presentan algunas características de los sitios de muestreo y las distintas clasificaciones que se ha dado a las unidades. La recolección de las muestras se hizo en lugares ligeramente ondulados y con pendientes menores de 15 % y alturas entre 200 y 600 metros. El material geológico corresponde a lavas anderíticas y basálticas así como ceniza, pómez y tobas del cuaternario. Los lugares están dentro de la zona de bosque seco tropical y transiciones a bosque húmedo premontano (62). Su uso actual es el de cultivos anuales (maíz y sorgo) y perennes (café, pastos); los terrenos de la muestra ES14 están dedicados a pastos y bosques; potencialmente son aptas para un uso intensivo a excepción del lugar de la muestra ES14 apto para un uso muy extensivo (115).

---

* ARAUJO, M. A. Comunicación personal, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. 1969.

ARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Otras Clasificaciones (46)	Pendiente (%)	Altitud	Relieve	Geología	Ecología (62)	Uso Potencial (115)
Latosol arcillo rojizo	5	600	Planicies antiguas alomadas	Pómez y tobas volcánicas	Bosque seco tropical	IPCS
Latosol arcillo rojizo	10	450	Ondulado	Lavas basálticas y andesíticas intemperizadas	Bosque seco tropical	IV
Latosol arcillo rojizo	10	200	Planicies antiguas onduladas	Lavas basálticas y andesíticas intemperizadas	Bosque húmedo premontano	IACS
Latosol arcillo rojizo	10	380	Planicies onduladas disectadas	Ceniza y pómez volcánica intemperizadas	Bosque húmedo premontano	IACS
Latosol arcillo rojizo	15	500	Planicies disectadas	Ceniza y pómez volcánica intemperizadas	Bosque seco tropical	IACS
Latosol arcillo rojizo	10	400	Plano a ligeramente ondulado	Pómez y polvo volcánico estratificado	Bosque seco tropical	IACS

2. En el Cuadro Nº 17 se observa la profundidad a la cual se tomó la muestra, el color y la distribución granulométrica.

Predomina el matiz 10YR tanto en el suelo como en el subsuelo a excepción de la muestra ES 14, la cual presenta matices más rojizos.

Los suelos tienen texturas francas a franco-arcillosas; los subsuelos son todos arcillosos; el promedio del contenido de arcilla es 36,6 % (18,5 a 59,5) para los suelos y 61,1 % (50,5 a 75,0) para los subsuelos ; la relación arcilla subsuelo/suelo tiene un promedio de 1,91 (0,85 a 3,24), lo cual sugiere la presencia de un horizonte B textural, o "argílico".

En el análisis de 12 perfiles (46) se han encontrado valores entre 24,62 a 47,83 % para horizontes Ap y 37,32 a 70,07 % para horizontes B22.

Dankhe, Malcolm y Menéndez (35) hallaron una variación para el A1 entre 29 a 56 % y para el B22, de 37 a 70 %.

El promedio del contenido de limo es mayor en el suelo, 37,1 % (22,5 a 48,0) que en el subsuelo, 29,3 % (21,5 a 34,0) . Los resultados son comparables a los encontrados por otros investigadores (46): 29 a 52 % en el A1 y 27 a 41 % en el B22. El promedio de la relación limo/arcilla es de 1,18 (0,38 a 2,27) en el suelo y 0,49 (0,29 a 0,58) en el subsuelo. Las relaciones son mayores al límite crítico de 0,15.

El contenido de arena es mucho mayor en el suelo (26,33 % en promedio) que en el subsuelo (9,60 %). Las mayores proporciones tanto en el suelo como en el subsuelo son las de arena fina y arena muy fina.

CUADRO Nº 17 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Muestra		Profundidad (cm)	Color (seco)	Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy gruesa %	Arena Gruesa %	Arena Media %	Arena Fina %	Arena muy fina %	Relación limo/ arcilla
ES4	S	0-20	10YR4/3	Fco.	18.50	42.00	39.50	2.00	4.80	1.18	15.00	5.70	2.27
	Sub	20-50	7.5YR6/6	Arc.	60.00	29.50	10.50	0.45	0.90	2.00	3.50	3.60	0.49
ES14	S	0-15	7.5YR4/4	Fco.Arc.L.	39.00	42.50	18.50	0.50	1.50	4.70	8.00	3.65	1.09
	Sub	15-60	5YR5/6	Arc.	64.00	28.50	7.50	0.50	6.40	1.00	3.10	2.70	0.45
ES15	S	0-15	10YR4/3	Fco.Arc.	32.50	36.50	31.00	0.80	1.90	6.00	14.30	7.80	1.12
	Sub	15-45	10YR6/4	Arc.	50.50	34.00	6.50	0.40	0.50	1.00	2.20	2.20	0.57
ES16	S	0-30	10YR3.5/3	Fco.Arc.	31.50	31.00	37.50	0.15	2.70	9.80	17.30	7.30	0.98
	Sub	30-60	10YR5/4	Arc.	75.00	21.50	3.50	0.10	0.20	0.70	1.40	0.95	0.29
ES17	S	0-30	10YR4/3	Arc.	59.50	22.50	18.00	1.70	2.80	4.50	5.30	3.50	0.38
	Sub	30-60	10YR4/4	Arc.	50.50	29.00	20.50	1.10	2.50	6.00	6.30	5.40	0.57
ES18	S	0-30	10YR4/4	Fco.Arc.L.	38.50	48.00	13.50	0.50	0.90	2.00	6.10	3.85	1.25
	Sub	30-60	10YR5/8	Arc.	57.50	33.50	2.00	0.50	1.10	1.90	3.40	1.90	0.58

Arc. = Arcilloso

L. = Limosos

Fco. = Franco

En el Cuadro Nº 18 se observan las propiedades del
ión.

Los valores de la C.I.C. se pueden considerar me-
en un promedio 38,65 meq/100 (31,82 a 50,02) en
(37,03 a 53,20) en los subsuelos.

os valores encontrados por otros investigadores
20,71 a 33,31 meq en horizonte Ap y 13,00 a 32,71
22.

os valores calculados de la C.I.C./100 gr de arci-
60,94 a 125,62 meq en los suelos y 51,88 a 90,57
s; el material originario de estos suelos (cenizas
poner la existencia de alofana.

os contenidos de calcio son medios; al promedio
8,35 meq (6,24 a 10,60) y en el subsuelo de 8,42
el calcio es el catión predominante en el complejo
sis mineralógicos demuestran predominio del óxido
l óxido de magnesio y los de potasio y sodio (123).
ra suelos superficiales se ha encontrado un pro-
03); otras investigaciones (46) informan de con-
e varían entre 3,23 a 20,02 meq en horizontes Ap
n horizontes B22.

s valores promedio del magnesio son 4,97 meq
suelos y 5,46 meq (3,70 a 8,22) en los subsuelos;
a que el contenido sea mayor con la profundidad.
alores entre 1,05 a 5,50 meq en horizontes Ap y
en latosoles arcillo rojizos (46). Otros autores
erficiales determinaron en promedio, 3,6 meq.

ES4	S	34.22	125.62	8.00	4.93	0.00	39.71
	Sub	37.03	51.88	9.20	5.25	0.10	39.29
ES14	S	38.08	75.08	10.29	4.42	0.10	38.89
	Sub	40.42	58.75	5.93	3.70	0.08	24.02
ES15	S	31.82	82.65	7.49	3.90	0.66	37.87
	Sub	47.99	76.82	11.07	5.88	0.46	36.28
ES16	S	33.38	91.56	7.49	3.62	0.90	35.98
	Sub	44.08	55.76	8.11	5.76	0.31	31.03
ES17	S	44.34	60.94	6.24	6.99	1.53	33.29
	Sub	46.94	90.57	6.86	8.22	0.65	33.51
ES18	S	30.07	111.17	10.60	5.96	1.98	37.03
	Sub	53.20	86.68	9.36	4.42	1.06	27.89

El contenido de potasio se considera alto a excepción de la muestra ES14, y el subsuelo ES4; el promedio es 0,97 meq (0,10 a 1,98) en los suelos y 0,44 meq (0,08 a 1,06 en los subsuelos; hay una disminución neta del contenido del potasio cambiable con la profundidad; este hecho fue comprobado (con escasas excepciones) en investigaciones de perfiles individuales, cuyos valores fluctúan entre 0,23 a 2,84 meq en horizontes Ap y 0,05 a 3,18 para horizontes B22 (46).

El porcentaje de saturación es de 37,13 % (33,29 a 39,71 %) en los suelos y 32,00 % (24,00 a 39,29 %) en los subsuelos. Rico (123) asevera que el porcentaje de saturación en algunos suelos arcillo rojizos excede del 50 %; el rango de variación encontrado por otros investigadores es más amplio: 18,52 % a 98,08 % en horizontes Ap y 17,93 a 81,85 % para B22. Müller et. al. (103) determinaron un promedio de 72 % para muestras superficiales.

4. El Cuadro Nº 19 presenta características químicas complementarias.

El contenido de materia orgánica es de 3,71 % (2,27 a 5,49 %) en el suelo y 1,49 % (0,60 a 2,95) en el subsuelo. Para 12 perfiles lateríticos arcillo rojizos se hallaron (46) contenidos de carbono orgánico entre 1,95 a 10,26 % en horizontes Ap y de 0,23 a 1,59 en los horizontes B22; la tendencia a disminuir con la profundidad es bien conocida.

El promedio para 17 muestras superficiales fue de 1,8 % (103). Klinge (79) determinó para diferentes suelos a diversas alturas que el tipo de humus predominante es el "mull"; además,

ES4	S	5.49	6.00	5.10	0.25	0.32	3.26	0.28
	Sub	2.95	6.00	5.20	0.08	0.05	4.29	0.83
ES14	S	4.36	5.60	5.00	0.25	0.90	4.29	0.19
	Sub	1.41	5.80	4.70	0.05	0.07	3.86	0.99
ES15	S	2.48	5.40	4.50	0.12	0.55	2.31	0.32
	Sub	1.14	5.60	4.80	0.07	0.05	3.52	0.87
ES16	S	2.27	5.30	4.50	0.13	1.10	3.93	0.56
	Sub	1.13	5.20	4.90	0.06	0.05	2.90	0.89
ES17	S	4.04	5.40	4.50	0.20	0.45	3.26	0.89
	Sub	0.60	6.20	5.10	0.04	0.20	3.26	0.56
ES18	S	3.60	5.80	5.20	0.23	0.20	4.19	0.28
	Sub	1.68	5.80	5.20	0.08	0.10	3.69	1.22

comprobó el aumento del contenido de carbono orgánico y nitrógeno total con el aumento en altura, de acuerdo con lo establecido por Jenny (70).

El pH varía de 5,3 a 6,0 (fuerte a medianamente ácido) en el suelo y 5,2 a 6,2 en el subsuelo. La diferencia con el pH en $CaCl_2$ 0,01 M es de 0,8 unidades de pH en el suelo y de 0,5 a 1,0 unidades en el subsuelo. El intervalo encontrado para horizontes Ap de suelos lateríticos es de 5,9 a 7,3 y de 5,5 a 7,2 en los B22 (46).

La variación del pH, en su distribución vertical no muestra ninguna regularidad en los suelos estudiados. Müller et.al. (103) encontraron valores alrededor de 6,3.

El nitrógeno total presenta contenidos medios: 0,19 % (0,12 a 0,25 %) en los suelos y 0,06 % (0,04 a 0,08) en los subsuelos. La disminución con la profundidad sigue un patrón conocido. Otros autores presentan un promedio de 0,11 % (46) y para horzontes Ap se han determinado variaciones entre 0,146 a 0,329 % y de 0,033 a 0,115 en horizontes B22.

El fósforo asimilable es de contenidos bajos: 0,59 ppm (0,20 a 1,10) en los suelos y 0,09 ppm (0,05 a 0,20) en los subsuelos.

Utilizando la misma solución extractora (Bray 1), Balerdi, Müller y Fassbender (7) determinaron concentraciones que variaban de 0,7 a 58,2 ppm en 17 muestras superficiales; además las formas de fosfatos predominantes fueron las cálcicas. La fracción fósforo orgánico del fósforo total para los latosoles arcillo rojizos fluctúa entre 40 a 73 %.

Los óxidos de hierro libre presentan un promedio de 3,54 % (2,31 a 4,29) en los suelos y 3,59 % (2,90 a 4,29) en los subsuelos; no se observó una distribución regular y definida con la profundidad.

El hecho de que los suelos sean ligeramente ácidos y además el que el porcentaje de saturación sea medio, explican los bajos contenidos de aluminio extraíble. Los valores promedio son de 0,42 meq (0,19 a 0,89) en los suelos y 0,84 meq (0,56 a 1,22) en los subsuelos. Los valores son un poco mayores en los subsuelos (excepto la muestra ES17).

5. En el Cuadro Nº 20 se observan las relaciones entre elementos.

La relación C/N tiene un promedio de 11,1 (9,1 a 12,7) en los suelos y 3,2 (8,8 a 21,4) en los subsuelos, algunos de los cuales presentan relaciones bajas lo cual puede deberse a fijación de nitrógeno amonical en el retículo de las arcillas de tipo 2:1.

Los valores informados para latosoles arcillo rojizos presentan gran amplitud: 12,24 a 31,29 para horizontes Ap y 6,39 a 22,08 para horizontes B22 (46).

Otros investigadores informan de valores entre 5,6 a 16,0 con un promedio de 10,0 para muestras superficiales (103).

La relación Ca^{++}/Mg^{++} tanto en los suelos como en los subsuelos son bajas: 1,8 (0,9 a 2,3) en los primeras y 1,6 (0,8 a 1,2) en los segundos . Muller et. al. (103) establecieron un promedio de 5,80 para muestras superficiales, la cual está más cerca del óptimo.

RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

;	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
	12.1	7.5	19.6
	92.0	52.5	144.5
	102.9	44.2	147.5
	24.1	42.3	120.4
	11.4	5.9	17.3
ı	24.1	12.8	36.9
1	8.3	4.0	12.3
5	26.2	11.0	43.1
9	4.1	4.6	8.7
9	10.6	12.7	23.2
.8	5.4	3.0	8.4
.1	8.8	4.2	13.0

La relación Ca^{++}/K presenta una gran variabilidad: 24,0 (4,1 a 103,9) es el promedio en los suelos y 32,3 (8,8 a 92,0) en los subsuelos. La tendencia es a que la relación aumente con la profundidad (excepto la muestra ES14).

La relación Mg^{++}/K^{+} muestra una tendencia a aumento con la profundidad; sólo la muestra ES14 presenta valores similares. El promedio para los suelos es de 11,4 (3,0 a 44,2) y 24,0 (4,1 a 52,5) para los subsuelos.

La mayoría de los valores están alejados del óptimo 8,0.

La relación $\frac{R^{++}}{R^{+}}$ muestra los contrastes más notorios; el promedio para los suelos es de 35,6 (8,4 a 147,5) y 63,5 (13,0 a 144,5) en los subsuelos. La muestra ES14 y el subsuelo ES4 presentan contenidos de potasio muy bajos; las diferencias son debidas a cambios en el material parental. Según datos de Rico (123) las tufas dacíticas y las pumitas, tobas y lavas riodacíticas contienen un porcentaje mayor de óxidos de potasio que de calcio, magnesio y sodio.

6. Clasificación de los suelos.

Los suelos clasificados como "argiluvic brunizem" (brunizem argilúvico,,brunizem con B textural o argiudolls) parecen presentar un horizonte A melánico (con más de 1% de materia orgánica, más del 50 % de saturación de bases y bajo contenido de fósforo); además, a excepción de la muestra ES17, la relación arcilla subsuelo/ arcilla suelo varía de 1,5 a 3,2; tales valores pueden ser un índice de un horizonte argilúvico. La clasificación anterior se ajusta a la establecida (52) con excepción de la muestra ES17.

La muestra ES17 clasificada como "lithosol + distric amdosol", presenta características similares a las consideradas como "brunizem".

Para establecer con certeza tales suposiciones es necesario realizar análisis complementarios (además de los mencionados anteriormente) tales como densidad aparente y específicamente la determinación del contenido de minerales amorfos. La clasificación de "latosoles arcillo rojizos" no se ajusta al concepto modal, según lo demuestran algunas de las características químicas determinadas; es improbable asimismo que en estos suelos se encuentren horizontes "óxicos".

e. "Latosoles" en Guatemala

En Guatemala, Simmons, Tarano y Pinto (134) elaboraron una clasificación de reconocimiento de los suelos del país; ésta incluye información respecto a las características morfológicas de los perfiles y a los análisis físicoquímicos de cada una de las series estudiadas; no se presenta correlación a nivel de gran grupo. Anteriormente Simmons (133) hizo mención a los suelos desarrollados sobre depósitos marinos de bajas elevaciones, como suelos lateríticos (costa Caribe). Los demás estudios cubren relativamente pequeñas extensiones y han sido realizados con fines de irrigación (51).

1. Las características de los sitios de muestreo se observan en el Cuadro Nº 21.

La recolección se efectuó en lugares con relieve suavemente ondulados a lomeríos, de elevaciones menores de 500 metros principalmente en la vertiente del Pacífico; algunas muestras proceden de la vertiente del Atlántico.

Según Roberts e Irving (125) los suelos de la vertiente del Pacífico se han desarrollado a partir de materiales sedimentarios recientes; otros autores (134) afirman que los materiales son lahares o cenizas volcánicas pumíticas o micáceas. La muestra G20 se localiza según los primeros en materiales de origen metamórfico precámbricos y para los segundos, se han desarrollado sobre sedimentos marinos.

Las muestras G21 y G22 el material de origen es mesozoico o paleozoico y predomina la serpentina.

CUADRO Nº 21 - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Muestra	Localización	Clasificación (52)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Relieve	Material Geológico (134)	Ecología (66)	Uso Potencial (137)
G4	De Escuintla 10 km hacia Taxisco	Argiluvic brunizem	3-5	200	Suavemente ondulado	Lahar volcánico	Bosque húmedo tropical	IPCS
G5	De Taxisco 7 km hacia Escuintla	Argilluvic brunizem	3-5	300	Suavemante ondulado	Lahar pedregoso	Bosque húmedo tropical	IPCS
G6 *	De Taxisco 5 km hacia el Sur	Argilluvic brunizem	1-3	200	Plano a suavemante ondulado	Lahar pedregoso	Bosque seco tropical	IACS
G10	De Santa Lucía 10 km hacia Cocales	Red brown luvisol	10-15	400	Fuertemente ondulado	Ceniza volcánica cementada	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G12	De Champerico 10 km hacia Retalhuleu	Red brown luvisol	3-5	100	Suavemente ondulado	Ceniza volcánica cementada	Bosque seco tropical	IPCS
G13	De Retalhuleu 10 Km hacia Coatepeque	Red brown luvisol	3-5	300	Suavemente ondulado	Ceniza volcánica intemperizada	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G14	De Coatepeque 15 km hacia Pajapita	Red brown luvisol	5-10	400	Ondulado	Ceniza volcánica micácea	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G15	De Pajapita 8 km hacia Tumbador	Red brown luvisol	5-10	500	Ondulado	Ceniza volcánica pomácea intemperizada	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G20 *	En Morales (entre Guatemala) Puerto Barrios	Red yellow luvisol	5-10	80	Ondulado	Sedimentos marinos	Bosque húmedo tropical	IACH
G21	De Montufar 10 km hacia Puerto Barrios	Eutric cambisol	10-20	100	Lomeríos a cerril	Serpentina	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G22	De Montufar 5 km hacia Guatemala	Eutric cambisol	5-15	100	Lomeríos	Serpentina	Bosque húmedo tropical	IIPCH
G23 *	Del Progreso 8 km hacia Guatemala	Rhegosol	5-10	200	Ondulado	Esquisto Arcilloso calcáreo	Bosque muy seco tropical	IV
G24 *	De Guatemala 20 km hacia El Progreso	Vitric andosol	3-5	1100	Suavemente ondulado	Ceniza volcánica pomácea	Bosque seco premontano	IIPTS

* No son latosoles

Las muestras G23 (sobre esquisto arcilloso calcáreo) lo clasifican como "regosol" y la G24 (sobre ceniza volcánica) como "andosol" (52).

Las zonas de vida de los sitios de muestreo corresponden al bosque húmedo tropical en su mayoría; otras muestras se localizaron en bosque seco tropical (G6 y G12) y transiciones hacia bosque muy seco tropical (G23) y bosque seco premontano (G24) (66).

El uso actual de los sitios de muestreo es principalmente maíz, café, caña de azúcar, banano y pastos; otros se dedican a bosques o matorral (G10, G12 y G23), especies deciduas y palmas (G20 y G21).

Potencialmente son aptos para un uso intensivo (G4, G5, G6, G12) o muy extensivo; sólo una muestra corresponde a lugares de uso muy intensivo (G20) (137).

2. El Cuadro Nº 22 presenta el color y la distribución granulométrica.

El color muestra una gran variabilidad tanto en el suelo (5YR a 10YR) como en el subsuelo (2,5 YR a 10YR). No se encontró ninguna relación entre la cantidad pluvial anual y el color; las muestras G10, G13, y G15 provienen de los sitios más lluviosos (3000 a 4000 mm) pero no hay una tendencia a que los matices sean más rojizos.

La textura es un poco más liviana en los suelos (francos) que en los subsuelos (arcillosos); el promedio del contenido arcilla es de 23,8 % (12,5 a 57,5) en los suelos y 66,0 % (45,0 a 81,0) en los subsuelos. La relación arcilla subsuelo/arcilla suelo tiene un promedio de 2,88 (1,99 a 6,52) lo cual puede ser indicador de horizontes texturales.

22 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

b) Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy Gruesa %	Arena gruesa %	Arena media %	Arena fina %	Arena muy fina %	Relación limo/arcilla
Fco.L.	24.50	50.50	25.50	1.20	2.50	5.50	9.40	6.00	3.06
Arc.	66.50	27.00	6.50	0.30	0.60	1.60	2.50	1.20	0.41
Fco.Arc.L.	30.00	52.50	17.50	1.50	2.60	4.20	7.00	2.00	1.75
Arc.	74.00	17.50	8.50	0.70	1.00	1.50	2.80	2.30	0.24
Fco.Arc.L.	20.00	52.50	18.50	1.00	1.60	2.20	6.20	7.20	1.81
Arc.	62.00	28.50	3.50	0.30	0.70	1.50	3.80	3.00	0.46
Fco.	18.00	41.50	40.50	2.40	7.90	11.40	11.20	7.30	2.31
Arc.	57.00	27.00	16.00	0.60	2.50	3.90	3.90	3.70	0.47
Arc.	57.50	21.50	21.00	0.40	1.20	7.10	8.70	3.50	0.37
Arc.	57.00	23.00	20.00	0.20	1.50	8.40	7.20	2.50	0.40
Fco.	24.00	37.50	38.50	2.50	8.80	12.60	9.60	4.80	1.56
Arc.	76.50	12.00	11.50	0.50	1.00	3.40	4.10	2.30	0.16
Fco.Arc.	12.50	24.00	63.50	0.80	7.00	30.60	2.08	4.10	1.92
Arc.	81.50	15.00	3.50	0.05	0.10	0.90	1.60	0.70	0.18
Fco.	18.00	36.00	46.00	0.60	2.00	13.70	24.40	5.10	2.00
Arc.	70.00	25.50	4.50	0.10	0.40	0.70	2.00	1.10	0.36
Fco.	23.50	28.00	38.50	11.30	9.20	6.70	5.80	5.30	1.62
Fco.Arc.L.	28.50	51.00	22.50	2.30	3.70	4.60	5.90	5.80	1.79
Arc.	40.50	19.00	40.50	18.20	7.40	4.60	5.10	4.90	0.47
Arc.	66.50	14.00	19.50	0.50	6.50	4.10	4.50	3.70	0.21
Fco.Arc.L.	34.50	46.00	19.50	1.80	2.20	2.70	6.50	6.10	1.33
Arc.	45.00	35.00	19.00	0.30	3.70	2.90	4.70	7.20	0.78
Fco.Arc.	31.50	31.00	37.50	3.40	4.80	7.40	11.30	10.40	0.98
Fco.	22.50	34.00	45.50	8.50	10.80	8.90	8.40	8.70	1.51
Fco.	20.50	31.00	48.50	1.40	11.20	9.70	13.20	12.70	1.51
Fco.Arc.L.	22.00	28.00	50.00	4.00	7.80	10.50	15.90	11.60	1.27

El contenido de limo es mayor en los suelos que en los subsuelos; el promedio es de 36,5% (19,0 a 52,5) en los suelos y 21,8% (12,0 a 35,0) en los subsuelos. La relación limo/arcilla presenta un promedio de 1,53 (0,37 a 2,31) en los suelos y 0,36 (0,16 a 0,78) en los subsuelos. Los subsuelos G13 y G14 presentan bajos índices, pero así mismo tienen altas relaciones arcilla subsuelo/ arcilla suelo (3,29 y 6,52 respectivamente) lo cual puede ser indicio de la presencia de un horizonte B textural; en estos casos la relación limo/arcilla tiene limitada aplicación.

El subsuelo G21 se acerca al límite crítico 0,15 y su relación arcilla subsuelo/arcilla suelo no presenta valores tan altos como los anteriores (1,6).

El promedio del contenido de arenas es de 34,7% (17,5 a 63,5) en los suelos y 12,1% (3,5 a 20,0) en los subsuelos; hay aparente predominio de las fracciones fina y media.

3. El Cuadro Nº 23 presenta el complejo de adsorción.

Las capacidades de intercambio catiónico se consideran como medias; el promedio en los suelos es de 29,32 meq (15,65 a 42,77) y 29,03 meq (15,65 a 39,90) en los subsuelos. La C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) fluctúa entre 20,78 a 136,50 meq para los suelos y 21,07 a 50,82 meq para los subsuelos. Las muestras G21 y G23 presentan las más bajas C.I.C. de todas las muestras; G24 considerado como andosol tiene 111,46 meq/100 gr de arcilla en el suelo y 118,68 meq en el subsuelo. Müller et al. (103) dan un valor promedio de 78,2 meq (15,8 a 43,7) para 20 suelos superficiales. Otros autores (134) presentan valores entre 15,2 a 41,95 meq para horizontes superficiales y de 16,0 a 43,63 meq para los subsuelos; en las series Jubuco.

CUADRO Nº 23 - COMPLEJO DE ADSORCION

Muestras		CIC meq/100 gr de suelos	CIC meq/100 gr arcilla (calculada)	Calcio meq/100 gr	Magnesio meq/100 gr	Potasio meq/100 gr	% de Saturación
G4	S	42.77	125.10	10.30	4.84	3.74	44.14
	Sub	35.21	45.28	2.65	1.55	0.83	14.29
G5	S	35.47	85.30	4.21	2.26	0.48	19.59
	Sub	29.73	37.64	2.50	1.34	0.74	15.41
G6 *	S	34.16	78.97	8.42	3.60	1.25	38.89
	Sub	28.69	41.08	3.12	1.23	0.35	16.38
G10	S	37.03	136.50	6.40	2.16	0.73	20.09
	Sub	33.38	57.02	2.81	1.93	0.68	16.24
G12	S	32.86	36.42	6.55	3.08	0.99	32.32
	Sub	27.90	44.84	3.12	1.55	0.29	17.78
G13	S	37.03	99.54	4.21	2.16	0.54	18.66
	Sub	39.90	50.82	2.34	1.03	0.07	8.62
G14	S	15.65	78.16	2.90	0.64	0.37	24.98
	Sub	30.51	34.91	2.46	0.82	0.45	12.23
G15	S	23.99	70.72	3.59	1.44	0.58	23.38
	Sub	29.73	35.39	2.40	0.47	0.04	8.79
G20 *	S	28.95	120.89	7.80	11.21	0.24	66.49
	Sub	34.95	121.72	6.55	16.97	0.18	67.81
G21	S	22.17	22.00	0.95	0.26	0.19	6.31
	Sub	19.23	21.07	0.70	0.16	0.07	4.84
G22	S	16.95	20.78	1.43	0.47	0.13	12.49
	Sub	15.65	29.22	0.36	0.29	0.07	4.60
G23 *	S	27.91	78.83	11.54	11.51	0.53	84.49
	Sub	17.21	72.04	18.40	12.34	0.17	100.00
G24 *	S	27.25	111.46	16.00	10.28	0.30	97.54
	Sub	26.99	118.68	12.70	15.42	0.10	100.50

* No son "latosoles"

Las muestras correspondían a las series: Taxisco, Camantulul, Ixtán, Retalhuleu, Chocolá, Guapinol y Jubuco.

El contenido de calcio se considera bajo; el promedio es de 4,50 meq (0,95 a 10,30) en los suelos y 2,15 meq (0,36 a 3,12) en los subsuelos; solo el suelo G4 y las muestras G23 (regosol) y G24 (andosol) presentan contenidos medios a altos. Otros autores (103) han hallado un valor promedio de 13,6 meq para muestras superficiales de la vertiente del Pacífico. En 9 series se han encontrado valores entre 4,27 a 70,38 meq en los suelos y 0,66 a 5,21 meq en los subsuelos; tal amplitud de valores es atribuible, entre otros factores, a diferencias en el material originario.(134).

El promedio del magnesio es de 1,92 meq (0,26 a 4,84) para los suelos y 1,02 (0,16 a 1,93) para los subsuelos. Los "latosoles" presentan tendencia a que el contenido sea un poco mayor en el suelo que en el subsuelo. Otros datos para las series anteriormente mencionadas dan valores de 1,32 a 13,16 meq en los suelos y 0,37 a 14,0 meq en los subsuelos (134). Müller et. al. (103) presentan un promedio de 5,1 meq para 20 muestras.

Los contenidos de potasio se consideran de medios a altos en los suelos ; el promedio en estos es de 0,84 meq (0,13 a 3,74) y 0,36 meq (0,04 a 0,83) en los subsuelos. El contenido de potasio decrece con la profunidad.

Otros autores (103) presentan un promedio del 1,6 meq para muestras en la vertiente del Pacífico; con variaciones entre 0,05 a 2,65 meq en los suelos y 0,07 a 3,55 meq en los subsuelos (134).

El porcentaje de saturación se considera de medio a bajo; para los latosoles el promedio es de 23,0 % (6,31 a 44,14) en los suelos y 11,53 (4,60 a 17,78) en los subsuelos. Las muestras G21 y G22 presentan una extrema pobreza no sólo de potasio sino también de las otras bases, consecuencia de la intensa lixiviación.

4. En el Cuadro Nº 24 se presentan otras características químicas.

El contenido de materia orgánica presenta un promedio de 5,56 % (2,94 a 6,63) en los suelos y 1,44 % (0,44 a 2,61) en los subsuelos.

Otros autores informan de intervalos más amplios: 1,89 a 15,44 % en los suelos y 0,34 a 6,36 % en los subsuelos de nueve series (134)

Se ha presentado un valor promedio de 2,6 % para muestras superficiales (103).

El pH varía de 4,0 a 5,5 (fuertemente ácidos) en los suelos y de 3,8 a 6,0 (de extremada a ligeramente ácidos) en los subsuelos.

La diferencia con el pH en $CaCl_2$ 0,01 M es de 0,2 unidades de pH en los suelos y 0,4 a 0,6 unidades en los subsuelos. Popenoe (120) confirmó la relación directa del pH con el calcio cambiable y la inversa con el aluminio cambiable. El mismo autor sostiene que a pH menor de 5,5 los cationes eran retenidos por cargas permanentes, mientras que a pH mayor que 5,5 los cationes eran retenidos por las cargas permanentes y las cargas dependientes del pH. Variaciones del pH de 5,3 a 6,5 para los suelos y de 4,6 a 6,5 para los subsuelos, fueron hallados por Simmons, Tárano y Pinto (134).

CUADRO Nº 24 - MATERIA ORGANICA, pH, NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE, OXIDOS DE HIERRO LIBRE, ALUMINIO EXTRAIBLE

Muestras		Materia orgánica %	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$ 0.01 M)	Nitrógeno total (%)	Fósforo asimilable (ppm)	Oxidos de Hierro Libre (%)	Aluminio extraíble (meq/100 gr)
G4	S	6.06	5.40	5.30	0.49	1.90	4.29	0.11
	Sub	2.55	5.50	5.20	0.12	0.22	5.36	0.50
G5	S	5.09	4.90	4.50	0.38	1.62	3.58	1.33
	Sub	0.94	5.80	5.40	0.05	0.15	4.29	1.38
G6*	S	5.63	6.10	5.70	0.24	1.27	4.43	0.06
	Sub	1.61	6.00	5.30	0.09	0.10	4.43	0.61
G10	S	6.23	5.50	5.00	0.32	0.50	3.30	0.61
	Sub	0.44	5.50	4.70	0.05	0.05	4.11	0.83
G12	S	5.96	5.50	5.10	0.36	1.65	3.47	0.11
	Sub	1.17	6.00	5.50	0.09	0.10	4.19	0.33
G13	S	6.57	5.50	5.10	0.43	2.00	3.47	0.58
	Sub	0.51	5.20	4.90	0.05	0.70	4.83	1.28
G14	S	2.94	5.00	4.50	0.25	2.65	1.72	0.89
	Sub	1.03	5.40	4.80	0.07	0.27	3.69	1.61
G15	S	5.63	5.10	4.90	0.32	3.92	1.79	0.50
	Sub	2.48	4.40	4.10	0.15	0.55	3.93	3.33
G20*	S	0.27	7.50	6.90	0.05	5.20	0.86	0.46
	Sub	0.13	7.80	7.00	0.03	8.30	1.33	0.57
G21	S	6.63	4.70	3.90	0.40	5.37	2.43	3.28
	Sub	2.61	4.60	3.70	0.11	0.50	4.72	3.94
G22	S	4.89	4.00	3.80	0.26	2.80	4.72	1.78
	Sub	1.25	3.80	3.40	0.12	0.50	5.55	2.83
G23*	S	1.54	6.40	6.30	0.12	1.00	1.54	0.22
	Sub	0.50	7.20	6.50	0.05	0.90	1.09	0.15
G24*	S	2.20	6.00	6.30	0.15	1.25	4.55	0.13
	Sub	0.44	5.80	5.80	0.06	0.57	4.55	0.17

* No son latosoles

Otros investigadores presentan valores alrededor de 6,3 (103).

El contenido de nitrógeno total tiene un promedio de 0,36 % (0,25 a 0,49) en los suelos y 0,09 % (0,05 a 0,12) en los subsuelo; el intervalo para 8 series varía de 0,17 a 0,42 % en los suelos y 0,06 a 0,15 % en los horizontes subsuperficiales (134). Otra inforamción menciona un promedio de 0,27 % para suelos superficiales (103).

El fósforo asimilable tiene un promedio de 2,49 ppm (0,50 a 5,37) en los suelos y 0,34 ppm (0,05 a 0,70) en los subsuelos.

Balerdi, Müller y Fassbender (7) hallaron valores entre 0,6 a 10.99 ppm (usando la misma solución extractora) para diferentes unidades de suelos con muestras superficiales. Fassbener, Müller y Balerdi (48) aseveran que en tales muestras predominan los fosfatos de calcio y que la fracción de fósforo orgánico del fósforo total tiene un promedio de 51 % (29 a 71).

Los óxidos de hierro libre presentan tendencia a acumularse en el subsuelo; el promedio en los suelos es de 3,20 % (1,72 a 4,72) y 4,52 % (3,69 a 5,55) en los subsuelos. Lo anterior puede estar asociado con los matices más rojizos de algunas de las muestras.

El aluminio extraíble en la mayoría de las muestras es bajo; el promedio es de 1,02 meq (0,11 a 3,28) para los suelos y 1,53 meq (0,33 a 3,94) para los subsuelos. La muestra G22 tiene los más bajos valores de pH; sin embargo, la G21 con un pH un poco más alto que la anterior presenta los máximos contenidos. Popenoe (120) asevera que sólo se pueden encontrar cantidades notables de aluminio cambiable a pH menores de 5,0.

Müller et. al. (103) encontraron contenidos entre 0,1 y 2,5 meq para 13 muestras superficiales.

5. En el Cuadro Nº 25 se presentan las relaciones entre elementos.

La relación C/N tiene un promedio de 9,1 (6,8 a 11,3) en los suelos y 8,9 (5,2 a 13,7) en los subsuelos. Hay una ligera tendencia inversa entre la relación C/N y el pH. La C.I.C. asociada con altos contenidos de calcio y magnesio hacen probable el predominio de minerales de tipo 2:1, los cuales pueden fijar amonio en el retículo y en esta forma se presentan relaciones C/N bajas.

La muestra G20 se recolectó en una región cálida y muy seca; tal condición climática se refleja en la baja relación C/N.

La relación Ca^{++}/Mg^{++} presenta un promedio de 2,8 (1,9 a 4,5) en los suelos y 2,6 (1,2 a 5,1) en los subsuelos. Hay cierta tendencia a disminuir con la profundidad a excepción del suelo G14 y el subsuelo G21.

Las relaciones encontradas se consideran más bajas que el óptimo. En la muestra G20 predomina el magnesio en el complejo de cambio; en las G23 (regosol) y G24 (andosol) hay cierto equilibrio entre estas cationes.

Las relaciones Ca^{++}/K^{+} son bajas: 7,2 (2,8 a 11,0) en los suelos y 15,1 (3,2 a 60,0) en los subsuelos; el subsuelo G15 presenta marcado desbalance. No hay tendencias definidas respecto a la profundidad.

Los suelos que se supone tienen menor desarrollo (G20, G23 y G24) las relaciones son muy altas.

CUADRO Nº 25 - RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Muestras		C/N	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
G4	S	7.2	2.1	2.8	1.3	4.1
	Sub	12.3	1.7	3.2	1.9	5.1
G5	S	7.8	1.9	8.8	4.7	13.5
	Sub	11.0	1.9	3.4	1.8	5.2
G6 *	S	13.6	2.3	6.7	2.9	9.6
	Sub	10.3	2.5	8.9	3.5	12.4
G10	S	11.3	3.0	8.8	3.0	11.7
	Sub	5,2	1.5	4.1	2.9	7.0
G12	S	9.6	2.1	6.6	3.1	9.7
	Sub	7.6	2.0	10.8	5.3	16.1
G13	S	8.9	2.0	7.8	4.0	11.8
	Sub	6.0	2.3	33.4	14.7	48.1
G14	S	6.8	4.5	7.8	1.7	9.6
	Sub	8.6	3.0	5.5	1.8	7.3
G15	S	10.2	2.5	6.2	2.5	8.7
	Sub	9.6	5.1	60.0	11.3	71.8
G20 *	S	3.2	0.7	32.5	46.7	79.2
	Sub	2.7	0.4	36.4	94.3	130.1
G21	S	9.6	3.7	5.0	13.7	6.4
	Sub	13.7	4.4	10.0	2.3	12.3
G22	S	10.9	3.0	11.0	3.6	14.6
	Sub	6.1	1.2	5.1	4.1	9.3
G23 *	S	7.4	1.0	21.8	21.7	43.5
	Sub	5.8	1.5	108.2	75.6	180.8
G24 *	S	8.3	1.6	53.3	34.3	87.6
	Sub	4.3	0.8	127.0	154.2	281.2

* No son "latosoles"

A excepción de los subsuelos G19, G15 y el suelo G21, los valores de la relación Mg^{++}/K^{+} son inferiores al óptimo (8,0). El promedio en los suelos es de 2,8 (1,3 a 4,7) y 5,1 (2,2 a 14,7).

Los valores de la relación $\frac{R^{++}}{R^{+}}$ son menores al óptimo 40,0 con una sola excepción (subsuelo G19).

El promedio para los suelos es de 10,0 (4,1 a 14,6) y 20,2 (5,1 a 71,8) para los subsuelos. Los suelos de menor desarrollo presentan valores altos siendo mayores aquellos de los suelos .

6. Clasificación de los suelos

Las muestras G4, G5 y G6 se han clasificado como "argiluvic brunizem" (brunizem con B textural); las "chromas" del suelo son menores a 5,0; los contenidos de materia orgánica son mayores al 1 % y los contenidos de fósforo son muy bajos; tales características parecen indicar la presencia de un horizonte A "melánico" (52). Además las relaciones arcilla subsuelo/arcilla suelo fluctúan entre 2,1 a 2,7; tal cambio textural abrupto puediera indicar que se presenta un horizonte "argilúvico" o "plánico". Sin evidencia morfológica adicional que desvirtue los datos químicos, estos suelos conservarían su clasificación actual o pueden pertenecer a la unidad "humic planosol" (brunizem planosol, palleudoll).

Las muestras G10 a G15 se clasifican como "red brown luvisol"; a excepción de la G12 la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo fluctúa entre 3,2 a 6,5 (horizontes "plánicos"). Los matices varían de 10 YR a 7,5 YR y los "chromas" están en su mayoría, cerca o por encima de 4; la C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) es mayor de 24 meq en todas las muestras (34,9 a 57,0 meq en los subsuelos),

pero la saturación de los subsuelos es menor del límite crítico 35 % entonces es probable que la unidad más adecuada para clasificar estas muestras sea la de "red yellow luvisols" (red yellow podzolics, y ultisoles, rojo amarillo podzólico). La muestra G21 y G22 están clasificadas como "eutric cambisol"; ahora bien, la relación arcilla subsuelo/ arcilla suelo son de 1,64 y 1,30 respectivamente y la C.I.C./100 gr de arcilla es de 21,9 y 29,2 meq en los subsuelos, respectivamente. La saturación es muy baja; con tales condiciones la G21 podría clasificarse mejor como "dystric rhodosol" (red brown lateritic), y la G22 como "red yellow luvisol" (red yellow podzolic). De la muestra G23 se tienen pocos datos mrofológicos para clasificarla de mejor manera y la G24, sin la determinación del contenido de materiales amorfos y otras características adicionales es imposible afirmar o negar su clasificación actual (andosol).

De las muestras analizadas, las que parecen tener un mayor grado de meteorización son las G21 y G22 (Vertiente Atlánrica); los índices limo/arcilla relativamente bajos lo mismo que la C.I.C./100 gr de arcilla. A pesar de lo anterior y en base de las pocas características químicas determinadas, es improbable que tales suelos pertenezcan al orden "oxisol", puesto que los subsuelos analizados no parecen presentar las características del horizonte diagnóstico.

f. "Latosoles" en México

La primera visión de conjunto de los recursos agrológicos de México fue realizada por Ortiz (110); este autor resume la formación y características de los suelos, de manera superficial y los clasifica a nivel de gran grupo pero no presenta ningún mapa.

Macías (86, 87) publicó un mapa de suelos escala 1:400,000. Las unidades cartográficas están agrupadas en diferentes categorías de suelos, las cuales se presentan en asociaciones de acuerdo a cierto patrón geográfica o bajo similares condiciones climáticas. Además, el mapa se basa en los reconocimientos llevados a cabo con fines de riego y en la interpolación hecha a partir de mapas geológicos, topográficos y climáticos (50, 97).

En la unidad llamada "Migajones" rojos del grupo laterítico, se han llevado a cabo algunos estudios aislados; Vera (155) y Miranda (98) en Veracruz, Cuanalo (34) en Oaxaca y Vergara (156) en suelos tropicales cultivados con *Hevea sp.* Aguilera (1) hace referencia a la génesis y clasificación de algunos suelos de la meseta de Tarasca, dentro de los cuales consideró los denominados amarillo rojizo latosólico y amarillo latosólico.

1. En el orden ya establecido, el Cuadro Nº 26 presenta las características de los sitios de muestreo.

Las muestras denominadas M1 a M9 son las consideradas como latosoles y se hará referencia a las propiedades de éstas principalmente; las demás, M10 y M14, sirven únicamente de comparación.

CUADRO Nº 26 - CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Muestra	Localización	Clasificación (87)	Otra clasificación *	Pendiente	Altitud	Relieve	Geología (87)	Zona de vegetación (82)
M1	De Ciudad Alemán 5 km hacia Loma Bonita	Migajones rojos, café rojizos y amarillos del grupo laterítico	Reddish brown latosolic	5-15	150	Ondulado a lomeríos	Depósitos sedimentarios	Bosque tropical perennifolio
M2	De Loma Bonita 10 km hacia Villa Azueta	Migajones rojos, café rojizos y amarillos del grupo laterítico	Red yellow latosolic	5-10	150	Ondulado	sedimentos cuaternarios estratificados	Bosque tropical perennifolio
M5	De Tuxtla 20 km al Sur	Migajones rojos, café rojizos y amarillos del grupo laterítico	Red clay latosol	25	200	Cerril	Materiales volcánicos andesíticos y basálticos muy intemperizados	Sabana
M6	De Catemaco 10 km hacia Acayúcan	Migajones rojos, café rojizos y amarillos del grupo laterítico	Red clay latosol	10-20	500	lomeríos a cerril	Materiales volcánicos andesíticos y basálticos muy intemperizados	Sabana
M7	De Catemaco 15 km hacia Acayúcan	Migajones rojos, café rojizos y amarillos del grupo laterítico	Red clay latosol	5	400	Ondulado	Materiales volcánicos andesíticos y basálticos muy intemperizados	Sabana
M8	De Villahermosa 3 km al Sur	Terrarrosa; tropicales rojos del grupo laterítico	---	3-5	100	Plano a ondulado	----	Bosque lluvioso
M9	De Villahermosa 8 km hacia Tierra Colorada	Terrarrosa; tropicales rojos del grupo laterítico	---	3-5	100	Plano a ondulado	----	Bosque lluvioso
M10	De Morelia 20 km hacia Patzcuaro	Podzol café grisáceo rojo	---	---	2300	---	Tufa volcánica, basáltica	Bosque pino encino
M11	De Morelia 30 km hacia Patzcuaro	Podzol café grisáceo rojo	---	---	2200	---	Material volcánico basáltico	Bosque pino encino
M12	De Patzcuaro 5 km hacia Morelia	Podzol café grisáceo rojo	---	---	2200	---	Material volcánico basáltico	Bosque pino encino
M13	De Acapulco 50 km hacia Tierra Colorada	Café rojizo	---	5-10	500	Ondulado	Sedimentario	Bosque tropical caducifolio
M14	De Acapulco 10 km hacia Tierra Colorada	Prairie con descalcificación	---	3-5	---	Plano a ondulado	Sedimentario	Bosque espinoso

* WHITESIDE, E. P. y LEON, O. H. General Report on the soils in the southern Papaloapan-Veracruz area, a portion of humid tropics Mexico. University of Michigan, East Lansing, 1961. (Transcrito del original por J. A. Martini)

Los latosoles fueron colectados a alturas bajas (menores de 500 m) y en pendientes menores de 20 %; los materiales originarios sobre los cuales se han desarrollado son muy heterogéneos (sedimentarios en unos, volcánicos en otros); según Leopold (82) las zonas de vegetación corresponden al bosque tropical perennifolio, a sabana y al bosque lluvioso.

Las muestras M10, M11 y M12 ("podzoles") se colectaron a alturas mayores a 2000 metros, con formaciones de bosque pino-encino; los materiales sobre los cuales se han desarrollado son volcánicos. Las otras dos muestras (M13 y M14) corresponden a la parte plana de la Vertiente del Pacífico, cuyos materiales originarios son sedimentarios y la zona de vegetación es la de bosque tropical caducifolio con transiciones a bosque espinoso.

2. En el Cuadro Nº 27 se presenta la profundidad a la cual se tomaron las muestras, el color y la distribución granulométrica.

El color del suelo varía de 10YR a 7,5 YR con "chromas" de 2 a 4. Algunos subsuelos son más rojizos con matices de 7.5 YR de 10YR con cromas entre 6 y 8. Los "podzoles" tienen matices más rojizos tanto en los suelos como en los subsuelos en comparación con los latosoles en conjunto.

Las texturas de los suelos (latosoles) es variada, pero los subsuelos son todos arcillosos; el promedio del contenido de arcilla en los suelos es de 36,5 % (17,5 a 59,5) y 61,58 % (49,5 a 78,5) en los subsuelos. La relación arcilla subsuelo/arcilla suelo varía entre 1,59 a 2,83 ; tal cambio puede ser índice de un horizonte argilúvico en algunos de los perfiles.

CUADRO Nº 27 - PROFUNDIDAD, COLOR, DISTRIBUCION GRANULOMETRICA

Muestras		Profundidad (cms)	Color (seco)	Textura	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arena muy gruesa %	Arena gruesa	Arena media	Arena Fina %	Arena muy fina %	Relación limo/arcilla
M1	S	0-15	7.5YR5/4	Fco.Arc.	31.00	31.50	37.50	6.00	5.30	4.40	8.70	12.90	1.02
	Sub	15-60	5YR6/6	Arc.	30.00	32.90	18.00	0.15	0.30	0.40	7.00	10.00	0.64
M2	S	0-30	10YR4/2	Fco.A.	17.50	30.00	32.50	0.80	5.00	11.20	21.10	14.20	1.71
	Sub	30-60	10YR5/8	Arc.	49.50	18.50	33.00	5.50	5.00	4.00	9.00	9.30	0.37
M5	S	0-30	10YR4/3	Fco.	26.50	45.00	28.50	0.10	3.60	6.00	9.50	8.60	1.70
	Sub	30-60	10YR5/8	Arc.	60.00	24.50	15.50	0.20	1.10	2.90	4.90	6.20	0.41
M6	S	0-20	7.5YR4/4	Arc.	59.50	37.00	3.50	0.15	0.20	0.40	1.40	1.20	0.62
	Sub	20-50	5YR4/0	Arc.	70.00	26.50	3.50	0.35	0.55	0.60	0.90	1.00	0.38
M7	S	0-20	10YR3/3	Arc.	49.50	37.00	13.50	1.00	1.30	1.80	6.10	3.10	0.75
	Sub	20-55	5YR4/8	Arc.	78.50	17.00	4.50	0.25	0.60	0.90	1.40	1.20	0.22
M8	S	0-20	7.5YR5/4	Fco.Arc.	33.50	26.50	40.00	4.00	5.00	7.10	13.40	10.30	0.79
	Sub	20-50	2.5YR6/6	Arc.	55.00	18.00	27.00	4.30	4.00	4.30	7.80	6.45	0.33
M9	S	0-20	7.5YR4/4	Fco.Arc.	38.00	25.50	36.50	3.40	4.00	5.60	13.20	10.20	0.67
	Sub	20-60	5YR6/6	Arc.	68.00	15.50	16.50	1.60	1.55	1.90	6.30	5.00	0.23
M10 *	S	0-20	7.5YR4/4	Arc.	36.50	42.50	21.00	2.10	2.50	3.80	6.30	6.10	1.16
	Sub	20-60	5YR3/4	Arc.	60.50	26.50	13.00	0.80	1.50	3.10	2.55	4.90	0.44
M11 *	S	0-15	7.5YR5/6	Fco.Arc.	31.00	47.00	22.00	1.50	2.50	4.20	7.10	6.50	1.52
	Sub	15-40	5YR5/6	Arc.	40.00	39.00	21.00	0.90	1.60	4.00	8.00	6.30	0.98
M12 *	S	0-15	5YR4/4	Arc. L.	46.00	41.00	13.00	1.30	1.30	2.00	4.20	4.00	0.89
	Sub	15-30	5YR4/6	Arc.	47.00	30.50	22.50	0.40	4.10	5.70	7.80	4.40	0.65
M13 *	S	0-20	10YR5/2	Fco.A.	14.00	22.50	63.50	0.20	18.10	20.20	16.90	8.00	0.61
	Sub	20-60	5YR5/6	Fco.Arc.A.	26.50	13.00	60.50	0.10	12.60	20.00	18.50	9.10	0.49
M14 *	S	0-20	10YR6/4	Fco.	18.00	31.50	50.50	2.90	5.20	11.70	17.70	12.80	1.75
	Sub	20-60	5YR6/8	Fco.Arc.A.	26.50	28.00	45.50	4.30	7.10	9.50	14.80	9.60	1.06

Fco. = Franco
Arc. = Arcilloso
A. = Arenoso
L. = Limoso

* No son latosoles.-

Los "podzoles" tienen subsuelos arcillosos pero la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo no es tan alta como de los latosoles (varía de 1,0 a 1,7) pero no se puede establecer el que el subsuelo sea un horizonte B2.

Aguilera (1) informa de aumentos de arcilla con la profundidad con una variación de 11% en el Ao a 59 % en el B2 en un perfil "amarillo rojizo latosólico" y de 14 a 27 % en un perfil "amarillo latosólico".

La textura de las muestras "café rojizo" (M13) y "prairie" (M14) son livianos con bajos contenidos de arcilla.

El promedio del contenido de limo para los latosoles es de 33,21 % (25,5 a 45,0) en los suelos y de 21,71 % (15,5 a 32,0) en los subsuelos. La tendencia es a disminuir con la profundidad, La relación limo/arcilla tiene un promedio de 1,04 (0,62 a 1,71) en los suelos y 0,37 (0,22 a 0,64) en los subsuelos. A pesar de que los valores son bajos en los subsuelos, tales índices señalan que aún tienen alguna reserva de minerales alterables.

En los "podzoles" la variación del contenido de limo en los suelos es de 41,0 a 47,0 % y de 26,5 a 39,0 % en los subsuelos.

La relación limo/arcilla varía de 0,89 a 1,16 en los suelos y de 0,44 a 0,98 en los subsuelos, valores más altos que los calculados para los latosoles; se supone que la meteorización ha sido menos intensa en aquellos suelos. Las muestras M13 y M14 presentan relaciones que van de 1,61 a 1,75 en los suelos y 0,49 a 1,06 en los subsuelos; la región en la cual se colectaron estos suelos es más seca y cálida lo cual ha dado lugar a un escaso desarrollo del perfil.

El contenido de arenas en los latosoles es muy variable pero hay tendencia a que este sea relativamente mayor en los suelos que en los subsuelos, lo cual podría deberse a migración de la arcilla; el promedio para los suelos es de 33,21 % (25,5 a 45,0) y 21,71 % (15,5 a 32,0) en los subsuelos; hay un aparente predominio de la arena fina. En los podzoles la variación es de 13,0 a 22,0 % en los suelos y 13,0 a 22,5 % en los subsuelos; las fracciones de arenas finas y muy finas presentan los mayores porcentajes.

Las muestras de la Vertiente del Pacífico tienen altos contenidos de arenas tanto en los suelos como en los subsuelos.

3. En el Cuadro Nº 28 se observan las propiedades del complejo de adsorción.

La variación de la C.I.C. es amplía en los latosoles; el promedio es de 27,52 meq (11,74 a 44,75) en los suelos y 27,32 (13,82 a 51,63) en los subsuelos.

La C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) varía de 2,74 a 135,43 meq en los suelos (datos poco probables) y de 23,88 a 83,08 meq en los subsuelos; sólo la muestra M2 presenta valores muy bajos tanto para el suelo (2,74 meq) como para el subsuelo (23,88 meq).

Los suelos de sabana tienen los valores de C.I.C. más altos, lo cual puede explicarse por los materiales volcánicos básicos sobre los cuales se han desarrollado. Vergara (156) informa que en suelos tropicales dedicados al cultivo de Hevea sp. , la C.I.C. de la fracción arcilla es generalmente inferior a 20 meq/100 gr y la saturación menor de 40 %.

CUADRO Nº 28 - COMPLEJO DE ADSORCION

Muestras		CIC Meq/100 gr de suelo	CIC meq/100 gr de arcilla (calculada)	Calcio meq/100 gr	Magnesio meq/100 gr	Potasio meq/100 gr	% de saturación
M1	S	18.52	38.58	1.10	1.23	0.21	13.71
	Sub	25.50	44.32	0.23	0.72	0.05	3.95
M2	S	11.74	2.74	3.46	2.05	0.16	48.30
	Sub	13.82	23.88	0.94	0.93	0.03	13.75
M5	S	44.75	135.43	10.00	10.12	0.28	45.61
	Sub	51.63	83.08	9.00	13.98	0.10	44.70
M6	S	41.60	52.34	5.30	8.33	0.16	33.15
	Sub	29.99	40.36	1.17	4.52	0.03	19.07
M7	S	36.51	48.30	7.80	7.15	0.22	41.55
	Sub	29.42	34.06	1.34	2.78	0.06	14.21
M8	S	18.26	19.28	4.15	3.60	0.13	43.15
	Sub	17.73	27.84	1.65	0.74	0.04	13.99
M9	S	21.28	29.21	2.90	1.85	0.13	22.93
	Sub	23.68	29.71	0.51	0.06	0.03	2.53
M10 ★	S	26.93	71.04	7.95	5.96	0.78	39.78
	Sub	32.13	46.46	4.99	4.73	0.20	30.82
M11 ★	S	42.98	118.65	7.00	6.99	1.25	35.46
	Sub	33.12	79.80	7.00	6.50	0.90	43.38
M12 ★	S	29.64	69.87	7.64	6.41	0.75	37.34
	Sub	33.34	63.96	6.20	6.25	0.67	40.57
M13 ★	S	12.00	37.86	4.21	1.89	0.18	52.33
	Sub	11.66	41.28	3.46	2.30	0.06	49.91
M14 ★	S	23.37	108.28	11.70	8.33	0.18	86.48
	Sub	20.45	71.58	3.34	4.01	0.05	36.19

★ No son latosoles

Los valores presentados por Aguilera (1) para un perfil "amarillo rojizo lat sólico", muestran una ligera disminución de la C.I.C. con la profundidad (de 32,3 meq en el horizonte A0 a 28,2 meq en el horizonte C); en otro perfil "amarillo latosólico" se presentan resultados contrarios: aumento de 15,4 meq en el horizonte Ao a 26,67 meq en el horizonte C.

Los "podzoles" muestran C.I.C. medias: la variación es de 26,93 a 42,98 en los suelos y alrededor de 33 meq en los subsuelos. En las muestras M13 y M14 tienen bajo C.I.C.

El calcio presenta así mismo amplia fluctuación: 4,96 meq (1,10 a 10,0) en los suelos y 2,12 meq (0,23 a 9,00) en los subsuelos; hay marcada tendencia a disminuir con la profundidad. Comparativamente, las muestras de sabana (M5, M6 y M7) tienen mayores contenidos de calcio.

En los podzoles tanto en los suelos como en los subsuelos, los contenidos presentan similar distribución con la profundidad a los latosoles, pero no se puede establecer si hay un marcado proceso de iluviación en el horizonte A2 y acumulación en el B2, pues es muy grosera la diferencia entre suelo y subsuelo.

El magnesio presenta una distribución similar a la del calcio en los latosoles; el contenido promedio es de 4,90 meq (1,23 a 10,12) en los suelos y 3,40 meq (0,06 a 13,98) en los subsuelos.

Al igual que eon el calcio, las muestras de sabana desarrolladas a partir de materiales volcánicos, tienen contenidos mayores que aquellos desarrollados sobre sedimentos; aún en estos suelos el magnesio supera al calcio en el complejo de cambio.

El perfil M14 está en terreno plano y sin mayor pluviosidad, lo cual no presenta mayor movilidad de los cationes, a diferencia del perfil M13 sito en terrenos ondulados y con una relativa mayor pluviosidad.

El promedio del contenido de potasio en los latosoles es de 0,20 meq (0,13 a 0,28) en los suelos y 0,05 meq (0,03 a 0,10) en los subsuelos.

Los contenidos en los suelos son de medios a bajos, pero los subsuelos son muy pobres en esta catión. Los podzoles presentan contenidos altos tanto en los suelos como en los subsuelos; es probable que ellos se deba a la presencia de ortoclasa en los materiales volcánicos que dan origen a los suelos de la región (1). Las muestras M13 y M14 presentan contenidos muy bajos.

El porcentaje de saturación tiene un promedio de 35,49 % (13,71 a 40,30) para los suelos y 16,03 (2,53 a 44,70) para los subsuelos. Los valores mínimos los tienen las muestras M1 y M9. Hay tendencia a que la saturación sea mayor en los suelos que en los subsuelos (excepto la muestra M5) cuyos valores son similares. Lo anterior puede estar relacionado con el ciclo de la materia orgánica; los lugares de muestreo se localizaron en áreas con pastos aunque en la región se cultiva piña, maíz, banano y caña de azúcar. En los podzoles los valores son medios y con porcentajes semejantes (suelos y subsuelos), aunque el subsuelo M10 se nota una ligera disminución de la saturación.

CUADRO Nº 29 - MATERIA ORGANICA, pH, NITROGENO TOTAL, FOSFORO ASIMILABLE, OXIDOS DE HIERRO LIBRE, ALUMINIO EXTRAIBLE

Muestras		Materia orgánica (%)	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$ 0.01 M)	Nitrógeno total (%)	Fósforo Asimilable (ppm)	Oxidos de hierro libre (%)	Aluminio extraíble (meq/100 gr)
M1	S	3.28	4.40	3.30	0.15	2.55	3.03	3.97
	Sub	1.57	4.50	3.30	0.04	0.40	3.56	5.55
M2	S	5.63	5.20	4.30	0.16	1.22	1.47	0.48
	Sub	1.00	4.70	3.50	0.06	0.15	2.69	2.06
M5	S	4.42	5.60	5.10	0.26	0.82	3.26	0.22
	Sub	0.87	6.10	5.00	0.05	Traz.	3.93	1.11
M6	S	5.23	5.70	4.80	0.35	1.70	5.36	0.40
	Sub	0.87	5.70	4.60	0.04	Traz.	5.36	2.46
M7	S	6.30	5.50	4.70	0.30	1.22	5.36	0.17
	Sub	1.34	5.60	4.50	0.08	Traz.	2.00	2.06
M8	S	5.90	5.20	4.30	0.27	2.35	3.76	0.32
	Sub	1.21	4.40	3.40	0.06	Traz.	4.72	3.93
M9	S	5.09	4.60	3.80	0.26	4.60	5.36	1.03
	Sub	1.74	4.30	3.30	0.04	0.40	2.64	5.71
M10 ✱	S	5.50	5.30	5.20	0.25	0.85	3.88	0.48
	Sub	2.01	5.50	5.10	0.09	0.45	3.97	0.24
M11 ✱	S	3.10	5.60	5.40	0.12	1.35	4.19	0.39
	Sub	0.60	6.00	5.70	0.04	0.60	3.15	0.22
M12 ✱	S	3.75	5.80	5.60	0.16	0.80	5.36	0.17
	Sub	1.14	5.60	5.40	0.07	0.20	5.30	0.56
M13 ✱	S	3.35	5.30	5.10	0.20	2.77	1.62	0.39
	Sub	0.36	5.50	5.20	0.04	0.05	2.15	0.50
M14 ✱	S	1.94	6.10	6.00	0.09	1.07	1.76	0.32
	Sub	0.74	5.50	4.90	0.02	0.45	2.62	0.67

✱ No son latosoles.-

El pH en $CaCl_2$ 0,01 M difiere en 0,6 a 1,1 unidades de pH para los suelos y de 1 a 1,1 unidades para los subsuelos.

En los "podzoles" el pH tiene valores un poco mayores que los anteriores; el pH varía de 5,2 a 5,6 en los suelos y 5,1 a 5,70 en los subsuelos. Aguilera (1) informa de resultados de 6,25 para horizontes Ao y 6,75 en el horizonte C de un perfil amarillo rojizo latosólico y de 6,55 a 6,85 en el mismo orden anterior para un perfil amarillo latosólico.

Las muestras M13 y M14 son medianamente ácidas.

La distribución del contenido de nitrógeno sigue el patrón del de la materia orgánica: valores medios a altos en los suelos y muy bajos en los subsuelos. El promedio para los latosoles es de 0,25 % (0,15 a 0,35) en los suelos y 0,05 % (0,04 a 0,08) en los subsuelos. Los suelos con cubierta vegetal de pastos tienen los valores más elevados; los "podzoles" varían de 0,12 a 0,25 % en los suelos y de 0,04 a 0,09 % en los subsuelos.

Resultados obtenidos por otro autor (1) indican una disminución abrupta con la profundidad de 0,41 % en el horizonte Ao a 0,05 en el horizonte C (suelo "rojo-amarillo latosólico"); en otro latosol el contenido era de 0,22 % en el horizonte Ao y 0,08% en el C. En estos suelos son muy bajas las relaciones C/N, del orden de 5.7.

La muestra M14 presenta los contenidos más bajos debido a su escasa cubierta vegetal y a las condiciones de aridez de la región.

El fósforo presenta contenidos muy bajos y similares a los encontrados en Centroamérica por otros investigadores (48).

El promedio para los suelos de 2,07 ppm (0,82 a 4,60) y la variación en los subsuelos va desde "trazas" a 0,40 ppm. Los podzoles tienen un contenido un poco mayor en los subsuelos que aquellos de los latosoles.

El promedio para los óxidos de hierro libre en los latosoles es de 3,94 % (4,47 a 5,36) en los suelos y 3,56 % (2,00 a 5,36) en los subsuelos. Las muestras de sabana presentan los contenidos más altos. Miranda (98) afirma que los suelos café rojizos al sur de Veracruz no presentaban una ferralitización avanzada. Encontró en un perfil "rojo latosólico" valores para la relación SiO_2/Al_2O_3 del orden de 2,18 en la superficie a 1,69 en profundidad; en un latosol húmico incrementaba la relación de 1,88 en la superficie a 2,57 en profundidad; tales suelos fueron clasificados como "ferruginosos tropicales". Los podzólicos no muestran una tendencia marcada a la eluviación del hierro; las muestras M13 y M14 presentan contenidos bajos.

El aluminio extraíble tiene tendencia a tener mayores contenidos en los subsuelos; el promedio es de 0,94 meq (0,17 a 3,97) para los suelos y 3,26 meq (1,11 a 5,72) para los subsuelos; los mínimos contenidos corresponden a los suelos desarrollados sobre materiales volcánicos básicos. Además incrementos en el pH implican disminución del contenido de aluminio.

Los llamados "podzoles" presentan bajas cantidades de aluminio extraíble; lo mismo puede decirse de los perfiles M13 y M14.

5. El Cuadro Nº 30 muestra las relaciones entre elementos.

El promedio de la relación C/N en los latosoles es de 13,3 (8,7 a 20,4) para los suelos, 14,9 (9,7 a 25,3) para los subsuelos. Comparativamente las muestras de sabana tienen relaciones más equilibradas en el conjunto de los latosoles; no hay tendencia uniforme respecto al aumento o disminución con la profundidad. Aguilera (1) encontró para un suelo "amarillo latosólico" una relación de 13,0 en el horizonte Ao y 10,0 en el C; en un suelo café forestal (mollisol) la disminución de la relación era más gradual (13,4 en el Ao y 10,2 en el C.) Los valores mínimos se hallaron en un suelo "amarillo latosólico" 5,7 en el Ao y 1,9 en el C.

El promedio de la relación Ca^{++}/Mg^{++} es de 1,2 (0,6 a 1,7) para los suelos y 1,2 (0,3 a 8,6) para los subsuelos.

En los perfiles de sabana y la muestra M1, la relación es próxima a menor que 1,0; valores alejados del óptimo 4,0.

Las muestras M8 y M9 (bosque lluvioso) presentan cierto grado de lixiviación de calcio en el suelo y acumulación en el subsuelo.

En los "podzoles" los valores están alrededor de 1. Mientras M13 tiene una relación un poco superior a la anterior, la relación de M14 está dentro del promedio general.

La relación Ca^{++}/K^{+} presenta amplios contrastes; el promedio para los latosoles es de 26,5 (5,2 a 35,7) para los suelos y 35,1 (4,6 a 90,0) para los subsuelos.

CUADRO Nº 30 - RELACIONES ENTRE ELEMENTOS

Muestras		C/N	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	$\frac{Ca + Mg}{K}$
M1	S	16.7	0.9	5.2	5.9	11.1
	Sub	22.8	0.3	4.6	14.4	19.0
M2	S	20.4	1.7	21.6	12.8	34.4
	Sub	9.7	1.0	31.3	31.0	62.3
M5	S	9.9	1.0	35.7	36.1	71.9
	Sub8	10.0	0.6	90.0	139.8	229.8
M6	S	8.7	0.6	33.1	52.1	85.2
	Sub	12.5	0.3	39.0	150.7	189.7
M7	S	12.2	1.1	35.5	32.5	68.0
	Sub	9.8	0.5	22.3	46.3	68.7
M8	S	12.7	1.2	31.9	27.7	59.6
	Sub	11.7	2.1	41.3	19.8	61.0
M9	S	11.4	1.6	22.3	14.2	36.5
	Sub	25.3	8.5	17.0	2.0	19.0
M10 ✱	S	12.8	1.3	10.2	7.6	17.8
	Sub	13.0	1.1	25.0	23.7	48.6
M11 ✱	S	15.0	1.0	5.6	5.6	11.2
	Sub	8.8	1.1	7.8	6.2	15.0
M12 ✱	S	13.6	1.2	10.2	8.6	18.7
	Sub	9.4	1.0	9.3	9.3	18.6
M13 ✱	S	9.7	2.2	23.4	10.5	33.9
	Sub	5.3	1.5	57.6	38.3	96.0
M14 ✱	S	12.5	1.4	65.0	46.3	111.3
	Sub	21.5	0.8	66.8	80.2	147.0

✱ No son latosoles.-

Las bajas relaciones de M1 pueden ser debidas a su baja C.I.C., lo cual permite una mayor retención de iones monovalentes; pero M8 es una excepción al aserto anterior.

Los suelos de sabana presentan relaciones más altas. Las bajas relaciones en los "podzoles" pueden explicarse por el hecho de que tales suelos se han desarrollado sobre materiales volcánicos ricos en ortoclasa. En la muestra M14 y el subsuelo M13, el desbalance es notorio.

La relación Mg^{++}/K^{+} sigue una tendencia similar a la anterior; el promedio es de 25,9 (5,9 a 52,1) en los suelos y 57,7 (2,0 a 150,7) en los subsuelos para los latosoles. El desequilibrio se observa en los suelos de sabana; sólo las muestras M1 y M9 se aproximan ligeramente a la relación óptima 8,0; lo anterior puede aplicarse a los podzoles a excepción del subsuelo M10.

En las muestras M13 y M14 la relación es desequilibrada con respecto al óptimo.

La relación $\frac{R^{++}}{R^{+}}$ para los latosoles presenta un promedio de 53,4 (11,1 a 85,2) para los suelos y 92,8 (53,4 a 229,8) para los subsuelos. Hay tendencia al aumento de la misma con la profundidad las muestras M1, M2, M8 y M9 se aproxima al óptimo 40,0. Los suelos de sabana tienen un notable desequilibrio de nutrimentos divalentes a monovalentes.

El contenido de potasio de los "podzoles" hace el que la relación se mantenga por debajo del límite crítico. Las relaciones de las muestras M13 y M14 son comparables a las de los suelos de sabana.

6. Clasificación de los suelos.

En el Cuadro Nº 26 se presentan las clasificaciones propuestas por Macías (87) y por Whiteside y León * las cuales siguen los delineamientos de la antigua nomenclatura norteamericana.

Las pautas presentadas por FAO (52) para el mapa de suelos de Centroamérica servirán de marco teórico para el establecimiento de una clasificación aproximada de los llamados "migajones rojos tropicales", en base de algunas características determindas.

El perfil M1 puede pertenecer a la unidad "red brown luvisol" (luvisol pardo rojizo; suelos pardo rojizo) con la salvedad de que el porcentaje de saturación es inferior al límite crítico para los suelos de esta unidad (35 %); la C.I.C./100 gr de arcilla (calculada) también es mayor de 24 meq , característica que establece diferencia con los "rhodosols". La relación arcilla subsuelo/arcilla suelo es 1,61; de tal manera es probable la presencia de un horizonte argilúvico.

El perfil M2, a pesar de que los matices son 10YR, los "values" son altos; además la saturación en el subsuelo es baja y la C.I.C./100 gr de arcilla es menor de 24 meq ; la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo es de 2,85; las características anteriores se adaptan a la unidad de "red yellow luvisols" (suelos amarillos rojizos latosólicos). Suposición semejante se puede hacer del perfil

---

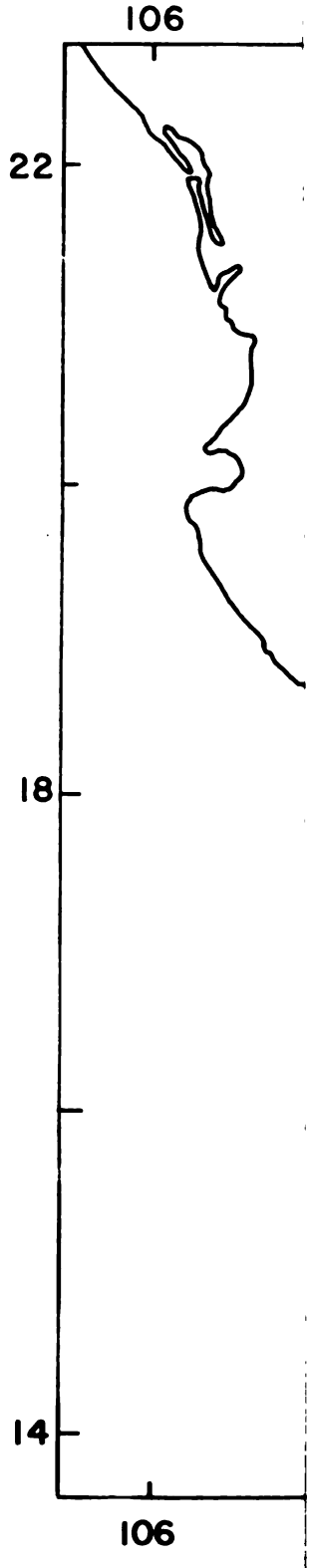
* WHITESIDE, E. P. y LEON, O. H. General Report on the soils in the southern Papaloapan-Veracruz area, a portion of humid tropics Mexico. University of Michigan, East Lansing, 1961. (Transcrito del original por J. A. Martini).

M8 con C.I.C./100 gr de arcilla superior al límite crítico, matices menores de 7,5 YR y bajo porcentaje de saturación. Las muestras M5, M6, M7 y M9 tienen alta C.I.C./100 gr de arcilla (calculada), porcentaje de saturación en los subsuelos menores de 35 % y matices alrededor de 5 YR en los mismos. Las relaciones arcilla subsuelo/arcilla suelo varían de 1,8 a 2,37 características que coinciden con la unidad "red brown luvisols" (suelos pardo rojizos), haciendo hincapié de que la saturación es menor que el límite crítico.

Para las muestras M10, M11 y M12 es difícil establecer si son o no podzoles, puesto que son pocos los análisis realizados y la descripción morfológica no es adecuada. Aguilera (1) ha clasificado algunos suelos de la meseta de Tarasca como inceptisoles y mollisoles. De los perfiles M13 y M14 es también difícil establecer su clasificación de manera tan superficial.

Es innegable que estos suelos han estado sujetos a gran alteración y algunos autores reconocen un grado de "laterización" avanzado (98), basados principalmente en la baja relación SiO_2/Al_2O_3 y considerando que un valor menor de 1,7 indica "ferralitización" avanzada". Se informó que de los perfiles estudiados al sur de Veracruz, sólo 3 se clasificaron como "ferruginosos" y los demás en proceso de "ferruginización".

Es improbable que en las regiones de donde provienen las muestras se encuentren horizontes "óxicos", no hay indicios de ello aunque , se necesitaría la comprobación mineralógica y la determinación de otras propiedades que aseveran las suposiciónes anteriores.


106
22
18
14
106

g. Síntesis

Es innegable que en Mesoamérica hay regiones con un grado de meteorización avanzado: suelos del área cerca de la Chorrera (P5) en Panamá; suelos del Valle del General en Costa Rica (CR12 a CR20); suelos de área cerca a Montúfar vertiente del Atlántico en Guatemala (G21 y G22) y suelos del área al sur de Veracruz (M2 y M8). Estos suelos especialmente alterados se han desarrollado sobre diversos materiales originarios (sedimentarios en su mayoría) en regiones con relieve plano a lomeríos y en bajas altitudes correspondientes a zonas de vida de bosque húmedo tropical (bosque tropical perennifolio, en México); son potencialmente aptos para uso extensivo (excluyendo México del cual no se tiene información).

1. A pesar de que las características determinadas, calculadas y/o supuestas, tienen una deleznable base pedológica, no hay indicios de que los suelos de estas áreas se han alcanzado el último grado de meteorización y sólo se encuentran transiciones hacia este, si seguimos la cronosecuencia del desarrollo de los suelos establecida por Sys (146). Es posible que se encuentren horizontes orgánicos superficiales o epipedones ócricos los cuales yacen sobre horizontes argílicos con una actividad de las arcillas de media a baja y con contenidos bajos de materiales meteorizables; además, es posible encontrar revestimientos de arcilla (clay skins) sobre los agregados.

Van Wambeke (52), Harris, et. al. (59) y Sys (145) concuerdan en afirmar que el último estado de meteorización (oxisol) característico de las antiguas planicies africanas o del escudo brasileño, no se encuentran en Centroamérica; en México se denomina a

los suelos más meteorizados como "ferruginosos".

2. En Mesoamérica se ha usado con criterio poco definido el término "latosol" o afines, para denominar aquellos suelos que se cree son los más alterados porque presentan matices rojizos y algunas características adicionales tales como: pH, ácido, baja saturación de bases, baja C.I.C.

En las clasificaciones que se han utilizado no se han ajustado a la definición modal establecida por Kellogg (74); la nomenclatura difiere asimimso, de la concepción original de "latosol típico". En la taxonomía de estos suelos se ha llegado a un punto en que debe definirse:

a. Hay o no latosoles en Mesoamérica.

b. Es conveniente utilizar el término "latosol" en esta parte del trópico o es necesario adoptar una nomenclatura más acorde con los factores pedogenéticos y las características morfológicas de estos suelos.

Respecto al primer punto, hay indicios de que no hay "latosoles" típicos; la definición de los mismos, establecida para regiones africanas o brasileñas y aún algunas islas del Caribe, tienen una reducida aplicación en Mesoámerica y los integrados conocidos con el nombre de suelos en vías de "laterización, latosolización o ferralitización" son aproximaciones forzosas a los criterios modales anteriormente mencionados.

En cuanto a la segunda interrogación, es obvia la necesidad de definir tales suelos . La séptima aproximación es signo de un progreso real en la ciencia del suelo, en el sentido de que provee unificación de métodos y conceptos según lo dice Duchafour (43).

El proyecto FAO/ONU (52) presenta así mismo una aproximación a la definición más precisa de los suelos del Istmo; si bien las unidades establecidas son provisionales y utilizan en algunos casos los nombres de colores como criterio (obsoleto) de diferenciación, tiene el propósito de presentar un sistema en que agrupa a los suelos por semejanza de propiedades para así facilitar su comprensión.

La nomenclatura propuesta parece acercarse en mayor grado a las características morfogenéticas de los suelos en cuestión, que al uso del término genérico y algunas veces peyorativo de "latosol".

2. PARTE II - Variaciones y relaciones de las propiedades determinadas

Esta segunda parte tiene por objeto cuantificar la variabilidad y estableder relaciones de las propiedades de los denominados "latosoles".

a. Color

Para la mayoría de los pedólogos, el color de los suelos es una de las características más claras; ligeras diferencias relativas en el color de un horizonte en el perfil puede algunas veces ser significativo en la clasificación de los suelos. Pero las variaciones en las medidas visuales del color entre diferentes observadores pueden representar serios errores; Shields et. al. (132) utilizan la "espectoreflectancia" para evitar tan grande variabilidad y aproximarse a las notaciones Munsell (104, 113).

Es conocido el que la hematita y goetita son probablemente dos de los más importantes agentes coloreantes de los suelos llamados "rojos" (129). Sin embargo, el término rojo se aplica ampliamente n en algunos casos a suelos con colores que van desde amarillo anaranjado hasta pardo rojizo.

En los latosoles estudiados no se encontró una relación muy clara entre el contenido de óxidos de hierro y el "matiz" rojizo. Kellog (74) afirma que el color de los latosoles puede o no ser rojizo; aún así, es común en Mesoamérica denominar por el color a unidades de suelos dentro de un mismo grupo (52).

b. Distribución granulométrica

La textura en los suelos es media: van desde francos a franco arcillo limosos, franco limosos, franco arcillosos. En los subsuelos la generalidad es que estos sean arcillosos; el promedio de la relación arcilla subsuelo/arcilla suelo es de 1,9 , lo cual implica un cambio abrupto de textura en los horizontes inferiores.

El valor anteriormente dado puede ser índice de que existen horizontes argilúvicos (incrementos del contenido de arcilla en un 100 % o más en una distancia de 7,5 cms). La movilización del coloide mineral sólo se puede comprobar en el campo con base a los revestimentos de arcilla en los peds (clay skins) y en el laboratorio por medio de secciones delgadas.

1. Variaciones del contenido de arcilla

En el Cuadro Nº 31 se obervan las variaciones del contenido de arcilla: el promedio para los latosoles es de 38,6 % (12,5 a 69,5) y de 61,0 % (29,0 a 81,5) en los subsuelos.

El método utilizado de sedimentación sucesiva (hidrómetro y tamizado) parece ser el más indicado como la afirma Sys (145). Según este autor se hace imposible realizar una dispersión completa de las arcillas después de una peptización, por lo cual el método de la pipeta no es indicado. Este mismo autor hace hincapié en la oxidación de la materia orgánica y el tratamiento con ácidos para así obtener una composición granulométrica detallada.

CUADRO Nº 31 - VARIACION DEL PORCENTAJE DE ARCILLA

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
22.50*	24.00*	64.50	70.50	64.50*	36.50*	18.50	60.00	24.50	66.50	31.00	50.00
26.00	31.00	69.50	64.50	27.00	67.50	39.00	64.00	30.00	74.00	17.50	49.50
47.00	58.00	65.00	52.00	21.50	66.00	32.50	59.50	29.00*	62.00*	26.50	60.05
36.00	46.50	62.50	57.50	21.50	46.50	31.50	75.00	18.00	57.00	59.50	70.00
66.00	74.50	59.50	74.50	39.50*	20.00*	59.50	50.50	57.50	57.00	49.50	78.50
33.50	60.00	61.00	75.00	23.50*	29.00*	38.50	57.50	24.00	76.50	33.50	55.00
		41.50	67.00					12.50	81.50	38.00	68.00
		52.00	72.00					18.00	70.00	36.50*	60.50*
		54.00	5.30					23.50*	28.50*	31.00*	40.00*
		44.00*	60.50*					40.50	66.50	46.00*	47.00*
		31.00*	29.00*					34.50	45.00	14.00*	26.50*
		27.50	53.50					31.50*	22.50*	18.00*	26.50*
		26.50	50.50					20.50*	22.00*		
		41.50	42.50								
		42.50	60.00								
		37.50	60.50								
		26.50	51.50								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras de esta serie de cuadros están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

Es de importancia determinar el contenido de "arcilla natural" (o sea, el porcentaje de arcilla obtenido por agitación con agua destilada), pues se supone que los "oxisoles" sólo tienen trazas de arcilla natural. De la comparación de la anterior con el contenido de arcilla obtenido después de la dispersión se calcula el índice de estructura.

No se encontró correlación entre el contenido de arcilla y la C.I.C.

2. Variaciones del contenido de limo

En muchos casos la fracción limo contiene la mayor parte de los minerales de reserva en el suelo (feldespatos y micas); algunos suelos meteorizados tienen sin embargo contenidos anormalmente altos de limo, ligados a horizontes ricos en sesquióxidos; así también , hay suelos pobres en hierro que frecuentemente tienen acumulaciones de limo. Tales hechos son debidos a seudolimos, los cuales son pequeños agregados de arcillas sostenidos por agentes alumino-ferrugíneo-orgánicos u otros ligantes y son muy estables. Como consecuencia de lo anterior, sino se destruyen los agentes ligantes (hierro principalmente), esta fracción de seudolimos puede considerarse como limo rico en minerales primarios, dando así resultados erróneos (37).

Este tipo de agregación, especialmente el obtenido por ligantes minerales, se encuentran aún en la fracción arena. El Cuadro Nº 32 presenta las variaciones del contenido de limo por países; el promedio para todos los latosoles es de 36,97 % (43,50 a 56,50) en los suelos y 28,82 % (19,00 a 12,50) en los subsuelos.

CUADRO Nº 32 - VARIACION DEL PORCENTAJE DE LIMO

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
48.50*	38.50*	27.50	27.00	14.50*	23.50*	25.50	15.50	50.50	27.00	31.50	32.00
37.50	40.00	27.00	28.50	42.00	22.50	42.50	26.50	52.50	17.50	30.00	18.50
40.50	30.50	26.50	31.50	46.50	27.50	47.00	39.00	52.50*	28.50*	45.00	24.50
27.00	20.50	28.00	28.50	56.00	40.50	41.00	30.50	41.50	27.00	37.00	26.50
56.50	37.50	25.50	17.50	48.50*	43.00*	22.50	13.00	21.50	23.00	37.00	17.00
		27.50	20.50	57.00*	48.00*	31.50	28.00	37.50	12.00	26.50	18.00
		39.00	26.00					24.00	15.00	25.50	15.50
		26.00	18.00					36.00	25.50	42.50	26.50*
		34.50	42.50					38.00*	51.00*	47.00	39.00*
		40.00*	34.00*					19.00	14.00	41.00	30.50*
		36.50*	51.50*					46.00	35.00	22.50	13.00*
		56.00	39.00					31.00*	34.00*	31.50	28.00*
		51.50	38.00					31.00*	28.00*		
		40.00	43.50								
		40.50	25.50								
		38.00	22.50								
		46.50	30.50								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

No se sabe que porcentaje de esta fracción sea seudolimo. La relación limo/arcilla tiene un promedio para los suelos de 1,34 (0,37 a 2,60) y 0,52 (0,16 a 1,29) para los subsuelos. Ninguno de los subsuelos tiene una relación menor o igual al valor crítico de 0,15 establecido por Van Wambeke (159).

Además el uso de este índice es restringido pues no se tiene certeza del mineral arcilloso predominante y probablemente se presentan horizontes B texturales o argílicos; el índice debe usarse en relación con la cantidad de minerales meteorizados y el tipo de estructura.

Mohr (99) afirma que aunque se presenta un ligero aumento de la arcilla con la profundidad, se puede concluir que existe una considerable uniformidad textural con la profundidad en los suelos lateríticos de diferente origen, aunque la homogeneidad no es absoluta; el aumento de la arcilla puede deberse a iluviación.

En los perfiles estudiados es poco probable hallar uniformidad textural; las relaciones arcilla suelo/arcilla subsuelo prueban lo contrario, puesto que un 89 % de las muestras tienen relaciones mayores a 1,0 ; un 58 % mayores a 1,5 y 29 % mayores a 2,0.

3. Variaciones del contenido de arena

Es muy amplio el intervalo de variación respecto al contenido de arenas (Cuadro Nº 33); tal fluctuación tiene como posible causa la heterogeneidad de los materiales originarios; el promedio es de 24,39 (3,50 a 63,50) en los suelos y 12,50 (2,50 a 50,00) en los subsuelos. No se hicieron observaciones al microscopio, ni pruebas para determinar la cantidad relativa de materiales meteorizables.

CUADRO Nº 33 - VARIACION DEL PORCENTAJE DE ARENA

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
29.00*	37.50*	8.00	2.50	21.00*	40.00*	39.50	10.50	25.00	6.50	37.50	18.00
36.50	30.00	3.50	7.00	31.00	10.00	18.50	7.50	17.50	8.50	52.50	33.00
17.50	17.00	8.50	16.50	32.00	6.50	31.00	6.50	18.50*	9.50*	28.50	15.50
23.50	23.00	9.50	14.00	22.50	13.00	37.50	3.50	40.50	16.00	3.50	3.50
7.00	5.00	15.00	8.00	12.00*	37.00*	18.00	20.50	21.00	20.00	13.50	4.50
10.00	2.50	11.50	4.50	19.50*	23.00*	13.50	38.50	38.50	11.50	40.00	27.00
		19.50	7.00					63.50	3.50	36.50	16.50
		22.00	10.00					46.00	4.50	21.00*	13.00*
		11.50	4.50					38.50*	22.50*	22.00*	21.00*
		16.00*	5.50*					40.50	19.50	13.00*	22.50*
		32.50*	19.50*					19.50	19.00	63.50*	60.50*
		13.50	7.50					37.50*	45.50*	50.50*	45.50*
		22.00	11.50					48.50*	50.00*		
		18.50	15.00								
		17.00	14.50								
		24.50	17.00								
		28.00	18.00								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

c. Complejo de adsorción

1. Variaciones de la capacidad de intercambio catiónico.

La falta de análisis mineralógico hace difícil la interpretación de los resultados de la C.I.C.

Anteriormente, se mencionó el por qué de las altas C.I.C. determinadas con acetato de amonio neutro y normal, comparada con la matizada al pH nativo del suelo.

Bornemisza y Fuentes (15) afirman que los altos valores de la C.I.C. encontrados en algunos suelos de Costa Rica son probablemente debidos a la adsorción física del acetato en el material amorfo presente y/o en los sesquióxidos libres; los mismos autores proponen el uso del $CaCl_2$ en la determinación de la C.I.C., método que da valores más bajos los cuales se acercan a la suma de los cationes, aluminio e hidrógeno.

La variación de la C.I.C. en cada uno de los países se puede observar en el Cuadro Nº 34. El promedio para todos los suelos es de 31,60 meq (11,48 a 53,86) y 29,10 meq (13,04 a 60,77) en los subsuelos.

Los valores más bajos se encuentran en Panamá (áreas de Pacora - P2 - y Cerro Azul - P4 -); en Costa Rica (valle de San Isidro del General); en Guatemala (suelos de la Vertiente del Atlántico - G21 y G22); y en México (área al sur de Veracruz - M1 y M2 - y en el área de Villahermosa - M8 y M9 -).

De acuerdo al cálculo de la C.I.C./100 gr de arcilla (en la suposición que la materia orgánica tiene una C.I.C. de 200 meq/100 gr, que el limo y la arena no tienen C.I.C. y que el % arcilla es

CUADRO Nº 34 - VARIACIONES DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (meq/100 gr)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
27.12*	24.78*	21.12	16.30	67.29*	60.24*	34.22	37.03	42.77	35.21	18.52	25.30
11.48	14.60	27.00	13.95	38.07	34.16	38.08	40.42	35.47	29.73	11.74	13.82
26.34	25.30	27.25	21.90	53.20	60.77	31.82	47.99	34.16*	28.69*	44.73	51.63
14.87	14.08	32.20	17.73	47.99	46.42	33.38	44.08	37.03	33.38	41.60	29.99
21.39	15.13	28.69	14.74	56.33*	68.33*	44.34	46.94	32.86	27.90	36.51	29.42
28.17	28.43	27.38	13.04	58.94*	50.86*	50.07	53.20	37.03	33.90	18.26	17.73
		30.77	14.34					15.85	30.51	21.28	23.68
		30.51	16.30					23.99	29.73	36.93*	32.13*
		27.00	18.78					28.95*	34.95*	42.98*	33.12*
		29.86*	26.86*					22.17	19.23	39.64*	32.34*
		40.03*	29.21*					16.95	15.65	12.00*	11.66*
		32.86	30.25					27.91*	17.21*	23.37*	20.45*
		36.25	30.77					27.25*	26.99*		
		53.86	43.34								
		35.33	37.82								
		34.30	23.08								
		47.20	35.73								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

correcto) sólo los perfiles CR12, CR13, CR15, CR16, CR17 y P5 tienen valores menores a 20 meq; tales suelos se consideran como los más meteorizados (Cuadro No 34A). Los altos valores de C.I.C. pueden deberse principalmente a materiales alofánicos tal como la comprobó Martini (91) en suelos de Panamá. En el presente trabajo no se encontró correlación entre la C.I.C. y el contenido de arcilla; ni entre la C.I.C. y el contenido de materia orgánica.

2. Indice de meteorización

Este índice se refiere a la relación entre la C.I.C./100 gr de arcilla y el porcentaje de arcilla; el desarrollo del concepto de este índice es debido a Martini (91).

La C.I.C. de los suelos es uno de los indicadores del grado de meteorización puesto que está relacionado a la evolución mineralógica de las arcillas del suelo a través del tiempo. Sin embargo la C.I.C. expresada de tal manera es sólo función de las cargas negativas presentes en los constituyentes más activos del suelo y no toma en consideración la cantidad actual de sitios de intercambio. Puesto que la C.I.C. expresada en meq/100 gr es un coeficiente de capacidad de intercambio el cual está relacionado con la o con las clases de intercambiadores, puede dividirse asi mismo por la cantidad de sitios de intercambio o porcentaje de arcilla para obtener un valor en meq por unidad de peso del intercambiador. Valores menores de 1 índican suelos que han estado sujetos a intensa meteorización.

CUADRO Nº 34 a - VARIACIONES DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

(meq/100 gr de arcilla - calculada)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
3,44 *	94,42 *	9,71	11,46	90,90 *	161,92 *	125,62	51,88	125,10	45,23	38,58	44,32
0,46	42,32	16,60	12,05	98,33	44,65	75,08	58,75	83,30	37,64	2,74	23,88
0,49	40,52	19,74	32,54	210,51	88,02	82,65	76,82	78,97 *	140,09 *	135,43	83,08
9,31	26,06	16,93	15,25	156,42	81,12	91,56	55,76	136,50	57,02	52,34	40,36
2,53	14,24	17,93	12,43	126,30 *	323,55 *	60,94	90,57	36,42	44,84	48,30	34,06
4,00	44,82	13,02	8,99	187,83 *	146,48 *	111,17	86,68	99,54	50,82	19,28	27,84
		25,28	7,31					78.16	134,93	29,21	29,71
		24,75	17,25					70,72	35,39	71,04 *	46,76 *
		24,63	30,94					120,89 *	121,92 *	118,65 *	79,80 *
		32,18 *	36,17 *					22,00	21,07	69,87 *	63,96 *
		36,16 *	85,07 *					70,78	29,22	37,86 *	41,28 *
		67,64	46,56					78,83 *	72,04 *	108,28 *	71,58 *
		75,81	51,94					111,46 *	118,68 *		
		105,88	99,62								
		53,81	58,13								
		62,51	42,49								
		111,55	65,73								

No son latosiles.-

En el Cuadro Nº 35 se observan los valores del índice de meteorización "Iw". El promedio para los "latosoles" es de 2,28 (0,15 a 9,79) en los suelos y 0,76 (0,11 a 2,34) para los subsuelos. El 44.' % de los suelos y el 78,? % de los subsuelos tienen valores inferiores a 1. Los suelos más intensamente meteorizados, según el índice, estarían localizados en regiones aledañas a Cerro Azul y Chorrera (P3, P4 y P5) en Panamá; los suelos del Valle de San Isidro del General (CR12 a CR20) en Costa Rica; los suelos de las áreas cerca de Montufar en la Vertiente del Atlántico de Guatemala (G21 y G22); como los situados en la planicie costera interior entre Champerico y Retalhuleu (G12) en la vertiente del Pacífico del mismo país.

En México los suelos más meteorizados serían los situados al sur de Veracruz (cerca a Villa Azueta (M2); además los localizados entre Catemaco y Acayucan (M6 y M7) y en los alrededores de Villahermosa (M8 y M9). Debe señalarse el hecho de que si bien el índice es inferior al señalado como crítico o sea 1.0 puede indicar cierto grado de meteorización, ello no implica que sean "oxisoles" aunque pueden ser integrados hacia estos.

El método usado para calcular el porcentaje de arcilla incluye no sólo arcillas finas sino aquellas de mayor tamaño. La suposición de que la materia orgánica tiene 200 meq/100 gr puede conducir a errores. Greene (55) presenta resultados obtenidos por Endredy y Montgomery los cuales afirman que la C.I.C. de la materia orgánica varía grandemente; para un oxisol determinaron valores de 127 meq/100 de carbón a una profundidad de 0 a 3 pulgadas; 117 meq de 3 a 9 pulgadas; 85 meq de 9 a 22 pulgadas y 0 meq de 22 a 47 pulgadas.

CUADRO Nº 35 - INDICE DE METEORIZACION "Iw" (C.I.C./100 gr arcilla/% de arcilla)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
3.93*	3.93*	0.15	0.16	1.41*	4.44*	6.79	0.86	5.11	0.68	1.24	0.87
1.94	1.37	0.24	0.19	3.64	0.66	1.93	0.42	2.84	0.51	0.16	0.48
0.63	0.70	0.30	0.63	9.79	1.34	2.54	1.29	2.72*	0.66*	5.11	1.38
0.26	0.56	0.27	0.27	7.28	1.74	2.91	0.74	7.58	1.00	0.88	0.58
0.19	0.19	0.30	0.17	3.20*	16.18*	1.02	1.79	0.63	0.79	0.98	0.43
1.61	0.75	0.21	0.12	7.99*	5.05*	2.89	1.51	4.15	0.66	0.58	0.51
		0.61	0.11					6.25	0.43	0.77	0.44
		0.48	0.24					3.93	0.51	1.95*	0.77*
		0.46	0.58					5.14*	4.27*	3.83*	2.00*
		0.73*	0.60*					0.54	0.32	1.52*	0.14*
		1.17*	2.93*					0.60	0.65	2.70*	1.56*
		2.46	0.87					2.50*	3.20*	6.02*	2.70*
		2.86	1.03					5.44*	5.39*		
		2.55	2.34								
		1.27	0.97								
		1.67	0.70								
		4.21	1.28								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

3. Variaciones del contenido de calcio

El Cuadro Nº 36 muestra las variaciones del contenido de calcio; el promedio es de 4,66 meq (0,10 a 17,47) en los suelos y 3,18 meq (0,03 a 19,46) en los subsuelos. Los materiales volcánicos básicos influencian de manera especial en el contenido de los cationes cambiables; esto es notorio en los llamados "latosoles" en Nicaragua, El Salvador, Costa Rica (Meseta Central) y en los de sabana en México. Sólo este hecho daría lugar a cambios de nomenclatura de tales suelos.

En el conjunto, los suelos más lixiviados con respedto al calcio, son los del Valle de San Isidro del General en Costa Rica.

Los contenidos de calcio son algo mayores que los del magnesio. En las figuras 3 y 4 se observan las curvas de regresión y los coeficientes "R" para los suelos y subsuelos respectivamente, de la relación entre el calcio cambiable y el aluminio extraíble. El porcentaje de asociación es medio (59,91 %) para los suelos y bajo para los subsuelos (16,56 %).

El contenido mínimo de aluminio extraíble se presenta con 8,73 meq de calcio para los suelos (primera y segunda derivada de la ecuación) y con 23,50 meq de calcio en los subsuelos. La anterior tiene estrecha relación con el pH; es posible que el pH esté en función del contenido de aluminio cambiable en el suelo o por el contrario, que la solubilidad del aluminio es una función del pH de la solución del suelo (120).

CUADRO Nº 36 - VARIACIONES DEL CONTENIDO DE CALCIO (meq/100 gr)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
10.92*	8.42*	0.19	0.14	29.00*	24.60*	8.00	9.20	10.30	2.65	1.10	0.23
0.22	0.05	0.10	0.06	9.05	3.74	10.29	5.93	4.21	2.50	3.46	0.94
4.52	0.34	0.14	0.08	17.47	19.96	7.49	11.07	8.42*	3.12*	10.00	9.00
0.16	0.03	0.11	0.18	15.91	9.05	7.49	8.11	6.40	2.81	5.30	1.17
0.62	0.17	2.16	0.15	21.00*	22.00*	6.24	6.86	6.55	3.12	7.80	1.34
9.98	3.84	0.44	0.12	21.00*	19.75*	10.60	9.36	4.21	2.34	4.15	1.65
		2.01	0.22					2.90	2.46	2.90	0.51
		0.22	0.08					3.59	2.40	7.95*	4.99*
		1.39	0.41					7.80*	6.55*	7.00*	7.00*
		2.71*	0.78*					0.95	0.70	7.64*	6.20*
		1.75*	0.22*					14.30	0.36	4.21*	3.46*
		1.78	0.53					11.54*	18.40*	11.70*	3.34*
		2.81	0.50					16.00*	12.70*		
		10.90	10.30								
		4.49	2.31								
		4.62	1.95								
		4.09	4.09								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

El encalado de horizontes superficiales en suelos muy ácidos conlleva teóricamente la aplicación de grandes cantidades de correctivos; hay indicios de que ello no es ventajoso principalmente por el desbalance nutricional (124). El aluminio extraíble presenta mayores contenidos en los subsuelos y para alcanzar un pH adecuado se requeriría mayor cantidad de cal que la necesaria en los suelos , tal como lo sugiere el mínimo de la curva (Figuras 3 y 4).

Sombroek (140) afirma que un ligero aumento en el pH es probablemente suficiente para eliminar los efectos desfavorables del aluminio.

Popenoe (120) informa de tendencias (hiperbólicas) similares en algunos suelos de Guatemala; Dixon (39) encontró que la relación entre el calcio cambiable y el aluminio cambiable era de tendencia rectilínea.

La relación del calcio con otras propiedades se verán más adelante en la matriz de correlaciones.

El método de determinación de los cationes por medio del espectofotómetro de adsorción atómica tiene las ventajas consecuentes a la rapidez con que se efectuan los análisis. Breland (22) realizó pruebas para determinar la estabilidad del instrumento y reproductividad de datos; no se encontraron dificultades respecto a la estabilidad y el porcentaje de variación en la determinación de repeticiones de calcio no excedieron del 5 % con respecto al promedio; se encontró interferencia en los análisis del calcio a causa de fosfatos , aluminio, sílice y sulfatos.

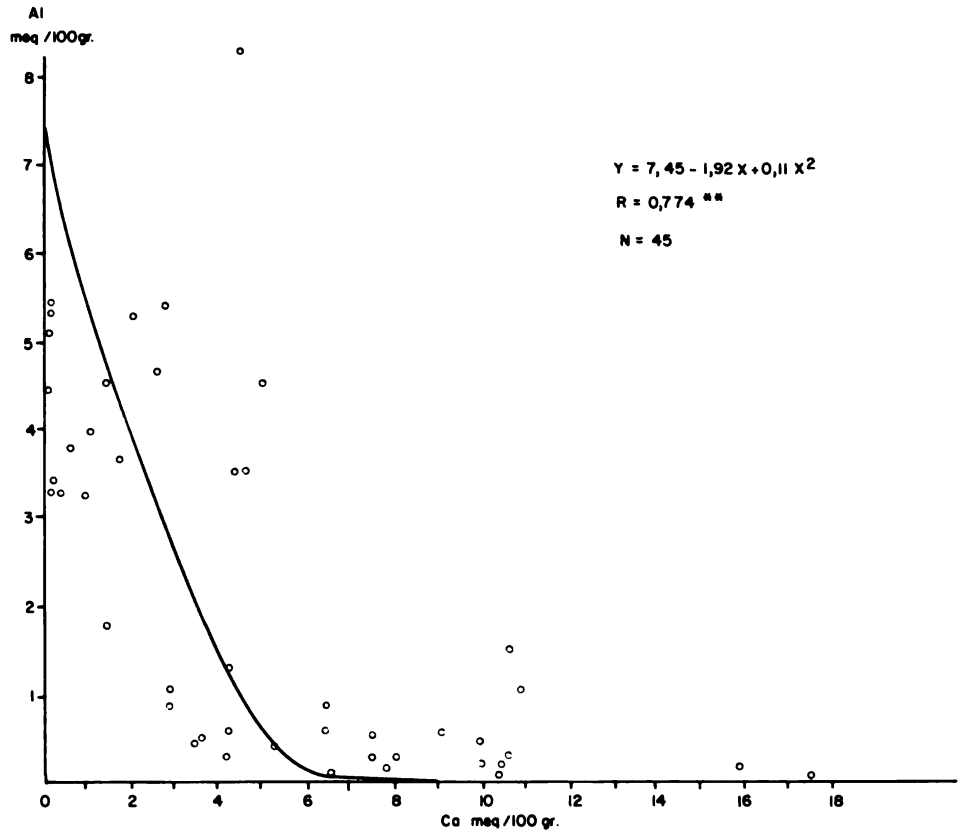


Fig. 3 Relación entre el aluminio extraíble y el calcio cambiable en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

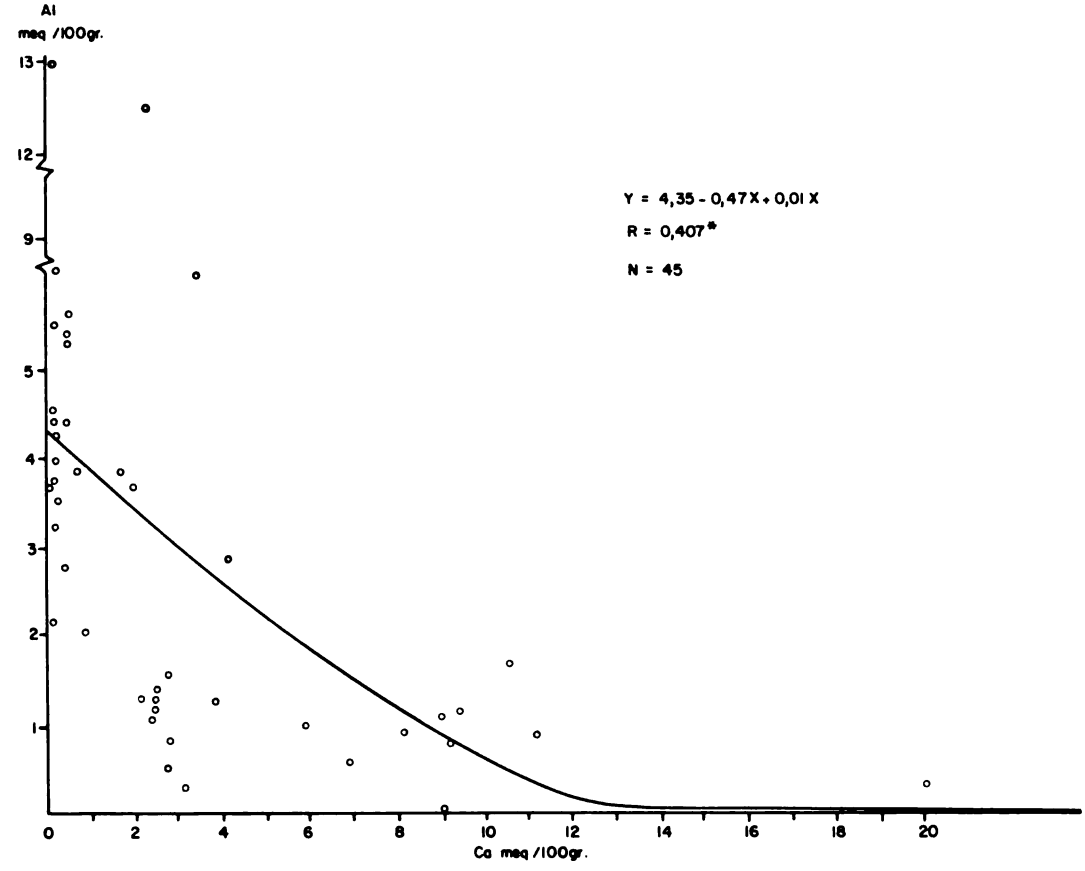


Fig. 4 Relación entre el aluminio extraíble y el calcio cambiable en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

4. Variaciones del contenido de magnesio

La variación del contenido de magnesio se puede observar en el Cuadro Nº 37. Este catión sigue un patrón similar al del calcio aunque en algunas muestras lo supera en el complejo de cambio (P4, P5, ES17, M1, M5, M6 especialmente). El promedio para los suelos es de 2,94 meq (0,03 a 10,12) y 2,26 meq (0,03 a 13,48) en los subsuelos. Los suelos más lixiviados en calcio lo son en magnesio, siguiendo el aserto de Becket (8) y corresponden de manera general a aquellos con baja C.I.C. como lo establecieron Elgababy y Wiklander (45) y Venema (154).

5. Variaciones del contenido de potasio

El potasio presenta contenidos medios a bajos (Cuadro Nº 38); son particularmente bajos aquellos suelos desarrollados a partir de materiales sedimentarios sometidos a intensa meteorización. Los de origen volcánicos tienen, en general, un contenido un poco mayor tal como lo observó Suárez (144); si bien el potasio intercambiable no es característico para ningún grupo de suelos según el antedicho autor, los andosoles presentaban los niveles más altos y los latosoles los más bajos. En conjunto, los vertisoles (N7, N11 y N12), aluvial (P1) y los llamados "podsoles" (M10, M11, M12) tienen valores un poco mayores. El promedio del contenido de potasio en los latosoles es de 0,54 meq (0,02 a 3,74) en los suelos y 0,22 meq (0,02 a 1,06) en los subsuelos.

Si a la deficiencia de potasio, se suma la de boro, la fertilización con una sal de potasio puede causar decrecimiento en la cosecha lo cual se explica por el antagonismo entre el

CUADRO Nº 37 - VARIACIONES DEL CONTENIDO DE MAGNESIO meq/100 gr

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
7.52*	7.10*	0.07	0.05	20.60*	20.60*	4.93	5.25	4.84	1.55	1.23	0.72
0.27	0.04	0.08	0.03	5.45*	3.91	4.42	3.70	2.26	1.34	2.05	0.93
2.67	0.72	0.06	0.03	6.78	10.28	3.90	5.88	3.60*	1.23*	10.12	13.98
0.29	0.16	0.12	0.05	6.78	4.63	3.62	5.26	2.16	1.93	8.33	4.52
1.29	0.15	1.44	0.12	13.32*	16.45*	6.99	8.22	3.08	1.55	7.15	2.78
6.12	3.91	0.03	0.05	10.28*	8.27*	5.96	4.42	2.16	1.03	3.60	0.79
		0.93	0.09					0.64	0.82	1.85	0.06
		0.21	0.09					1.44	0.47	5.96*	4.73*
		0.72	0.15					11.21*	16.97*	6.99*	6.50*
		1.13*	0.07*					0.26	0.16	6.41*	6.25*
		1.02*	2.96*					0.47	0.29	1.89*	2.30*
		1.13	0.18					11.51*	12.34*	8.33*	4.01
		0.56	0.07					10.28*	15.42*		
		6.69	8.33								
		3.45	1.85								
		3.08	0.12								
		2.47	1.21								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

CUADRO Nº 38 - VARIACIONES DEL CONTENIDO DE POTASIO (meq/100 gr)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
0.75*	0.10*	0.13	0.08	0.35*	0.22*	0.66	0.10	3.74	0.83	0.21	0.05
0.07	0.02	0.44	0.03	0.73	0.22	0.10	0.08	0.48	0.74	0.16	0.03
0.19	0.03	0.13	0.04	2.43	0.58	0.66	0.46	1.25*	0.35*	0.28	0.10
0.08	0.04	0.19	0.07	1.25	0.83	0.90	0.31	0.73	0.68	0.16	0.03
0.22	0.04	0.54	0.20	1.18*	0.29*	1.53	0.65	0.99	0.29	0.22	0.06
0.12	0.04	0.18	0.06	3.47*	1.14*	1.98	1.06	0.54	0.07	0.13	0.04
		0.29	0.05					0.37	0.45	0.13	0.03
		0.08	0.03					0.58	0.04	0.78*	0.20*
		0.22	0.07					0.24*	0.18*	1.25*	0.90
		0.22*	0.08*					0.19	0.07*	0.75*	0.67
		0.21*	0.12*					0.13	0.07*	0.18*	0.06
		0.16	0.09					0.53*	0.17*	0.18*	0.05*
		0.37	0.36					0.30*	0.10*		
		0.30	0.13								
		0.73	0.35								
		0.34	0.05								
		0.36	0.08								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

potasio y el boro; la deficiencia de boro afecta la zona cortical y causa desarreglos vasculares. Anteriormente, se mencionó el hecho de que si la C.I.C. es baja, los cationes monovalentes son más fuertemente adsorbidos. El incremento gradual de lavado de calcio y magnesio causa disminución del pH y reducción del lavado de los cationes monovalentes dando relaciones $\frac{R^{++}}{R^{+}}$ más bajas (154).

Las adiciones de $CaCO_3$ a suelos ácidos puede aumentar las cantidades de potasio fijado en forma no cambiable (28); Suárez (144) anota una reducción significativa del potasio intercambiable en suelos bajo condiciones tropicales.

6. Variaciones del porcentaje de saturación

El porcentaje de saturación presenta fluctuaciones muy amplias; el promedio es de 24,06 % (1,21 a 57,76) en los suelos y 14,48 % (0,68 a 50,72) en los subsuelos (Cuadro Nº 39).

Una vez más, se presenta el hecho de que los suelos más lavados están las áreas cerca de Pacora, Cerro Azul y Chorrera en Panamá (P2, P4 y P5); los suelos del Valle de San Isidro del General en Costa Rica (CR12 a CR20); los suelos del área de Montufar (G21 y G22) en la vertiente del Atlántico y en la planicie costera del Pacífico (G12) en Guatemala y las áreas al sur de Veracruz (M9) en México.

En general los suelos desarrollados sobre materiales volcánicos básicos presentan una saturación de bases mayor que aquellos desarrollados sobre sedimentos. Sombroek (140) anota lo sugerido por Coleman en el sentido de que el porcentaje de saturación calculado sobre la base de la capacidad de cambio activa (suma de bases más el aluminio cambiable) es de más valor para el estudio de

CUADRO Nº 39 - VARIACIONES DEL PORCENTAJE DE SATURACION DE BASES

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
68.88*	63.03*	1.85	1.66	73.94*	75.40*	39.71	39.29	44.14	14.29	13.71	3.95
4.88	0.75	2.30	0.86	40.00	23.05	38.89	24.02	19.59	15.41	48.30	13.75
28.02	4.31	1.21	0.68	50.15	50.72	37.87	36.28	38.87*	16.38*	45.61	44.70
3.56	1.63	1.30	1.69	48.84	31.26	35.98	31.03	25.09	16.24	33.15	19.07
9.96	2.38	14.43	3.19	63.02*	56.70*	33.29	33.51	32.32	17.78	41.55	14.21
57.76	27.40	2.37	1.76	58.96	57.33*	37.03	27.89	18.66	8.62	43.15	13.99
		10.58	2.51					24.98	12.23	22.93	2.53
		1.67	1.23					23.38	9.79	39.78*	30.87*
		8.63	3.35					66.49*	67.81*	35.46*	43.48*
		13.60*	3.46*					6.31	4.83	37.34*	40.57*
		8.69*	11.30*					12.49	4.60	52.33*	36.19*
		9.34	2.64					84.49*	179.60*	86.48*	36.19*
		10.32	3.02					97.54*	104.56*		
		33.22	43.29								
		24.54	11.92								
		22.59	9.19								
		16.57	15.06								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

las características químicas en relación al crecimiento de las plantas, que la calculada en base a la C.I.C. potencial (C.I.C. meq/ 100 gr de suelo). Las relaciones del porcentaje de saturación con el pH, calcio y aluminio extraíble se podrán observar más adelante.

7. Variaciónes de la relación calcio/magnesio

Las variaciones de la relación Ca^{++}/Mg^{++} se observan en el Cuadro Nº 40; el promedio para los suelos es de 2,2 (0,5 a 14,7) y 2,4 (0,1 a 16,3) para los subsuelos; el óptimo establecido para regiones tropicales es de 4,0 (57), pero parece que esta relación es diferente para cada tipo de cultivo; así Loue (85) afirma que las relaciones Ca^{++}/Mg^{++} para arroz deben estar cerca de 1,0 . Otros autores (76) han encontrado que hay tendencia a un crecimiento pobre cuando la relación Ca^{++}/Mg^{++} es menor a 1,0.

Higashi (60) informa que en suelos fuertemente ácidos el magnesio es comparativamente alto y generalmente excede la proporción de calcio. Otros autores (165) han hallado que hay un a aumento de la relación Ca^{++}/Mg^{++} con la profundidad, lo cual es especialmente notorio en suelos aluviales.

En el presente estudio no hay una distribución definida con la profundidad aunque aparentemente la relación es mayor en los subsuelos. Hay teorías opuestas en cuanto a la remoción del calcio o del magnesio. Greene (55) afirma que el calcio es removido más fácilmente que el magnesio; Becket (8) por el contrario sugiere que el magnesio cambiable es retenido menos fuertemente que el calcio cambiable.

CUADRO Nº 40 - VARIACIONES DE LA RELACION DE CALCIO/MAGNESIO

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
1.5*	1.2*	2.7	2.8	1.4*	1.2*	1.6	1.8	2.1	1.7	0.9	0.3
0.8	1.3	1.3	2.0	1.7	1.0	2.3	1.6	1.9	1.9	1.7	1.0
1.7	0.5	2.3	2.7	2.6	1.9	1.9	1.9	2.3*	2.5*	1.0	0.6
0.5	0.2	0.9	3.6	2.4	2.1	2.1	1.5	3.0	1.5	0.6	0.3
0.5	1.1	1.5	1.3	1.6*	1.3*	0.9	0.8	2.1	2.0	1.1	0.5
1.6	1.0	14.7	2.4	2.0*	2.4*	1.8	2.1	2.0	2.3	1.2	2.1
		2.2	2.4					4.5	3.0	1.6	8.5
		1.1	1.0					2.5	5.1	1.3*	1.1*
		1.9	2.7					0.7*	0.4*	1.0*	1.1*
		2.4*	11.1*					3.7	4.4	1.2*	1.0*
		1.7*	0.1*					3.0	1.2	2.2*	1.5*
		1.6	2.9					1.0*	1.5*	1.4*	0.8*
		5.0	7.1					1.6*	0.8*		
		1.6	1.2								
		1.3	1.3								
		1.5	16.3								
		2.0	3.4								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mis o que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

8. Variaciones de la relación calcio/potasio

La variación de la relación Ca^{++}/K^{++} es muy amplia (Cuadro Nº 41) el promedio para los suelos es de 14,6 (0,2 a 102,9) y 22,3 (0,8 a 96,0) para los subsuelos.

En general los suelos con más baja C.I.C. tienen relaciones más bajas como se ha explicado anteriormente (154). La relación varía considerablemente en los diferentes suelos a similares pH. Pierre (114) encontró que conforme los suelos se volvían más ácidos la relación K^{+}/Ca^{++} disminuía.

9. Variaciones de la relación magnesio/potasio

Fluctuaciones tan amplias como la relación anterior se presentan en la relación Mg^{++}/K^{+} (Cuadro Nº 42). El promedio para los suelos es de 9,9 (0,2 a 52,1) y 19,3 (0,2 a 150,7) para los subsuelos. Hay cierta tendencia a que la relación sea más estrecha cuando la C.I.C. es baja. Los "latosoles" desarrollados sobre materiales volcánicos tienen relaciones más altas que los de origen sedimentarios. A pesar de que el promedio para los suelos está cerca del valor considerado como óptimo 8,0 , la desviación es muy amplia para establecer que hay un adecuado balance de estos cationes en los llamados "latosoles".

10. Variaciones de la relación cationes divalentes/monovalentes.

Anteriormente se ha mencionado (154) que una alta C.I.C. (alrededor de 30-40 meq/100 gr) causa el que los cationes divalentes sean más fuertemente adsorbidos por el complejo coloidal que los monovalentes; tal aserto es comprobado de manera general en

CUADRO Nº 41 - VARIACIONES DE LA RELACION CALCIO/POTASIO

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
43.7*	84.2*	1.5	1.8	83.1*	111.8*	12.1	92.0	2.8	3.1	5.2	4.6
3.1	2.5	0.2	2.0	12.4	17.0	102.9	74.1	8.8	3.4	21.6	31.3
23.8	11.3	1.1	2.0	7.2	34.4	11.4	24.1	6.7*	8.9*	35.7	90.0
2.0	0.8	0.6	2.6	12.7	10.9	8.3	26.2	8.8	4.1	33.1	39.0
2.8	4.3	4.0	0.8	17.8*	75.9*	4.1	10.6	6.6	10.8	35.5	22.3
83.1	96.0	2.4	2.0	6.1*	17.3*	5.4	8.8	7.8	33.4	31.9	41.3
		6.9	4.4					7.8	5.5	22.3	17.0
		2.8	2.7					6.2	60.0	10.2*	25.0*
		6.3	5.9					32.5*	36.4*	5.6*	7.8*
		12.3*	9.8*					5.0	10.0	10.2*	0.3*
		2.5*	1.8*					11.0	5.1	23.4*	57.7*
		11.1	5.9					21.8*	108.2*	65.0*	66.8*
		7.6	1.4					53.3*	127.0*		
		36.3	79.2								
		6.1	6.6								
		13.6	39.0								
		13.9	51.1								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

CUADRO Nº 42 - VARIACIONES DE LA RELACION MAGNESIO/POTASIO

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
30.0*	71.0*	0.5	0.6	58.9*	93.6*	7.5	52.5	1.3	1.9	5.9	14.4
3.9	2.0	0.2	1.0	7.5	17.8	44.2	45.3	4.7	1.8	12.8	31.0
14.1	24.0	2.5	0.8	2.8	17.7	5.9	12.8	2.9*	3.5*	36.1	139.8
3.6	4.0	0.6	0.7	5.4	5.6	4.0	17.0	3.0	2.8	52.0	150.7
5.9	3.8	2.7	0.6	11.3*	56.7*	4.6	12.7	3.1	5.3	32.5	46.3
51.4	97.8	0.2	0.8	3.0*	7.3*	3.0	4.2	4.0	14.7	27.7	19.8
		8.1	1.8					1.7	1.8	14.2	2.0
		2.4	3.0					2.5	11.3	7.6*	23.7*
		3.3	2.1					46.7*	94.3*	5.6*	6.2*
		5.1*	0.9*					1.4	2.3	8.6*	9.3*
		1.4*	24.7*					3.6	4.1	10.5*	38.3*
		7.1	2.0					21.7*	72.6*	46.3*	80.2*
		1.5	0.2					34.3*	154.2*		
		22.3	64.1								
		4.7	5.3								
		9.1	2.4								
		6.9	15.1								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

el Cuadro Nº 42; el promedio para los suelos es de 24,3 (0,4 a 147,1) y 45,1 (1,4 a 229,8) para los subsuelos (Cuadro Nº 43). El valor óptimo se considera como 40,0.

En los suelos con alta C.I.C. (especialmente aquelos desarrollados sobre materiales volcánicos) la relación cationes divalentes a monovalentes es relativamente alta; por ejemplo, los "latosoles" CR25, CR26, CR28, N8, N9, N10, ES4, ES14, ES15, M5, M6, y M7; los "podzoles" M10, M11 y M12 en México, son una excepción porque contienen ortoclasa en el material de origen (1). La heterogeneidad de los resultados no permite generalizaciones respecto al desbalance nutritivo de los "latosoles" estudiados.

d. Otras características químicas

1. Variaciones del contenido de materia orgánica

Del contenido de materia orgánica es una de las características de la cual se tiene mayor información en regiones tropicales.

En el Cuadro Nº 44 se observan las variaciones de la materia orgánica para los latosoles; el promedio es de 5,99 % (2,27 a 10,81) para los suelos y 1,79 % (0,44 a 4,72) en los subsuelos.

Los resultados coinciden con los de otros autores (139) los cuales mencionan que el contenido de materia orgánica es relativamente alto sobre un amplio espectro de pluviosidad. El decrecimiento de la materia orgánica con la profundidad es un hecho muy conocido; según Jewitt (72) la descontinuidad del contenido de materia orgánica en los perfiles son debidos principalmente a la variación del desarrollo radicular en horizontes de diferente textura. El cálculo del contenido de materia orgánica a partir del porcentaje

CUADRO Nº 43 - VARIACIONES DE LA RELACION DE $\frac{Ca + Mg}{K}$

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
73.7*	155.2*	2.0	2.4	140.5*	205.5*	19.6	144.5	4.1	5.1	11.1	19.0
7.0	4.5	0.4	3.0	19.9	34.8	147.1	120.4	13.5	5.2	34.4	62.3
37.8	35.3	1.5	2.8	10.0	52.1	17.3	36.9	9.6*	12.4*	71.9	229.8
5.6	4.8	1.2	3.3	18.2	16.5	12.3	43.1	11.7	7.0	85.2	189.7
8.7	8.0	6.7	1.4	29.1*	132.6*	8.7	23.2	9.7	16.1	68.0	68.7
134.6	193.8	2.6	2.8	9.0*	24.6*	8.4	13.0	11.8	48.1	59.6	61.0
		10.1	6.2					9.6	7.3	36.5	19.0
		5.4	5.7					8.7	71.8	17.8*	48.6*
		9.6	8.0					79.2*	130.1*	11.1*	15.0*
		17.5*	10.6*					6.4	12.3	18.7*	18.6*
		3.9*	26.5*					14.6	9.3	33.9*	96.0*
		18.2	7.9					43.5*	180.9*	111.3*	147.0*
		9.1	1.6					87.6*	281.2*		
		58.6	143.3								
		10.9	11.9								
		22.7	41.4								
		20.7	66.3								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que en los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

CUADRO Nº 44 - VARIACIONES DEL PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
3.61*	1.06*	7.43	4.11	4.33*	0.57*	5.49	2.95	6.06	2.55	3.28	1.57
2.79	0.74	7.73	3.09	5.76	2.01	4.36	1.41	5.09	0.94	5.63	1.00
6.24	0.90	7.21	2.49	3.97	1.34	2.48	1.14	5.63*	1.61	4.42	0.87
5.76	0.98	10.81	4.48	7.18	4.35	2.27	1.13	6.23	0.44	5.23	0.87
2.56	2.26	9.01	2.74	3.22*	1.81*	4.04	0.60	5.96	1.17	6.30	1.34
5.04	0.77	9.72	3.15	7.40*	4.19*	3.60	1.68	6.57	0.51	5.90	1.21
		10.14	4.72					2.94	1.03	5.09	1.74
		8.82	1.94					5.63	2.48	5.50*	2.01*
		6.85	1.19					0.27*	0.13*	3.10*	0.60*
		7.85*	2.49*					6.63	2.61	3.75*	1.14*
		14.41*	2.27*					4.89	1.25	3.35*	0.36*
		7.13	2.67					1.54*	0.50*	1.94*	0.74*
		8.08	2.27					2.20*	0.44*		
		4.96	0.50								
		6.23	1.47								
		5.43	0.60								
		8.82	0.94								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

de carbono multiplicado por el factor 1,724 puede conducir a serios errores como la afirma Broadbent (24), puesto que la cantidad de carbono de la fracción orgánica varía de un suelo a otro y en particular tiende a disminuir con la profundidad; el mencionado autor informa que el uso de tal factor puede llevar a un error hasta del 50 % en la estimación de la materia orgánica del subsuelo. El factor de coversión convencional puede ser bajo en la mayoría de los casos; parece ser mejor informar del contenido de carbono en vez del de la materia orgánica. Si se debe usar el factor, los valores de 1,9 para la superficie y cerca de 2,5 para los subsuelos parecen ser más satisfactorios. Según los estudios de Jenny (71) sobre la influencia del clima y otros factores que afectan el contenido de la materia orgánica, afirma que la formación de perfiles altos en materia orgánica en ciertas regiones tropicales pueden visualizarse como condiciones por los siguientes factores: condiciones climáticas favorables y alta fijación de nitrógeno (leguminosas); la rápida descomposición de los residuos del bosque que yacen sobre los suelos minerales y la descomposición lenta del humus en el suelo mineral, lo cual favorece una alta acumulación. Birch y Friend (11) trataron de relacionar el contenido de materia orgánica de los suelos con varios factores tanto mayores como menores los cuales son principalmente modificadores. El clima, la elevación y las condiciones bióticas se consideran como factores mayores; los menores incluyen la cantidad de arcilla, la profundidad y el desarrollo del perfil. Estos autores econtraron que hay una tendencia significativa al aumento de materia orgánica con la altura debido a un aumento en la lluvia y disminución

de la temperatura en función de la elevación; la ecuación de regresión indica que en promedio, un incremento en altura de 1000 pies está asociado con un aumento de 0,8 % de materia orgánica; la dispersión de los puntos alrededor de la línea la explican como debida a diferencias en condiciones climáticas y del suelo. Encontraron asimismo que a una altitud y condición de pluviosidad constantes, el porcentaje de arcilla en el suelo puede influenciar el contenido de materia orgánica. La tendencia entre el porcentaje de materia orgánica y la cantidad pluvial fue significativa: cada 250 metros de lluvia está asociada a un aumento de 1,3 % de materia orgánica; tales resultados están de acuerdo con los encontrados por Jenny (69, 70, 71) en Costa Rica y Colombia, coincidiendo en el hecho de que los suelos tropicales no son en general deficientes en materia orgánica. A este respecto el alto "Chroma" en muchos suelos tropicales particularmente rojos o amarillos pueden dar falsas apreciaciones, pues se ha postulado que las sustancias húmicas de suelos tropicales son menos coloreadas. El efecto de la temperatura, concluyen los mismos autores, es más complicado, puesto que un aumento de la misma dentro de ciertos límites favorecen tanto el crecimiento vegetativo y la producción de materia orgánica, como el aumento de la actividad microbiológica y la destrucción de la materia orgánica.

Nye (105) afirmó que el piso forestal en un bosque húmedo tropical se descompone rápidamente a una proporción de 1,3 % por día.

La figura Nº 5 muestra la relación entre el contenido de materia orgánica y el pH de los suelos; "r" es siginificativo al

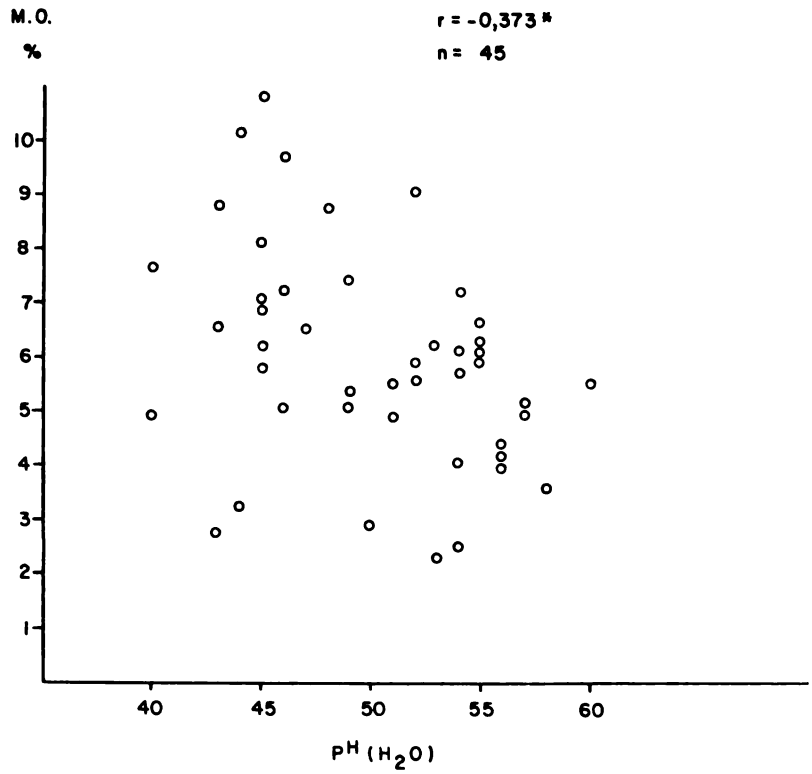


Fig. 5 Relación entre el contenido de materia orgánica y el pH (H_2O) en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

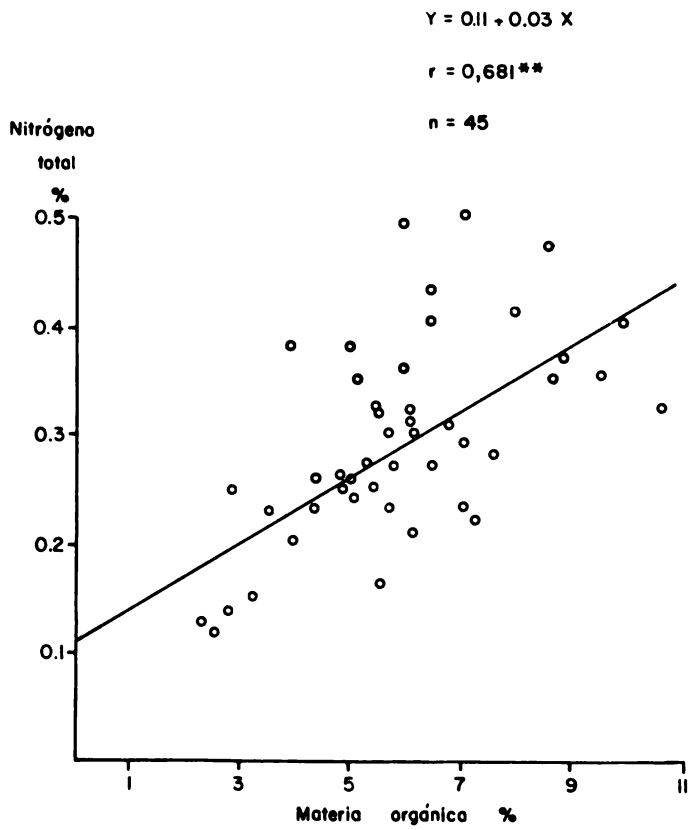


Fig. 6 Relación entre el contenido de materia orgánica y el contenido de nitrógeno total en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

5 % pero la intensidad de asociación de las variables es bajo (13,92 %).

En el presente estudio no se encontró correlación entre la materia orgánica y la C.I.C.; tampoco entre la materia orgánica y el contenido de arcilla.

Combeau, Ollet y Quantin(31) encontraron una relación directa entre el contenido de materia orgánica y la fracción fina (limo + arcilla) en suelos ferralíticos; asimismo, la relación entre la materia orgánica y la C.I.C. también era directa; confirmaron el que, en valor absoluto, la parte que corresponde a la materia orgánica en la C.I.C. es mucho mayor que la de los elementos minerales. La relación entre el contenido de bases cambiables y la materia orgánica fue también directa. Respecto a las condiciones físicas, puntualizaron el que la estabilidad estructural disminuye rápidamente cuando baja el nivel de materia orgánica en el suelo. Los efectos de la disminución de la materia orgánica debido a oxidación del material no humificado, han sido ampliamente estudiados por Nye y Greenland (109).

Tan y von Schuylenborgh(148) encontraron que en circunstancias de alta humedad, alta temperatura y particularmente si el material parental contiene una cantidad considerable de bases (material andesítico), la materia orgánica es fácilmente mineralizada. Los mencionados autores afirman que la materia orgánica de los suelos formados con altas temperaturas, tienen pesos moleculares más bajos que los de la materia orgánica formado a bajas temperaturas.

Tan (47) considerando la materia orgánica como un todo, concluyó que los latosoles tienen un bajo grado de polimerización; estudiando la relación humus/Al_2O_3 y humus/Fe_2O_3 determinó que en el horizonte superficial de los latosoles, las sustancias húmicas están saturadas, posiblemente, en un mayor grado con hierro que con aluminio. Con la profundidad dentro del perfil, la saturación con aluminio se vuelve tan grande como su saturación con hierro, lo cual indica un papel activo de los ácidos fúlvicos en la movilización del aluminio, pues sólo esta fracción migra a horizontes inferiores.

2. Variaciones del contenido de nitrógeno total

En íntima relación con la materia orgánica está el contenido de nitrógeno; la variación de este se puede observar en el Cuadro Nº 45; el promedio para los suelos es de 0,22 % (0,12 a 0,50) y 0,08 % (0,01 a 0,28) para los subsuelos.

La relación entre el contenido de materia orgánica y el nitrógeno en los latosoles presenta un porcentaje de asociación 46,37 % en los suelos, valor considerado como medio (Figura 6) y una asociación de 37,18 % en los subsuelos, considerado como medio a bajo (Figura 7).

Martín (90) afirma que la materia orgánica del suelo contiene cerca de 5 % de nitrógeno; el mismo autor anota el hecho de que generalmente no más del 40 % del nitrógeno total en los suelos podría ser contado como polímeros de aminoácidos; pero cerca de la mitad del nitrógeno total en los suelos está presente en formas desconocidas; la mayoría de estos es resistente a la

CUADRO Nº 45 - VARIACIONES DEL PORCENTAJE DE NITROGENO TOTAL

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
0.16*	0.08*	0.22	0.10	0.05*	0.03*	0.25	0.08	0.49	0.12	0.15	0.04
0.14	0.04	0.28	0.07	0.30	0.12	0.23	0.05	0.38	0.05	0.16	0.06
0.21	0.05	0.23	0.09	0.38	0.10	0.12	0.07	0.24*	0.09*	0.26	0.05
0.23	0.05	0.32	0.10	0.50	0.28	0.13	0.06	0.32	0.05	0.35	0.04
0.27	0.11	0.37	0.08	0.08*	0.09*	0.20	0.04	0.36	0.09	0.30	0.08
0.24	0.05	0.35	0.08	0.38*	0.15*	0.23	0.08	0.43	0.05	0.27	0.06
		0.40	0.09					0.25	0.07	0.26	0.04
		0.35	0.10					0.32	0.15	0.25*	0.09*
		0.31	0.10					0.05*	0.03*	0.12*	0.04*
		0.36*	0.19*					0.40	0.11	0.16*	0.07*
		0.53*	0.13*					0.26	0.12	0.20*	0.04*
		0.29	0.12					0.12*	0.05*	0.09*	0.02*
		0.41	0.12					0.15*	0.06*		
		0.25	0.06								
		0.31	0.07								
		0.27	0.01								
		0.47	0.08								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

hidrolisis ácida o alcalina. Según Jenny (68) el contenido de nitrógeno y carbono del suelo, aumenta a medida que el promedio de la temperatura anual decrece, principalmente de manera exponencial.

Klemmedson y Jenny (78) establecieron una relación significativa entre el nitrógeno y la media anual de precipitación.

Ghyldyal (54) por otra parte, informa que los cambios estacionales agudos resultan en mayores diferencias no sólo en la temperatura sino en el grado y naturaleza de la humificación; determinó valores mínimos de nitrógeno total durante el invierno (0,03 %) y un valor máximo (0,058 %) en el verano en suelos aluviales.

3. Variaciones de la relación C/N

Las variaciones de la relación C/N se observan en el Cuadro Nº 46; el promedio para los suelos es de 12,2 (6,1 a 20,4) y 14,8 (5,2 a 35,0) en los subsuelos.

El hecho de que los valores de la relación C/N calculados en los contenidos de carbono y nitrógeno determinados por métodos convencionales sean más bajos especialmente en suelos arcillosos sugiere, como lo dice Rodrígues (127), que una considerable proporción del nitrógeno posiblemente como ión amonio se presenta en una combinación firme y estable con los compoenentes minerales. Existen además, investigaciones (4) en que mientras la mayoría del amonio adsorbido en la forma rápidamente intercambiable es nitrificable, el ión amonio fijado es nitrificado sólo entre un 13 y 28 %. Según el autor anterior, el amonio fijado varía entre 14-78 % del contenido total de nitrógeno extraíble con ácido fluorhídrico, presumiblemente en asociación con ciertos minerales de arcilla. El aserto anterior

CUADRO Nº 46 - VARIACIONES DE LA RELACION C/N

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
13.0*	7.6*	19.6	23.8		11.0*	12.7	21.4	7.2	12.3	12.7	22.8
11.6	10.8	16.0	25.6	11.1	9.8	11.0	16.4	7.8	11.0	20.4	9.7
17.2	10.4	18.2	16.0	6.1	7.8	12.0	9.4	13.6*	10.3*	9.9	10.0
14.5	11.4	19.6	26.0	8.3	9.0	10.2	11.0	11.3	5.2	8.7	12.5
14.1	11.9	14.1	19.9	10.4*	11.7*	11.7	8.8	9.6	7.6	12.2	9.8
12.2	9.0	16.1	28.9	11.3	16.2*	9.1	12.1	8.9	6.0	12.7	11.7
		14.7	30.4					6.8	8.6	11.4	25.3
		14.6	11.3					10.2	9.6	12.8*	13.0*
		12.8	6.9					3.2*	2.7*	15.0*	8.8*
		12.6*	7.6*					9.6	13.7	13.6*	9.4*
		15.7*	10.2*					10.9	6.1	9.7*	5.3*
		14.2	12.9					7.4*	5.8*	12.6*	21.5*
		11.4	11.0					8.5*	4.3		
		11.5	4.8								
		11.7	12.1								
		11.7	35.0								
		10.9	6.9								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden que los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

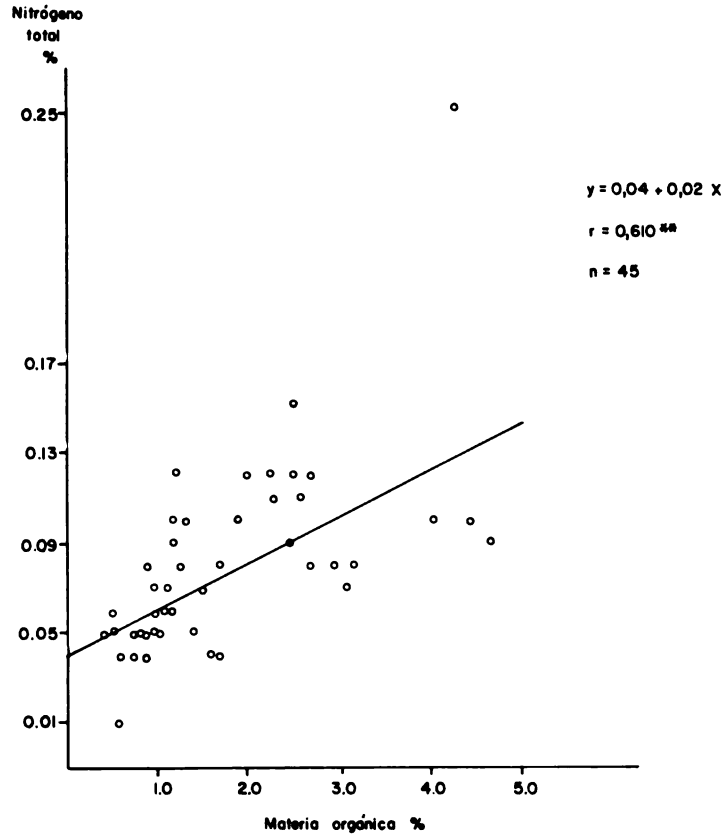


Fig. 7 Relación entre el contenido de materia orgánica y el contenido de nitrógeno total en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

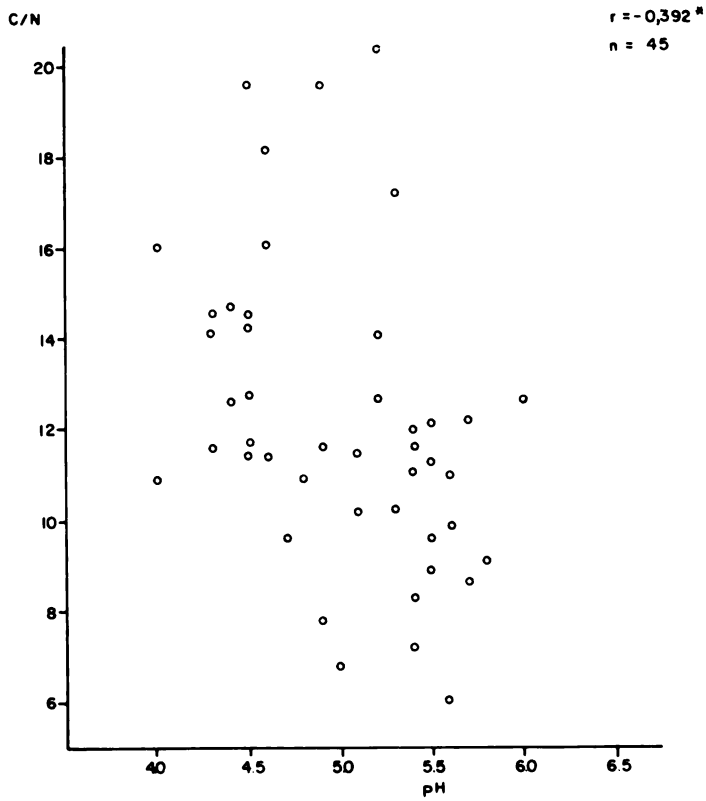


Fig. 8 Relación entre el $pH(H_2O)$ y la razón C/N en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

es confirmado por Stewart y Porter (141) los cuales encontraron que algunos suelos contienen una forma de amonio nativo fijado que no es removido por el procedimiento Kjeldahl; los errores obtenidos por este procedimiento pueden resultar en un error serio cuando se expresa el amonio fijado como porcentaje del nitrógeno total.

Hardy (56) encontró asimismo que la fijación era mayor con la profundidad en un perfil arcilloso. Cuando la relación C/N era corregida sustrayendo las cantidades de nitrógeno fijado del nitrógeno total, la relación C/N era similar tanto para suelos arenosos como para suelos arcillosos y disminuía en un mismo grado con la profundidad. En la figura Nº 8 se presenta la relación entre la razón C/N y el pH; el valor de "r" es significativo al 5 %, pero el porcentaje de asociación es muy bajo (15,4 %). Birch y Friend (11) no encontraron correlación entre la relación C/N con la lluvia, la materia orgánica, ni con el porcentaje de arcilla.

Mohr y Van Baren(99) presentan los resultados obtenidos por Hardon, el cual estudió las relaciones de la razón C/N con factores que la influencian tales como lluvia, tipo de suelo, vegetación, temperatura, pH, textura. La lluvia y el tipo de suelo no ejercen influencia; y la de la vegetación es muy poca; se encontró correlación positiva entre la relación C/N y la temperatura determinada por la altitud; la correlación era negativa con el pH; además la relación variaba arbitrariamente con la textura.

Hong y Van Schuylenborgh (67) concluyeron que en climas extremadamente húmedos el contenido de carbono de la materia orgánica es menor en las partes bajas que a altas altitudes; lo

mismo parece suceder con el nitrógeno. Esto indica que la amonificación y nitrificación, o generalmente la mineralización es más intensa a bajas altitudes (con altas temperaturas), lo cual incidá en el que las relaciones C/N sean más altas; el conteniod de nitrógeno tiende a disminuir con el decrecimiento de la altitud mientras la relación C/N aumenta. Los mencionados autores puntualizan el que la relación C/N de la materia orgánica y la del suelo es diferente; es comprensible que haya diferencia puesto que incluye todas las formas de nitrógeno. Generalmente una disminución de la C/N de la materia orgánica coincide con una constante C/N del suelo (bajo condiciones de extrema humedad) mientras que a una constante o aumentada C/N de la materia orgánica coincide con una disminución de la relación C/N del suelo (bajo climas monsónicos).

Van Schuylenborgh (131) afirma asimismo que la relación C/N y la relación Al_2O_3/Fe_2O_3 disminuyen con la profundidad en suelos latosólicos.

4. Las variaciones del pH.

La variación del pH (H_2O) se muestra en el Cuadro Nº 47; la media es de 4,95 (4,00 a 6,00) para los suelos y 5,03 (3,80 a 6,20) para los subsuelos.

La diferencia con el pH en $CaCl_2$ 0,01 M es de 0,5 a 0,7 unidades de pH en los suelos y de 0,5 a 0,8 unidades en los subsuelos (Cuadro Nº 48). El valór "r" entre el pH medido en agua y el medido en $CaCl_2$ 0,01 M es significativo al 1 % tanto para los suelos como para los subsuelos; el porcentaje de asociación es alto para ambos; 70,83 % para los suelos (figura nº 9) y 69,72 % para los

CUADRO Nº 47 - VARIACIONES DEL pH EN H_2O

PANAMA (H_2O)		COSTA RICA (H_2O)		NICARAGUA (H_2O)		EL SALVADOR (H_2O)		GUATEMALA (H_2O)		MEXICO (H_2O)	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
5.7*	5.9*	4.9	5.1	6.2*	7.1*	6.0	6.0	5.4	5.5	4.4	4.5
4.3	4.4	4.0	4.7	5.4	4.9	5.6	5.8	4.9	5.8	5.2	4.7
5.3	5.1	4.6	5.1	5.6	5.6	5.4	5.6	6.1*	6.0*	5.6	6.1
4.5	5.0	4.5	5.0	5.4	5.6	5.3	5.2	5.5	5.5	5.7	5.7
4.3	4.5	5.2	5.1	6.5*	5.7*	5.4	6.2	5.5	6.0	5.5	5.6
5.7	4.5	4.6	4.7	5.9*	6.0*	5.8	5.8	5.5	5.2	5.2	4.4
		4.4	4.7					5.0	5.4	4.6	4.3
		4.3	4.5					5.1	4.4	5.3*	5.5*
		4.5	4.7					7.5*	7.8*	5.6*	6.0*
		4.4*	4.4*					4.7	4.6	5.8*	5.6*
		4.5*	4.1*					4.0	3.8	5.3*	5.5*
		4.5	4.5					6.4*	7.2*	6.1*	5.5*
		4.5	4.7					6.0*	5.8		
		5.1	5.0								
		4.5	4.5								
		4.9	4.9								
		4.8	5.3								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

CUADRO Nº 48 - VARIACIONES DEL pH EN $CaCl_2$ 0.01M

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
5.4*	5.5*	3.9	4.0	5.9	6.5	5.1	5.2	5.3	5.2	3.3	3.3
3.7	3.8	3.8	4.3	4.5	3.6	5.0	4.7	4.5	5.4	4.3	3.5
5.2	4.2	3.9	4.3	4.8	4.4	4.5	4.8	5.7*	5.3*	5.1	5.0
4.2	5.0	3.6	4.1	4.9	4.8	4.5	4.9	5.0	4.7	4.8	4.6
4.0	4.0	4.5	4.1	5.5*	4.7*	4.5	5.1	5.1	5.5	4.7	4.5
5.5	5.2	3.9	4.2	5.4*	5.2*	5.2	5.2	5.1	4.9	4.3	3.4
		4.3	4.2					4.5	4.8	3.8	3.3
		3.8	4.0					4.9	4.1	5.2*	5.1*
		4.0	4.3					6.9*	7.0*	5.4*	5.7*
		4.1*	3.9*					3.9	3.7	5.6*	5.4*
		4.2*	3.8*					3.8	3.4	5.1*	5.2*
		4.4	4.2					6.3*	6.5*	6.0*	4.9*
		4.4	4.0					6.3*	5.8*		
		4.5	4.6								
		3.5	3.3								
		4.8	4.3								
		4.0	4.3								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

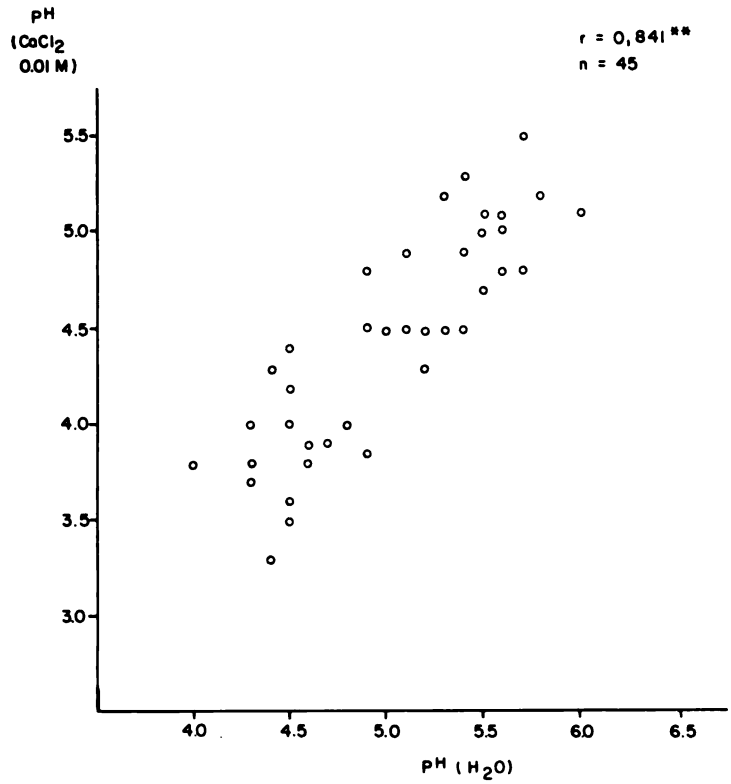


Fig. 9 Relación entre el pH en H_2O y el pH en $CaCl_2$ 0.01 M en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

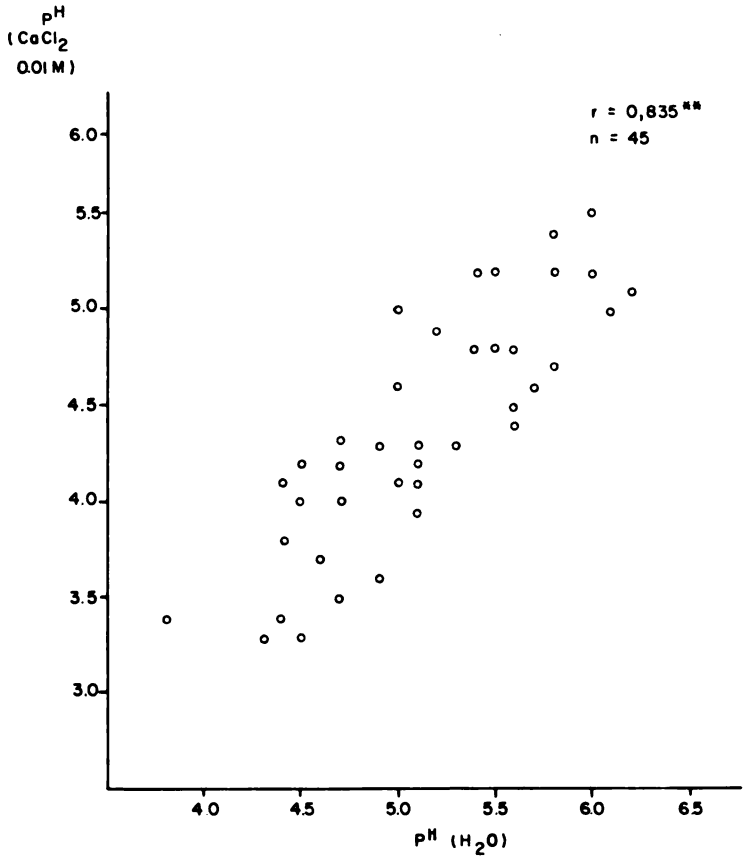


Fig. 10 Relación entre el pH en H_2O y el pH en $CaCl_2$ 0.01 M en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

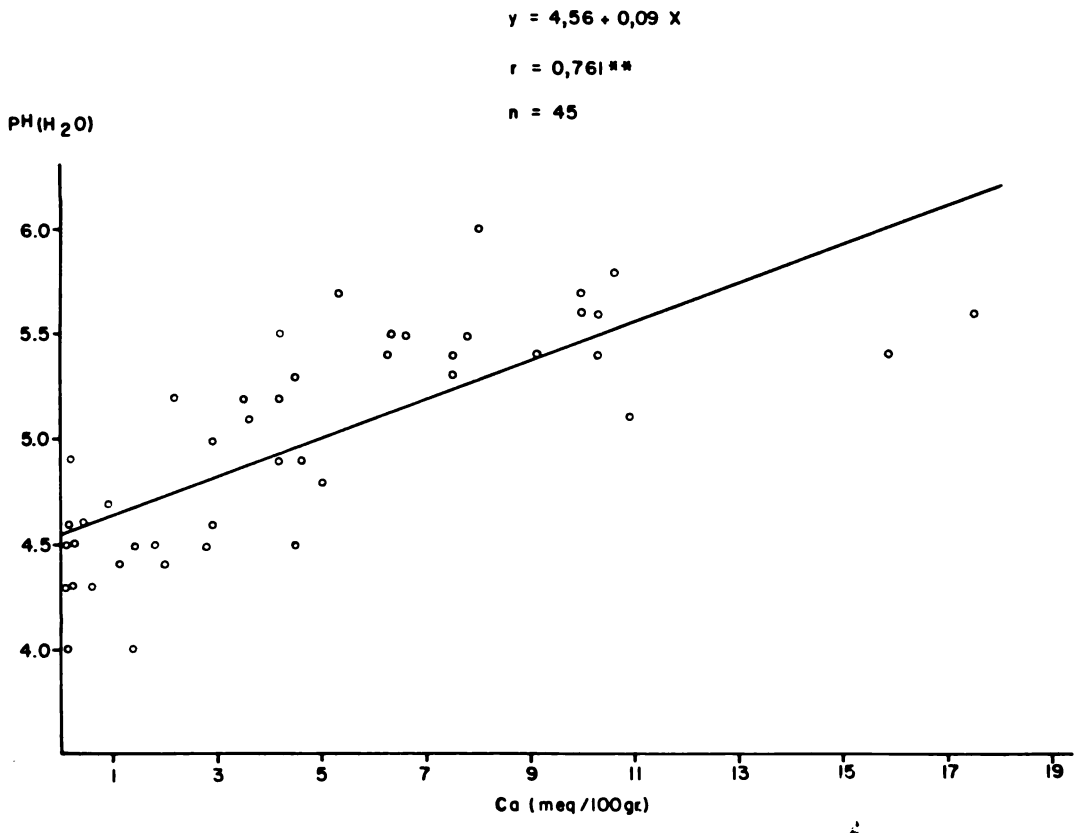


Fig. 11 Relación entre el calcio cambiable y el P^H (H_2O) en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

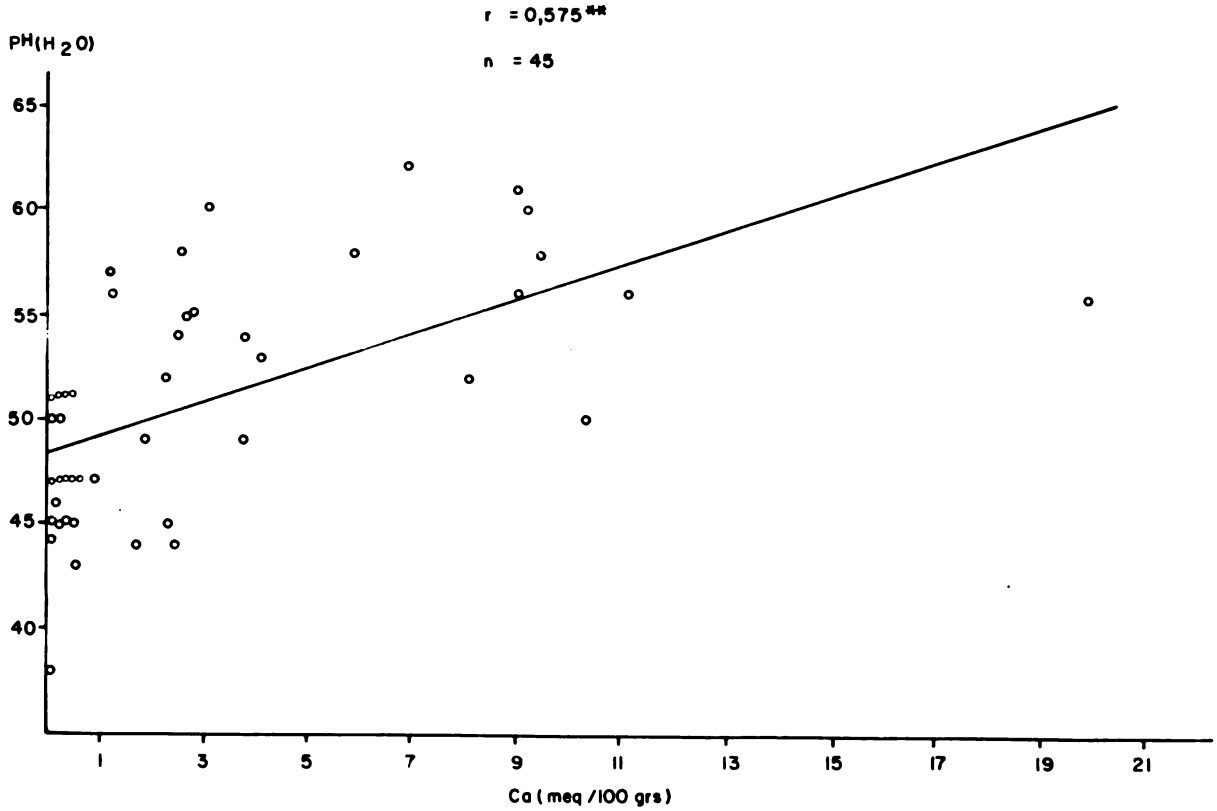


Fig. 12 Relación entre el calcio cambiable y el P^H (H_2O) en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

subsuelos (figura Nº 10). La relación entre el pH y el calcio cambiable se observan en las Figuras 11 y 12. El porcentaje de asociación es medio para los suelos (57,91 %) y bajo para los subsuelos (33,06 %). La relación establecida por Popenoe (120) es hiperbólica y afirma que el calcio cambiable aumenta cuando el pH está por encima de 5,0. Suelos con un alto contenido de materia orgánica tienen más grandes cantidades de calcio que aquellos con un bajo contenido y similar pH. A pH menores de 5,0 el calcio es retenido en gran parte por parte por cargas permanentes de las partículas de arcilla aunque algunos grupos funcionales de la materia orgánica están ionizados y pueden retener calcio a bajos pH. Si el pH es mayor de 5,0 el calcio es también adsorbido por las cargas dependientes del pH.

Kanehiro y Chang (73) informan que hay una relación rectilínea entre el pH y la saturación de bases; asimismo entre el contenido de calcio y la saturación de bases.

Las figuras 13 y 14 presentan la relación entre el pH y la saturación de bases; el coeficiente de asociación es medio para los suelos (65,77 %) y de medio a bajo para los subsuelos (45,16 %).

Bennema y Vettori (10) encontraron la misma relación en horizontes superficiales de latosoles; asimismo encontraron que en el rango de baja saturación de bases algunas muestras tenían pH alto. Las muestras de horizontes B texturales presentaron diferente relación: el aumento de saturación de bases en el intérvalo de 10-40 % estaba acompañado por elevación en el pH; si la saturación era mayor de 40 % el pH alcanzaba valores cercanos a 7,0. En las

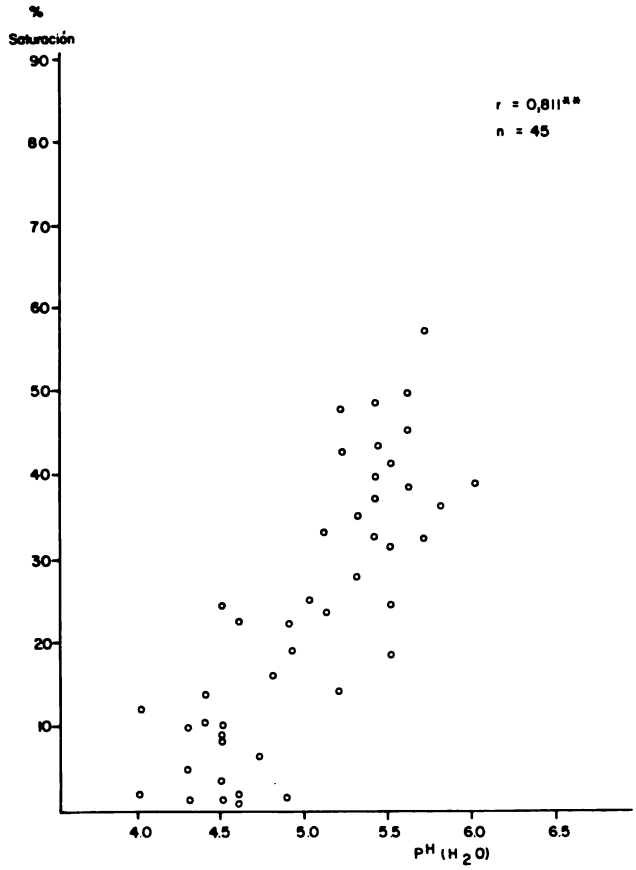


Fig. 13 Relaciones entre el porciento de saturación y el pH en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

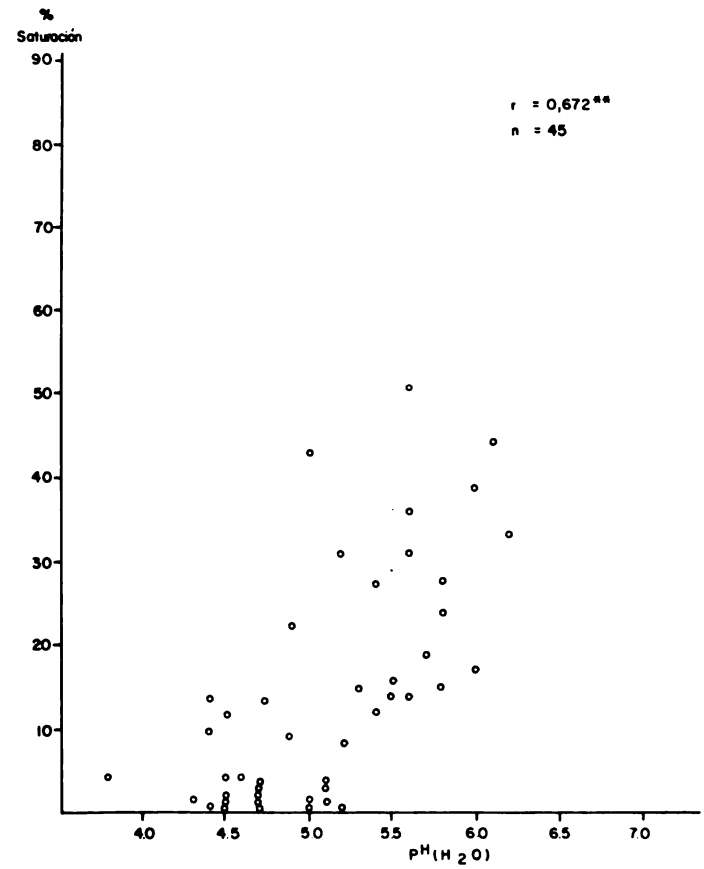


Fig. 14 Relaciones entre el porciento de saturación y el pH en algunos "latosoles" "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

muestras de los horizontes B latosólicos no se encontró correlación entre pH y el % de saturación.

Sombroek (140) encontró que de acuerdo con la baja saturación de bases, el pH variaba de extremada a fuertemente ácidos para suelos latosólicos de la Amazonia. El pH en los horizontes A1 variaba de 3,7 a 4,7 y de 3,8 a 5,2 en horizontes subsuperficiales cons saturación de 15 % en promedio.

Popenoe (120) no presenta ningún valor de "r" para la relación pH y porcentaje de saturación; pero afirma, como anteriormente se anotó, que los cationes son retenidos por cargas permanentes a pH menores de 5,5 y son relativamente bajos en este intervalo, mientras que por encima de este pH son retenidos no sólo por cargas permanentes sino también por las cargas dependientes del pH.

5. Variaciones del contenido de fósforo asimilable

Las variaciones del fósforo asimilable se pueden observar en el Cuadro Nº 49; el promedio para los suelos es de 1,72 ppm (0,20 a 10,15) y 0,36 ppm (trazas a 4,02) en los subsuelos.

En la primera parte de la discusión se hizo mención a las formas de fosfatos predominantes de acuerdo a los resultados presentados por Balerdi, Müller y Fassbender (7); según estos autores de 104 muestras superficiales analizadas, 29 presentan predominancia de fosfatos de hierro y aluminio (principalmente en Costa Rica) y en 75 muestras predominan los fosfatos cálcicos. La mayor parte de los suelos estudiados por tales investigadores, un 66 %, son extremadamente deficientes en fósforo y sólo el 15 % presenta un adecuado nivel de disponibilidad. Los resultados obtenidos en el presente estudio

CUADRO Nº 49.- VARIACIONES DEL CONTENIDO DE FOSFORO ASIMILABLE (ppm)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
3.25*	3.97*	1.30	0.33	0.60*	0.60*	0.32	0.05	1.90	0.22	2.55	0.40
2.80	0.57	1.15	0.33	1.12	0.27	0.90	0.07	1.62	0.15	1.22	0.15
0.35	0.15	0.70	0.15	1.17	0.30	0.55	0.05	1.27*	0.10*	0.82	Traz.
0.80	0.37	1.12	0.40	10.15	4.02	1.10	0.05	0.50	0.05	1.70	Traz.
1.57	0.32	3.65	0.35	1.80*	1.60*	0.45	0.20	1.65	0.10	1.22	Traz.
0.97	0.17	1.75	0.20	0.25*	0.17*	0.20	0.10	2.00	0.70	2.35	Traz.
		0.97	0.45					2.65	0.27	4.60	0.40
		2.00	0.25					3.92	0.55	0.85*	0.45*
		0.60	0.15					5.20*	8.30*	1.35*	0.60*
		0.75*	0.15*					5.37	0.50	0.80*	0.20*
		1.02*	0.17*					2.80	0.50	2.77*	0.05*
		1.30	0.55					1.00*	0.90*	1.07*	0.45*
		0.42	0.10					1.25*	0.57*		
		0.57	0.30								
		0.67	0.17								
		0.85	0.10								
		1.30	0.30								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

confirman lo anterior: los "latosoles" tienen una muy baja cantidad de fósforo asimilable.

6. Variaciones del contenido de óxidos libres de hierro.

El Cuadro Nº 50 muestra las variaciones del hierro en los "latosoles" el promedio para los suelos es de 3,63 % (1,22 a 5,72) y 3,83 % (0,90 a 5,55) en los subsuelos. La determinación de los óxidos de hierro libre, por medio del espectrofotómetro de adsorción atómica puede dar valores entre 1,04 y 1,89 veces más que el determinado por titulación con $K_2Cr_2O_7$, según ensayos realizados por Mosquera (101).

Los contenidos de hierro en suelos tropicales presentan variaciones muy amplias. La goetita y la hematites son los minerales de hierro más frecuentes en suelos tropicales, como lo afirma Segalen (129). En los "bauxíticos" de San Isidro del General los contenidos de óxidos de hierro son relativamente bajos; parece, según lo menciona Segalen, que en la zona húmeda tropical, en las cuales hay una relativa larga estación seca, la individualización de la alúmina es la regla.

En el presenta estudio no se encontró relación entre el color y el contenido de hierro. Los colores rojos o amarillos son debidos principalmente a la presencia de hematitas (rojo) o goetita (amarillo). Se han realizado ensayos para establecer una correlación entre el color y el estado de hidratación del hierro pero no se ha podido establecer una relación precisa (129).

Los valores encontrados en este estudio son inferiores a los informados por Bornemisza e Igue (17) para algunos latosoles

3.86	5.19	2.07	2.36	1.22	0.90	3.93	2.90	3.30	4.11	5.36	5.36
4.20	4.69	2.47	2.83	3.55*	3.26*	3.26	3.26	3.47	4.19	5.36	2.00
3.33	3.33	2.79	3.47	5.09*	4.92*	4.19	3.69	3.47	4.83	3.76	4.72
		4.29	4.72					1.72	3.69	5.36	2.64
		3.33	3.83					1.79	3.93	3.88*	3.97*
		5.11	3.99					0.86*	1.33*	4.19*	3.15*
		5.55*	4.29*					2.43	4.72	5.36*	5.36*
		5.12*	3.11*					4.72	5.55	1.62*	2.15*
		5.55	2.47					1.54*	1.09*	1.76*	2.62*
		4.47	3.18					4.55*	4.55*		
		4.19	4.19								
		4.08	3.69								
		5.72	3.86								
		4.08	4.40								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

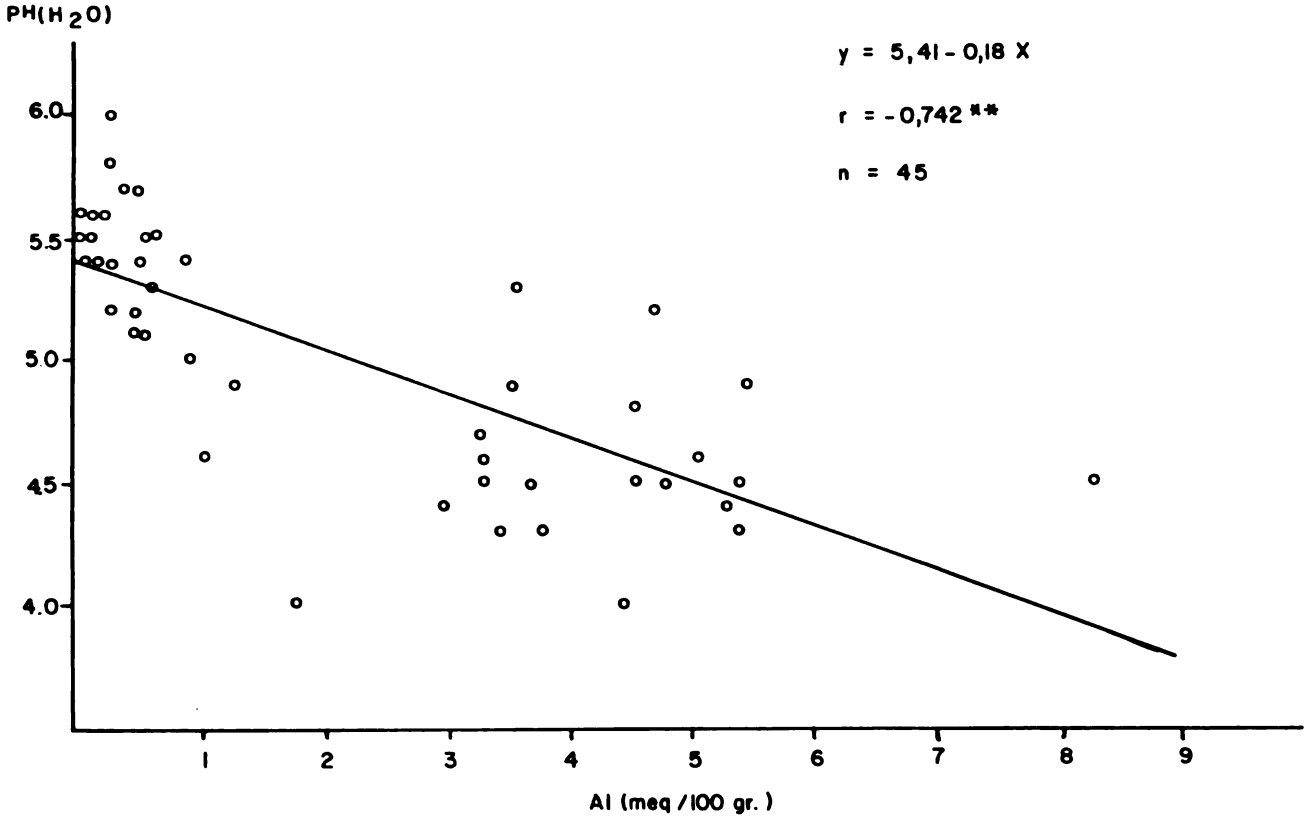


Fig. 15 Relación entre el aluminio extraíble y el $P^H(H_2O)$ en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

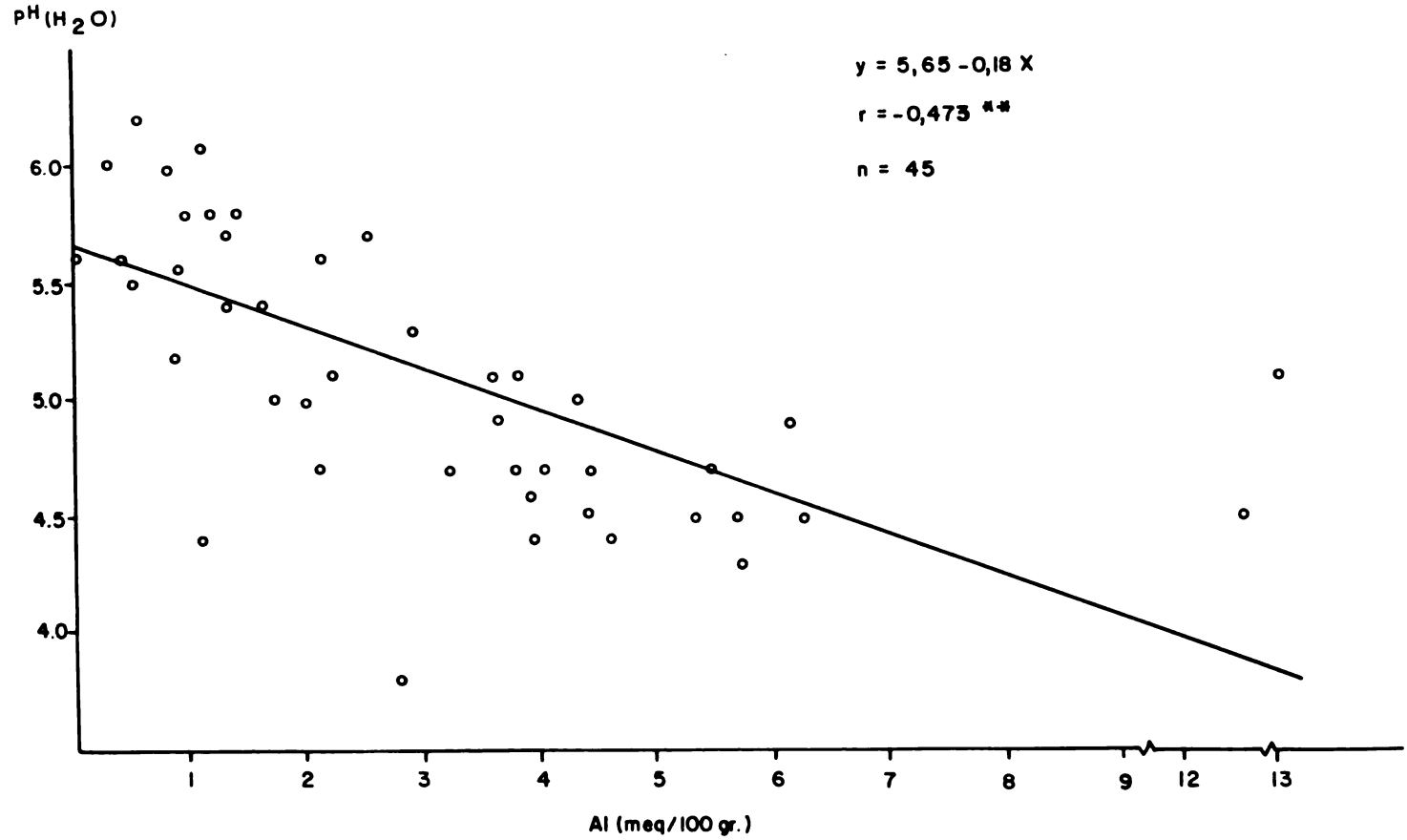


Fig. 16 Relación entre el aluminio extraíble y el P^H (H_2O) en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Subsuelos)

de Costa Rica, Colombia, Panamá y Brasil, con un promedio de 6,7 % (1,9 a 11,8).

7. Variaciones del contenido de aluminio extraíble.

El Cuadro Nº 51 muestra las variaciones del contenido de aluminio extraíble.

El promedio para los suelos es de 2,30 (0,03 a 8,33) y de 4,50 (0,03 a 13,05) para los subsuelos.

La relación entre el aluminio extraíble y el pH se observan en las figuras 15 y 16. El porcentaje de asociación para los suelos es de medio a alto (55,06 %) y bajo en los subsuelos (22,37 %).

Popenoe (120) encontró que el aluminio cambiable estaba estrechamente relacionado al pH, especialmente en suelos ácidos donde las concentraciones de aluminio son grandes (pH menor de 5,0); asimismo encontró que loas muestras tomadas en suelos superficiales con contenidos de materia orgánica mayores de 25 % tenían mnos aluminio cambiable que aquellos suelos de pH comparables pero con menos materia orgánica; explica lo anterior por la probabilidad de que el aluminio en suelos superficiales esté asociado con grupos funcionales de la materia orgánica en forma que no puede llamarse intercambiable; la solubilidad del aluminio en suelos superficiales está más relacionada a la estabilidad del complejo alumino-orgánico que a los iones cambiables.

McLeod y Jackson (96) presentan una distribución similar a la hallada en este estudio. El aluminio extraíble incluye el cambiable más $Al(OH)_3$ soluble y además monómeros o polímeros hidroxialumínicos (95).

CUADRO Nº 51 - VARIACIONES DEL CONTENIDO DE ALUMINIO EXTRAIBLE (meq/100 gr)

PANAMA		COSTA RICA		NICARAGUA		EL SALVADOR		GUATEMALA		MEXICO	
S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub	S	Sub
0.06*	0.11*	5.44	3.78	0.17*	0.22*	0.28	0.83	0.11	0.50	3.97	5.55
3.44	4.61	4.44	3.78	0.56	6.11	6.11	0.19	1.33	1.38	0.48	2.06
3.61	13.05	5.11	2.22	0.03	0.36	0.36	0.87	0.06*	0.61*	0.22	1.11
3.28	2.00	4.78	4.33	0.22	0.03	0.03	0.56	0.61	0.83	0.40	2.46
3.78	6.22	4.67	3.56	0.13*	0.39*	0.39	0.89	0.11	0.33	0.17	2.06
0.50	1.33	3.33	3.22	0.22*	0.07*	0.28	1.22	0.58	1.28	0.32	3.93
		5.28	4.00					0.89	1.61	1.03	5.71
		5.39	4.44					0.50	1.11	0.48*	0.24*
		4.56	4.44					0.46*	0.57*	0.39*	0.22*
		3.00*	9.22*					3.28	3.94	0.17*	0.56*
		6.56*	9.33*					1.78	2.83	0.39*	0.50*
		3.67	5.28					0.22*	0.15*	0.32*	0.67*
		5.39	5.39					0.13	0.17*		
		1.11	1.72								
		8.33	12.50								
		3.56	3.67								
		4.56	2.89								

* No son latosoles.-

NOTA: Las muestras están en el mismo orden de los Cuadros Nos. 1, 6, 11, 16, 21 y 26.

Little (83) encontró, resultados satisfactorios con acetato de amonio normal y a pH 4,8. La titulación potenciométrica de suspensión de suelo en KCl 1 N, dió valores constantes más bajos que los obtenidos por lavados, con la formación de un compuesto alumínico $Al_6 (OH)_{15}^{3+}$ cuya existencia ha sido postulada por otros investigadores.

Para efectos comparativos es de más valor determinar el aluminio cambiable (acidez activa) relacionándola con la acidez potencial (acidez activa + acidez dependiente del pH) y la capacidad de intercambio catiónico potencial (suma de bases + H^+ + Al^{3+}), como lo afirma Sombroek (140).

e. Matrices de correlaciones

En los Cuadros 52, 53, 54, y 55 se pueden observar las relaciones funcionales entre algunas de las propiedades determinadas. Estas matrices permiten el estudio de asociación dentro del conjunto y complejo suelo-subsuelo.

En el Cuadro Nº 52 se presentan los valores de "r" entre el contenido de materia orgánica, el nitrógeno total y el pH. En el Cuadro Nº 53 se observan los porcentajes de asociación (r^2 x 100) de las mismas propiedades.

Aunque el contenido de materia orgánica y el de nitrógeno tienen un valor "r" significativo al 1 %, el porcentaje de asociación es medio; una de las causas de este hecho se explica porque pueden presentarse altos porcentajes de nitrógeno fijado en el retículo de los minerales arcillosos y el cual no es determinado por el método Kjeldahl.

CUADRO Nº 52 - MATRIZ DE CORRELACIONES. RELACION ESTRUCTURAL ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA (%) EL CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL (%) Y EL pH, EXPRESADA POR EL VALOR "r" EN ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA.

(Suelo - Subsuelo)

		SUELO			SUBSUELO		
		MATERIA ORGANICA %	NITROGENO TOTAL %	pH	MATERIA ORGANICA %	NITROGENO TOTAL %	pH
SUELO	MATERIA ORGANICA (%)	1	0,681 **	-0,373 *	0,642 **	0,333	-0,260
	NITROGENO TOTAL (%)		1	0,253	0,382 *	0,565 **	0,300
	pH			1	-0,281	-0,070	0,784 **
SUBSUELO	MATERIA ORGANICA (%)				1	0,610 **	-0,222
	NITROGENO TOTAL (%)					1	-0,105
	pH						1

CUADRO Nº 53 - RELACION ESTRUCTURAL ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA (%) EL CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL (%) Y EL pH, EXPRESADO COMO PORCENTAJE DE ASOCIACIÓN EN ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA.

(Suelo - Subsuelo)

		SUELO			SUBSUELO		
		MATERIA ORGANICA %	NITROGENO TOTAL %	pH	MATERIA ORGANICA %	NITROGENO TOTAL %	pH
SUELO	MATERIA ORGANICA (%)	100	46,37	13,88	41,10	11,10	6,76
	NITROGENO TOTAL (%)		100	6,40	14,60	31,90	9,00
	pH			100	7,89	0,49	61,50
SUBSUELO	MATERIA ORGANICA (%)				100	37,18	4,92
	NITROGENO TOTAL (%)					100	1,10
	pH						100

CUADRO Nº 53 - RELACION ESTRUCTURAL ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA (%), EL CONTENIDO DE NITROGENO TOTAL (%) Y EL pH EXPRESADO POR EL VALOR DE "r" Y EL PORCENTAJE DE ASOCIACION, ELIMANDO LA INFLUENCIA DEL SUELO EN ALGUNOS LATOSOLES DE MESOAMERICA.-

SUBSUELO
Valores de "r"

	Materia orgánica %	Nitrógeno total %	pH
Materia Orgánica %	0,705 **	0,530 **	-0,017
Nitrógeno total %		0,708 **	-0,207
pH			0,638 **

SUBSUELO
Porcentaje de asociación

SUBSUELO	Materia orgánica %	Nitrógeno total %	pH
Materia Orgánica %	49,70	28,09	0,03
Nitrógeno total %		50,13	4,28
pH			40,70

** Significativo al 1 %.-

CUADRO Nº 55 - MATRIZ DE CORRELACIONES. RELACION ESTRUCTURAL ENTRE EL CALCIO CAMBIABLE, EL ALUMINIO EXTRAIBLE, LA SATURACION DE BASES Y EL pH EXPRESADA POR EL VALOR "r" EN ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA

(Suelo - Subsuelo)

		SUELO				SUBSUELO			
		CALCIO	ALUMINIO	SATURACIÓN DE BASES	pH	CALCIO	ALUMINIO	SATURACION DE BASES	pH
SUELO	CALCIO	1	-0,604 **	0,848 **	0,761 **	0,852 **	-0,366 *	0,871 **	0,638 **
	ALUMINIO		1	-0,766 **	-0,772 **	-0,540 **	0,575 **	-0,665 **	-0,518 **
	SATURACION DE BASES			1	0,811 **	0,654 **	-0,307	0,795 **	0,546 **
	pH				1	0,438 **	-0,404 **	0,738 **	0,787 **
SUBSUELO	CALCIO					1	-0,371 *	0,933 **	0,575 **
	ALUMINIO						1	-0,432 **	-0,473 **
	SATURACION DE BASES							1	0,672 **
	pH								1

* Significativo al 5 %
** Significativo al 1 %

Las relaciones entre la materia orgánica y el pH, el nitrógeno y el pH tienen bajo porcentaje de asociación.

La relación entre la materia orgánica del suelo y la materia orgánica del subsuelo tiene un porcentaje de asociación medio, esto implica una moderada dependencia de la materia orgánica del subsuelo respecto a aquella de la parte superficial; es sabido que las raíces aportan gran cantidad de materia orgánica a los subsuelos.

En el subsuelo es posible que predomine el nitrógeno mineral y por lo tanto la asociación con la materia del suelo es muy baja. El nitrógeno del subsuelo presenta una asociación media con el del suelo, quizás por la anterior razón.

La intensidad de asociación del pH en el suelo y del subsuelo es alta; entonces es posible que en perfiles con drenaje libre, a pH bajo en el suelo corresponda un pH bajo en el subsuelo.

El coeficiente de determinación de las demás correlaciones es muy bajo y la relación casi nula.

En el subsuelo se presenta una asociación media entre el contenido materia orgánica y el de nitrógeno; subsiste una moderada dependencia entre estas variables.

Los coeficientes de determinación de las demás correlaciones son muy bajos.

Matriz de correlaciones parciales.

El objeto del desarrollo matemático propuesto es el de estimar cuales serían las relaciones existentes entre las propiedades del suelo y del subsuelo si el conjunto suelo no ejerciera influencia alguna, por ejemplo, pérdida de la capa arable por razones naturales

(erosión) o artificiales (remoción de horizontes superficiales con fines mineros).

El concepto se puede representar como sigue:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix}$$

donde:

R_{11}	=	Submatriz de correlaciones entre las propiedades del suelo
R_{12}	=	Submatriz de correlaciones entre las propiedades suelo/subsuelo
R_{21}	=	Transpuesto de la matriz R_{12}
R_{22}	=	Submatriz de correlaciones entre las propiedades del subsuelo

Si eliminamos la influencia del suelo, las relaciones entre las propiedades del subsuelo (Rx) están dadas por:

$$Rx = R_{22} - R_{21} \; R_{11}^{-1} \; R_{12}$$

El desarrollo matemático de las submatrices se hizo por medio de determinantes y cofactores. El resultado se puede observar en el Cuadro Nº 54, tanto para los valores "r" como para los porcentajes de asociación. Hay una asociación media de la matriz orgánica (autocorrelación) del subsuelo. El promedio de materia orgánica para los "latosoles" en los subsuelos es de 1,79 ± 1,12 %; al ser expuestos éstos se acelerará el proceso de descomposición lo cual acarreará cambios químicos (posible extrema pobreza de nutrimentos en estos

suelos lixiviados) y cambios en las propiedades físicas (la estructura principalmente). Parte del nitrógeno se mineralizará según lo demuestra la baja asociación con la materia orgánica (28,09 %).

Los cambios del pH asociados con la materia orgánica serán insignificantes (0,03 %).

La autocorrelación del nitrógeno presenta una asociación media (50,13 %); el promedio para los "latosoles" en los subsuelos es de 0,08 ± 0,04 %; la deficiencia en los subsuelos expuestos será notoria; los cambios en pH asociados con el nitrógeno serán bajos (4,28 %).

El porcentaje de asociación (autocorrelación) del pH es medio 40,70 %; la media armónica para los latosoles es de 5,03 y los cambios serán moderados alrededor de tal valor.

En los cuadros 55 y 56 se observan las relaciones estructurales entre calcio, aluminio, porcentaje de saturación y pH expresadas por el valor "r" y como porcentaje de asociación respectivamente.

En el suelo las relaciones tienen valores significativos al 1 %; la relación inversa entre el calcio y el aluminio es bien conocida (120); el porcentaje de asociación encontrado es medio a bajo.

El calcio es el catión predominante en el complejo así la asociación del calcio y con el pH es media.

La relación inversa entre el aluminio y la saturación de bases se ha mencionado anteriormente (120); el coeficiente de determinación para estos variables es medio.

La cantidad de calcio en el suelo como en el subsuelo está intimamente asociada. El calcio del suelo tiene una baja asociación con el aluminio del subsuelo y la relación contraria, aluminio en el

CUADRO Nº 56 - RELACION ESTRUCTURAL ENTRE EL CALCIO CAMBIABLE, EL ALUMINIO EXTRAIBLE, LA SATURACION DE BASES Y EL pH EXPRESADA COMO PORCENTAJE DE ASOCIACIÒN EN ALGUNOS "LATOSOLES" DE MESOAMERICA (SUELO-SUBSUELO)

		SUELO				SUBSUELO			
		CALCIO	Aluminio	SATURACION DE BASES	pH	CALCIO	ALUMINIO	SATURACION DE BASES	pH
SUELO	CALCIO	100	36,57	72,02	57,90	72,63	13,41	76.02	40,73
	ALUMINIO		100	58,70	55,20	29,20	33,07	42,98	26,88
	SATURACION DE BASES			100	65,80	42,82	9.45	63,24	29,79
	pH				100	19,24	16,35	54,45	61,50
SUBSUELO	CALCIO					100	13,72	87,12	33,09
	ALUMINIO						100	18,66	22,40
	SATURACION DE BASES							100	45,17
	pH								100

suelo y calcio en el subsuelo, es también baja.

El calcio del suelo tiene un coeficiente de asociación alto con la saturación de bases del subsuelo; la relación inversa presenta un coeficiente de asociación más bajo.

El aluminio del suelo presenta baja asociación con el del subsuelo; no hay certeza de una movilización pronunciada, más bien es de esperar que se formen compuestos secundarios en el subsuelo.

La relación negativa entre el aluminio del suelo y la saturación de bases tiene un porcentaje de asociación medio y es menor que la relación establecida para el suelo.

El coeficiente de determinación entre el aluminio del suelo y el pH del subsuelo es bajo y aproximadamente la mitad del que se obtuvo en el suelo; parece que hay una participación menor de la acidez activa (aluminio) en el pH de los subsuelos.

La saturación de bases del suelo tiene un coeficiente de determinación medio en relación al calcio del subsuelo; el porcentaje de asociación de la saturación tanto en el suelo como en el subsuelo, están estrechamente ligadas.

Los coeficientes de determinación del porcentaje de saturación con el aluminio y el pH del subsuelo son bajas.

El pH del suelo tiene un porcentaje de asociación medio respecto a la saturación de bases y al pH del subsuelo.

El calcio y el aluminio del subsuelo muestran baja asociación. El calcio y la saturación de bases de los subsuelos están íntimamente asociados; no así el calcio con el aluminio y el pH.

El aluminio del subsuelo muestra baja asociación con la saturación de bases y el pH del subsuelo. La saturación de bases y el pH del subsuelo presentan una asociación media.

f. Síntesis

El Cuadro Nº 57 es el resumen de la amplitud de variación de las propiedades de los llamados "latosoles".

El contenido de materia orgánica, el nitrógeno total, la relación C/N y los óxidos de hierro libre mostraron una variación relativamente menor; en las bases de cambio, el aluminio extraíble, el porcentaje de saturación y el fósforo disponible, las desviaciones fueron grandes.

La C.I.C. y la distribución granulométrica mostraron una variación intermedia entre los extremos antes señalados. Las variaciones se explican por la gran diversidad de ecosistemas en los cuales se han desarrollado estos suelos. Se infiere de lo anterior que el uso del término "latosol" en los diversos países de Mesoamérica es bastante diferente del concepto modal.

CUADRO Nº 57 - PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDARD DE ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS "LATOSOLES" ESTUDIADOS

pH (H_2O) *	S	4,95		(4,0 a 6,0)
	Sub	5,03		(3,8 a 6,2)
pH * ($CaCl_2$ 0.01 M)	S	4,36		(3,3 a 5,5)
	Sub	4,28		(3,3 a 5,4)
Materia orgánica	S	5,99	±	1,98
(%)	Sub	1,79	±	1,12
Nitrógeno total	S	0,22	±	0,09
(%)	Sub	0,08	±	0,04
C/N	S	12,20	±	3,35
	Sub	14,76	±	5,51
C.I.C.	S	31,60	±	10,77
Meq/100 gr	Sub	29,10	±	12,52
Calcio	S	4,66	±	3,77
Meq/100 gr	Sub	3,18	±	4,15
Magnesio	S	2,94	±	1,16
Meq/100 gr	Sub	2,26	±	3,13
Potasio	S	0,54	±	0,69
Meq/100 gr	Sub	0,22	±	0,26
Porcentaje de Saturación	S	24,06	±	16,25
	Sub	14,48	±	13,86
Fósforo ** asimilable	S	1,73	±	1,72
(ppm)	Sub	0,36	±	1,72
Oxidos libres de hierro (%)	S	3,63	±	1.13
	Sub	3,83	±	0,96
Aluminio extraible	S	2,30	±	2,16
meq/100 gr	Sub	3,13	±	3,17
Arcilla	S	38,63	±	15,93
(%)	Sub	61,02	±	10,96
Limo	S	36,87	±	10,64
(%)	Sub	26,82	±	8,05
Arenas	S	24,39	±	13,45
(%)	Sub	12,20	±	7,46

* Media armónica e intervalo de variación.
** No se incluyeron los suelos con trazas.

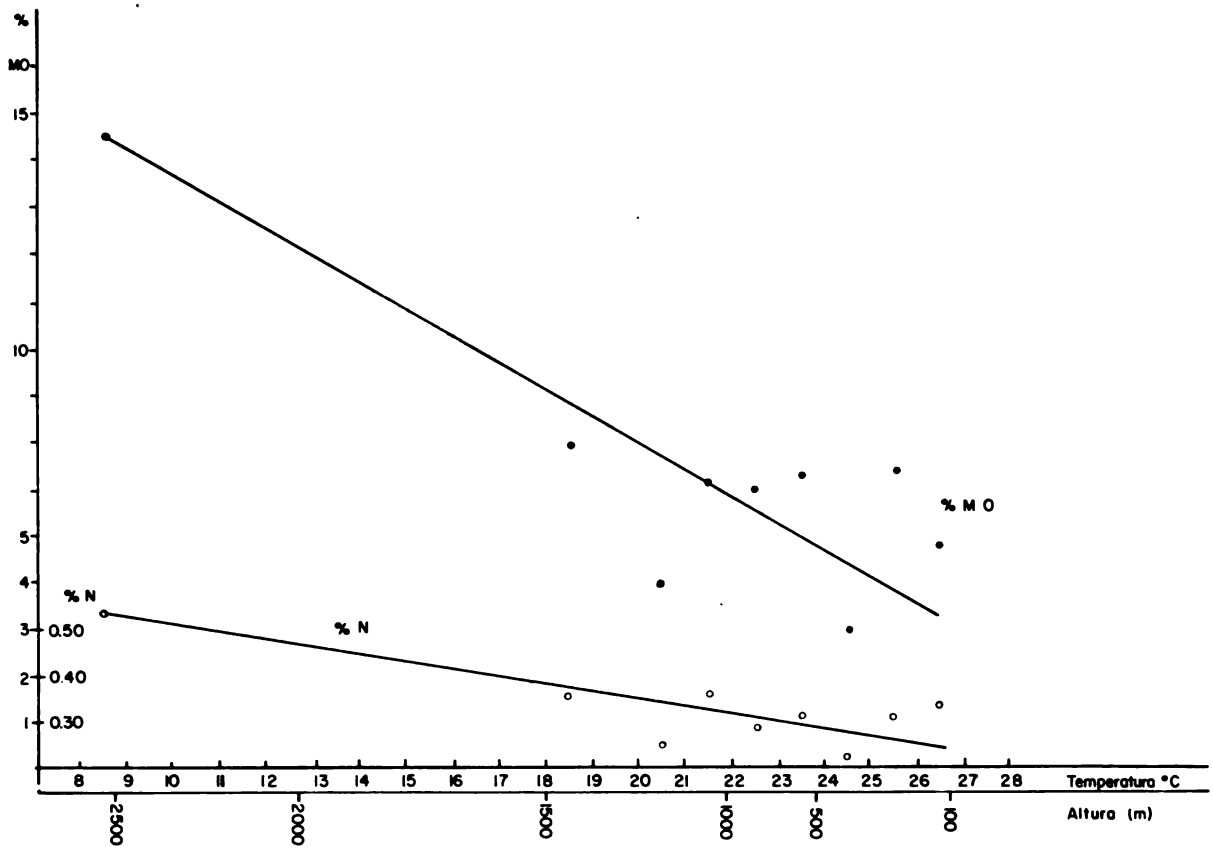


Fig. 17 Contenido promedio de nitrógeno y materia orgánica y la temperatura altitudinal promedio Vertiente del Pacífico (Guatemala, El Salvador, Costa Rica)(Suelos)

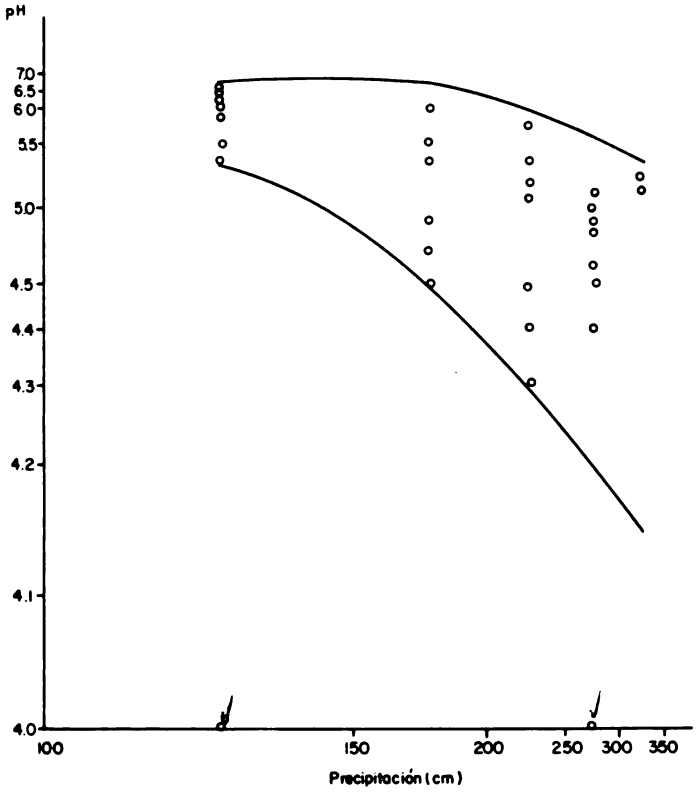


Fig. 18 Relación entre la precipitación y el pH en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

3. Parte III. Relaciones entre la pluviosidad y la temperatura con algunas propiedades de los "latosoles" de Mesoamérica.

Con anterioridad se mencionaron las investigaciones de Jenny (68, 69, 70, 71) referentes al efecto de la temperatura y humedad sobre el contenido de materia orgánica. Utilizando recientes trabajos sobre climatología de Centroamérica * se interpoló la precipitación de los sitios de muestreo a partir de los mapas de lluvia anual de los países del Istmo.

Para el cálculo de la temperatura se elaboraron perfiles de la distribución altitudinal de la misma para la vertiente del Pacífico de Guatemala, El Salvador y Costa Rica (de los demás países del Istmo se tiene escasa información por lo cual no se incluyeron en los cálculos). De esta manera se establecieron las gradientes de disminución de la temperatura relacionadas con la altitud $\frac{dt}{dh}$ = 0,6 a -0.8 ºC/100 metros.

a. Relación entre el contenido de materia orgánica y de nitrógeno con la temperatura altitudinal (calculada) promedio.

La mayoría de las muestras se recolectaron a bajas altitudes y muy pocas a alturas mayores de 1000 metros; los puntos representan contenidos promedio por cada grado de temperatura y la línea es una interpolación entre tales puntos y es de carácter interpretativo. Se observa una gran dispersión de puntos alrededor de la línea trazada y la tendencia al aumento de la materia orgánica y el nitrógeno con la altura no sigue un "continum" ascendente (Figura nº 17).

La dispersión de los puntos puede explicarse porque los sitios de muestreo corresponden a zonas ecológicamente diferentes y a otras

---

* TROJER, H. y JARAMILLO, R. Zonificación Agroclimatológica de Centroamérica. Proyecto IICA-SIECA, 1968. (En prensa).

diferencias en las propiedades de los suelos. La cubierta vegetal es en la mayoría de los casos pastos y una pocas son de bosque. Sería erróneo hacer generalizaciones, a partir de un muestreo con fines diferentes y sólo considerando algunas características climáticas (interpoladas en este caso).

Si bien está comprobado que el contenido de materia orgánica y de nitrógeno total aumenta con la altitud, el grado con el que se verifica este aumento es variable dependiendo de las características climáticas y por lo tanto ecológicas, para cada región. Si se sigue la línea interpolada se obtiene un aumento en el contenido de materia orgánica de aproximadamente 3,5 % (en 27 ºC) a cerca de 15 % (en 8,5 ºC); el contenido de nitrógeno dentro del mismo rango de temperatura fluctúa de 0,24 % a 0,52 %.

Hardy * presenta una relación exponencial entre la temperatura altitudinal y el contenido de nitrógeno: por cada 1000 metros la temperatura disminuye en 6 ºC; a partir de 30 ºC y 0,10 % de nitrógeno por una disminución en 6 ºC se duplica la cantidad de nitrógeno en el suelo hasta llegar a un máximo de 1,10 % a los 3000 metros y 12 ºC. Considera la cantidad de lluvia constante entre 1500 a 2000 metros. La suposición de un gradiante $\frac{dt}{dh}$ = 0,6 ºC/100 metros puede llevar a falsas conclusiones; en los valles interiores y planicies

* HARDY, F. Relationships between altitudinal temperature and soil nitrogen et Equator. Interamerican Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica. 1 p. s. f.

costeras este gradiente puede fluctuar entre 0,8 a 1,0 ºC/100 metros como lo encontraron Trojer y Jaramillo * en Centroamérica; además el considerar la lluvia como factor constante a diferentes alturas dejando de lado el efecto de las circulaciones locales y aún el de la circulación general, puede asimismo inducir a más serios errores que el debido al gradiente constante de la temperatura.

Las relaciones entre temperatura-lluvia y materia orgánica/nitrógeno parece que no siguen un modelo matemático rígido; es obvio que las características climáticas de cualquier región (factor dinámico) tienen una mayor influenica en la distribución de la materia orgánica y el nitrógeno, que el sólo efecto altitudinal (factor estático).

Las condiciones climáticas bajo las cuales se han desarrollado los suelos llamados "latosoles" en el presente estudio, corresponden según Sys (146) a individuos suelo desarrollados con una lluvia anual de más de 1200 mm, a alturas inferiores a 1500 m y con una media anual de la temperatura del suelo de más de 22 ºC; el régimen de humedad varía de bosque permanentemente húmedo a sabana tropical con una estación seca, lo cual puede corresponder a suelos ferralíticos con un porcentaje de saturación menor de 40 %. En la cronosecuencia de las áreas húmedas tropicales, Sys (146) considera a aquellas con precipitación mayor a 1200 mm; los suelos , meteoriza-

---

* TROJER, H. y JARAMILLO, R. Distribución altitudinal de la temperatura en Centroamérica. Proyecto IICA/SIECA, Turrialba, Costa Rica, 1968. (En prensa).

dos a partir de material parental con una cierta reserva de minerales, indican que las más importantes características morfológicas están relacionadas a su grado de meteorización química. La formación primaria del suelo está caracterizada por la desaparición de minerales meteorizables, formación de arcilla, liberación de sèsquióxidos y lixiviación de bases (horizontes cámbicos); gradualmente aparece una bien desarrollada estructura y la presencia de "cutans" (recubrimientos) en los agregados , lo cual es una expresión de la movilidad de las arcillas (horizonte argílico). Durante estas etapas de la formación del suelo, la relación limo/arcilla es alta y el color es pardo a pardo rojizo. Con la meteorización progresiva, la estructura se degrada y desaparecen los "cutans" en los "peds" ; aumenta el "chroma" y la relación limo/arcilla disminuye, mientras los contenidos de gibsita y caolinita aumentan. El resultado es la formación de un horizonte "óxico" típico.

En áreas con lluvia menor de 1200 metros se desarrollan suelos ferralíticos con una saturación de bases mayor de 40 %.

La cronosecuencia de los suelos fersialíticos se caracteriza por las siguientes etapas: En principio un horizonte orgánico superficial yace sobre una roca parcialmente meteorizada; en la siguiente etapa el horizonte superficial orgánico yace sobre un horizonte cámbico y en la tercera etapa el horizonte orgánico yace sobre un horizonte argílico.

b. Relación entre la precipitación con el pH.

En la Figura Nº 18 se presentan la relación entre la precipitación interpolada y el pH. Los pH de los suelos en una escala arbi-

traria por intérvalos de precipitación; es decir que el pH de los suelos situados entre 1000 y 1500 metros se interpolaron en un punto equidistante entre los límites o sea 1250 metros.

Las líneas son de carácter interpretativo y no tienen significancia estadística.

Con un incremento en la cantidad anual de lluvia es de esperarse que disminuya el pH por el reemplazo de las bases lixiviadas por el aluminio e iones hidrógeno en los sitios de intercambio; el grado de incremento de la acidez es muy variable y no sigue un patrón muy definido (véase en la abcisa pH 4,0 en diferentes cantidades de precipitación).

c. Relación entre la precipitación anual con el porcentaje de saturación y el aluminio extraíble.

En la Figura Nº 19 se muestra la relación entre la precipitación anual con el porcentaje de saturación y el aluminio extraíble; los puntos corresponden a valores promedio para cada intérvalo de precipitación. La relación entre el regimen de humedad y la saturación de bases ha sido sugerida por varios investigadores (146). En el Congo se ha informado que los "hygrokaolisols ferralíticos" bajo formaciones de bosque muy húmedo tropical tienen generalmente una saturación inferior a 25 % en los horizontes subsuperficiales; en suelos ferralíticos de sabana ("hygro-xerokaolisols") el porcentaje de saturación varía entre 25 a 50 %; en las sabanas del Sudán con una larga estación seca y precipitación anual menor de 1200 mm, los suelos tienen una saturación más alta de 40-50 %.

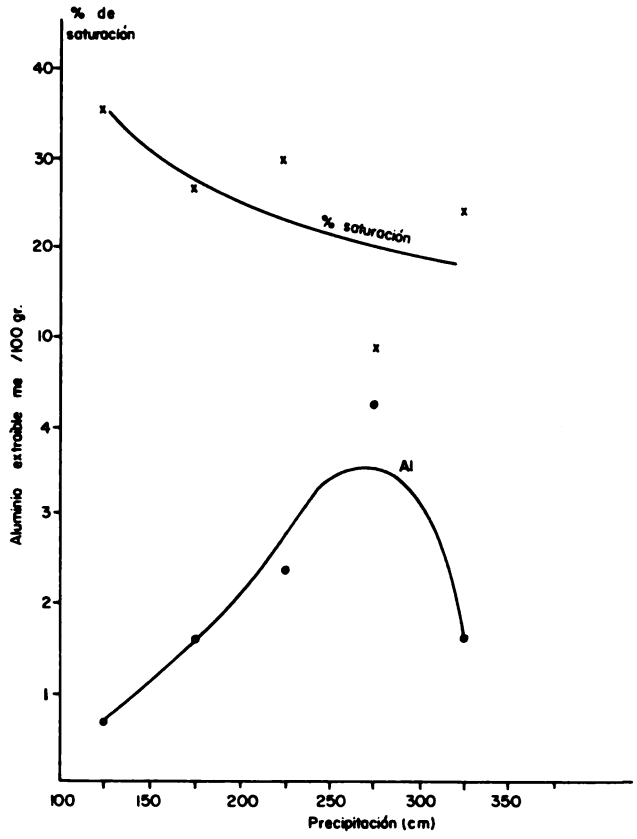


Fig. 19 Relación entre la precipitación anual y los promedios (para algunos rangos de precipitación) de aluminio extraíble y el porciento de saturación en algunos "latosoles" de Mesoamérica (Suelos)

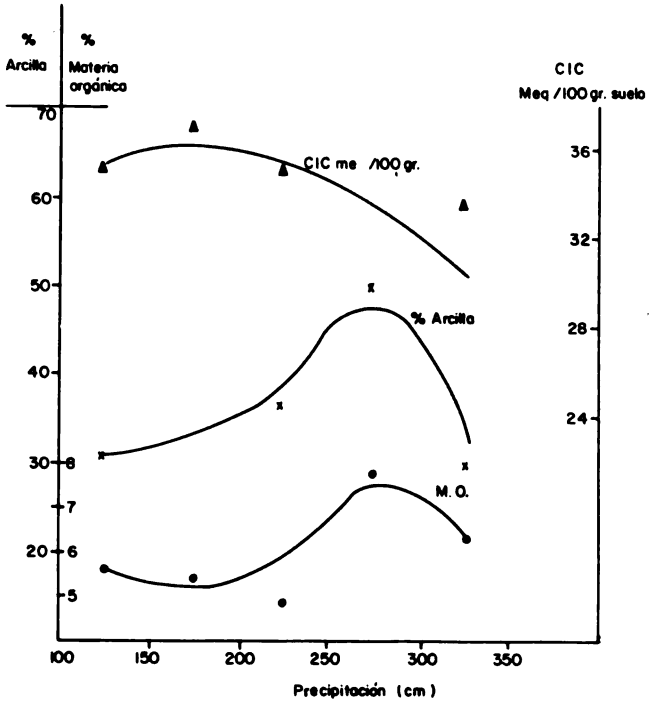


Fig. 20 Relación entre la precipitación anual y los promedios (para algunos rangos de precipitación) de capacidad de intercambio catiónico, porciento de materia orgánica y porciento de arcilla en algunos "latosoles" de Mesoamérica. (Suelos)

La tendencia entre el porcentaje de saturación y la cantidad de lluvia anual es inversa como se muestra en la figura Nº 19. La lixiviación de bases conlleva una disminución del pH; el proceso involucra asimismo la perdida de sílice, la neosíntesis de caolinita y hay además una extrema individualización seguida por la acumulación de sesquióxidos de hierro y/o aluminio.

Maignien (78) menciona que la concentración de sesquióxidos de aluminio son reducidos en los horizontes superiores y la acumulación que se presenta puede ser relativa, como resultado de la lixiviación de los elementos más solubles o por la inmovilización absoluta de los sesquióxidos lavados de la parte superior del perfil; el primer proceso (lixiviación) afecta al aluminio principalmente y el segundo al hierro y al manganeso.

En la figura Nº 19 es posible que la máxima concentración de aluminio extraíble en los suelos se presente entre 2000 a 3000 mm y que con un aumento de la pluviosidad la lixiviación sea mayor hacia horizontes inferiores transformándose en gibsita o bauxita.

d. Relación entre la precipitación anual con el contenido de materia orgánica, el porcentaje de arcilla y la C.I.C. en meq/100 gr.

Con un aumento de la precipitación el grado de meteorización es mayor lo cual se traduce en un decrecimiento de la C.I.C. (Figura Nº 20).

Según Martini (91) la C.I.C. de la arcilla debe disminuir debido al cambio en la clase de minerales arcillosos y otros intercambiadores.

Craig y Loughnan (33) afirman que con el aumento de lavado hay una secuencia de transformación desde los minerales primarios a montmorillonita (por seudomorfismo), luego a montmorillonita pobremente cristalina a haloisita ó caolinita y a sesquióxidos minerales bauxíticos.

Martini (91) dice que los cambios se suceden desde alofana y silicatos tipo 2:1 a silicatos tipo 1:1 y sesquióxidos. Las cantidades de arcilla en el suelo tendrán un continuo incremento hasta que se presente una degradación de los minerales de arcilla, como resultado de la pérdida en el sistema de los constituyentes básicos por lixiviación.

Así entre 2500 a 3000 mm hay una acumulación máxima de arcilla en los suelos. Si bien el continuo lavado empobrece el suelo de cationes de tal manera que el pH disminuye a menos de 5,5 según Van der Voort (158), a este pH no se presenta transporte de sílice de los horizontes A al B pero la caolinita se forma in situ como producto estable.

Maignien (88) confirma lo anterior pues dice qué condiciones de baja saturación y a pH ácido coinciden con la aparición de caolinita; pero con una alta precipitación y buen drenaje se favorece el transporte de la sílice y de los elementos conocidos como móviles, lo cual limita la neosíntesis de la arcilla debido principalmente a la falta de SiO_2 .

Anteriormente se discutió la influencia de la precipitación en la materia orgánica. Los "latosoles" estudiados se encuentran

a una altura inferior a los 1000 metros; la temperatura media anual en la mayoría de los suelos es superior a 20 ºC.

La aparente mayor acumulación de la materia orgánica se presenta entre 2500 a 3000 mm y luego hay un ligero descanso.

Según Martini (91) la fracción orgánica parece ser más dinámica y los picos máximos se alcanzan rápidamente; el decrecimiento del contenido de materia orgánica es rápido hasta que el contenido de arcilla del suelo es suficientemente alto como para inhibir la descomposición de la materia orgánica debido a la disminución de la aireación y formación de complejos arcillo/orgánicos.

Kononova (80) afirma que un aumento simultáneo de temperatura y humedad en relación a un valor óptimo disminuye la intensidad de descomposición; tal aserto corresponde al pico máximo entre 2500 y 3000 mm y temperaturas altas (menores de 25 ºC). Si hay un aumento de la pluviosidad y la temperatura es mayor de 25 ºC (temperatura crítica según Mohr (99), es posible que la rata de descomposición exceda a la de acumulación y probablemente habrá una disminución en el contenido de materia orgánica.

e. Síntesis

Hay una tendencia al aumento de la materia orgánica y el nitrógeno con la altura; pero parece que las relaciones temperatura, lluvia y materia orgánica-nitrógeno, no siguen un determinado modelo matemático; las características climáticas tienen mayor influencia que el solo efecto altitudinal.

También hay tendencia a que el pH, el porcentaje de saturación y la C.I.C. disminuyan con un incremento de la precipitación anual en los suelos considerados como "latosoles".

El aluminio extraíble, el porcentaje de arcilla y el contenido de materia orgánica tienen un pico máximo entre 2500 y 3000 metros.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente estudio se realizó con el objeto de caracterizar las propiedades de los llamados "latosoles", cuantificar su variabilidad y encontrar las posibles relaciones entre las mismas; además, comparar tales propiedades con las definidas para el "latosol modal" y así tratar de establecer el grado de correspondencia entre el modelo teórico y la clasificación asumida.

Se analizaron 120 muestras (60 suelos y 60 subsuelos); sólo las muestras procedentes de 45 perfiles (45 suelos y 45 subsuelos) se consideraron como latosoles; las demás se tienen para fines de comparación. Tales muestras provienen de los países centroamericano con excepción de Honduras, Panamá y México.

La ausencia de una descripción morfológica detallada del perfil, además de la falta de análisis mineralógicos, limitan el presente trabajo. Se infiere que el nombre de "latosol" que aquí se usa es meramente apriorístico, puesto que no se tiene el conjunto de características para establecerlo con certeza; de esta manera, sólo se dan intervalos de variación de las propiedades para que posteriores estudios lo confirmen o complementen.

Los análisis de las muestras comprendieron: la medición del pH, la determinación de carbono orgánico, nitrógeno total, capacidad de intercambio de cationes, calcio, magnesio, potasio, fósforo asimilable, óxidos de hierro libre, aluminio extraíble, y distribución granulométrica.

Para interpretar los resultados experimentales se utilizó análisis estadístico que consistió en: estadística simple (promedio, intervalos de variación, desviación estandard) y matriz de correlaciones. Además se ensayó el uso de una matriz parcial de correlaciones para estimar cuales serían las relaciones si el conjunto suelo no existiera.

Las conclusiones del presente estudio se sintetizan de la siguiente manera:

1. Algunas de las muestras provienen de regiones cuyos suelos presentan un avanzado grado de meteorización; hay indicios de que los suelos de tales regiones no han alcanzado el último grado de meteorización y sólo se encuentran transiciones hacia este.

2. En Mesoamérica se ha usado con criterio poco definido el término latosol o afines para denominar a aquellos suelos que se cree son los más alterados; la clasificación y nomenclatura difieren de la concepción original de "latosol típico", Ninguna de las muestras analizadas en el presente estudio se ajusta a tal concepto.

3. El término "latosol" debe ser reemplazado pues la nomenclatura no corresponde al sentido original de la clasificación. La nomenclatura propuesta por el proyecto FAO/ONU parece acercarse en mayor grado a las características morfogenéticas de los suelos en estudio.

4. No se puede aseverar que algunos de los perfiles analizados sean o no oxisoles pues son escasos los datos experimentales al respecto. Sin embargo algunas propiedades determinadas o calculadas (C.I.C./100 gr de arcilla, relación limo/arcilla, relación arcilla suelo/arcilla subsuelo) hacen improbable la existencia de tal orden en

Centroamérica.

5. Las características químicas determinadas indican una fertilidad media a baja: tanto suelos como subsuelos son ácidos; tienen contenidos de materia orgánica y nitrógeno total medios a bajos; la relación C/N está alrededor de 12 en los suelos y 15 en los subsuelos. La C.I.C. varía tanto en suelos como en subsuelos; los contenidos de bases, en general, son de medios a bajos; la saturación es baja, especialmente en los subsuelos. Suelos y subsuelos presentan deficiencia en fósforo asimilable. Los contenidos de óxidos de hierro libre y aluminio extraíble son bajos. Los suelos presentan texturas medias a pesadas y los subsuelos son arcillosos en su mayoría.

6. Los coeficientes de correlación entre los conjuntos suelo-subsuelo de la materia orgánica, nitrógeno y pH por una parte y calcio, aluminio, porcentaje de saturación y pH por otra, aunque presentaron significancia al 2 %, los porcentajes de asociación en la mayoría de los casos era sólo medio.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

This research was darried out with the main purpose of characterizing the properties of the so-called latosoles, to describe quantitively their variability and to find out some relationships among their components. Properties were compared with those given for the "modal latosol" to determine the degree of agreement between the theoretical pattern and the hypothezied classification.

Soils and subsoils from 60 different sites were studied. Only the samples from 45 profiles (45 soils and 45 subsoils) were considered as latosoles; the others were included for comparative purpose. The samples were collected in Central American countries (with the exception of Honduras), Panama and Mexico.

This study has been restricted by the lack of sufficiently detailed morphological description of the profile, as well as by the lack of mineralogical analysis. However, it was never intended for this to be a pedologic study.

The following characteristics were analyzed: pH, organic carbon, total nitrogen, cation exchange capacity, calcium, magnesium, potasium, available phosphorus, free iron oxides, extracted aluminum, and granulometric distribution.

In order to interpret the experimental results, an statistical analysis was carried out, which consisted of: simple statistics (average, range of variation, standard desviation) and principle of correlations. The principle of partial correlations was also applied in order to estimate which might be the relationship if the soil would not exist.

The conclusions of the present study are summarized in the following manner:

1. Some samples come from regions whose soils show an advanced degree of weathering; there are certain indications which demonstrate that these soils have not reached the ultimate degree of weathering.

2. In Mesoamerica, the word latosol or related terms, have not been used with a well defined criteria to describe those soils which are believed to have reached the maximum degree of weathering. The concept used differs from the original idea of the typical latosol. None of the samples analyzed in this study agre with this concept.

3. The term latosol must be replaced, since the nomenclature does not agree with the original version of the classification. The nomenclature proposed by FAO/ONU project seems to be the closest to the morphogenetic characteristics of the soils studied.

4. There are no basis to support that some of the Profiles analyzed are or are not oxisoles, since data available on this regard is limited. However, some properties already determined or estimated (C.E.C./100 gr of clay, silt/clay ratio, clay soil/clay subsoil ratio, make it improbable for such order to exist.

5. The chemical characteristics determined indicate: soils as well as subsoils are acid; their total contents of organic matter and nitrogen are medium to low; the relationship C/N is around 12 in the soils and 15 in ths subsoils. The C.E.C. is medium to low in soils, as well as in subsoils; the per cent base saturation is medium to low.

The soils have medium to heavy textures, and subsoils are in their majority clay.

6. The correlation coefficients among the set of properties in soils and in subsoils do not show any remarkable association. The profiles consideres were: organic matter, nitrogen, pH, calcium, aluminum and percent of basis.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, H. N. Algunos suelos de la meseta de Tarasca. Génesis y clasificación. Chapingo, México, Escuala Nacional de Agricultura. Boletín Técnico Nº 1. 1961. 28 p.

2. AID RESOURCES INVENTORY CENTER. Costa Rica; análisis regional de recursos físicos de Centroamérica y Panamá. Washington, D. C., 1965. s.p.

3. ALEXANDER, L. T. y CADY, J. G. Genesis and hardening of laterite in soils. USDA Technical Bulletin nº 1282. 1962. 90 p.

4. ALLISON, F. E., DOETSCH, H. y ZOLLER, E. M. Ammonium fixation and availability in harpster clay loam. Soil Science 72: 187-200. 1951.

5. AUBERT, G. Les sols lateritiques. International Congress of Soil Science, 5th., Leopoldville 1:103-118. 1954.

6. _____. Les sols tropicaux. In International Congress of Soil Science. 8th, Bucarest, Romania, 1:213-229. 1964.

7. BALERDI, F., MULLER, L. y FASSBENDER, H. W. Estudios del fósforo en suelos de América Central. III Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. Turrialba (Costa Rica) 18(4):348-360. 1968.

8. BECKET, P. H. T. The cation exchange equilibria of calcium and magnesium. Soil Science 100 (2):118-123. 1965.

9. BENNEMA, J. The red and yellow soils of the tropical and subtropical uplands. Soil Science 95:250-257. 1963.

10. _____ y VETTORI, L. The influence of the carbon/clay and silica/sesquioxides ratios on the pH of latosols. International Congress of Soil Science, 7th, Madison, Wisconsin, 1960. 4:244-250. 1961.

11. BIRCH, H. F. y FRIEND, M. T. The organic matter and nitrogen status of East African soils. Journal of Soil Science 17(1): 156-167. 1956.

12. BORNEMISZA, E. Acidez, contenido de potasio y materia orgánica de algunos suelos de Costa Rica. Mihisterio de Agricultura, Costa Rica. Informe poligrafiado Nº 59-2. 1959. 18 p.

13. _____. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba (Costa Rica) 15(1):20-24. 1965.

dity and aluminum content. In Inter-Ameri-
f Agricultural Sciences. The Application of
to Agriculture; triennial report to the
tomic Energy Commission. Prepared by Carl C.
., Costa Rica, 1968. pp. 120-121.

R. Cation exchange capacity of Costa Rica
ils at different pH values in the presence
er or after its destrùction. s.n.t. 9 p.
.

.e Annual Meeting of the Soil Science Society
ew Orleans, 1969.

R. y RIOS, V. Cation movement in acid Central
In Inter-American Institute of Agricultu-
he application of Nuclear Energy to Agricul-
port to the United States Atomic Energy Com-
ed by Carl C. Moh. Turrialba, Costa Rica,
78.

l. Investigación preliminar de las posibili-
vación del suelo y del agua en El Salvador.
l Salvador, Servicio Cooperativo Interameri-
ública, 1946. 159 p.

ecalibration of hydrometer method for making
ysis of soils. Agronomy Journal 43:434-438.

er method improved for making particle size
ls. Agronomy Journal 54:464-465. 1962.

Exchangeable cation analysis of saline and
Soil Science 73:251-261. 1952.

, L. T. Determination of total organic and
of phosphorus in soils. Soil Science 59:

mic absorption, method of analysis for agri-
s. Soil and Crop Science Society of Florida.
53-64. 1966.

al nitrogen. In Black, C. A. et al. Methods
s: II chemical and microbiological properties.
sin, American Society of Agronomy, 1965.
(Agronomy Nº 9).

he soil organic fraction. Advances in Agrono-

25. BROWN, J. W. y WOLFSCHOON, T. A. Some chemical and physical properties of representative soils of the Republic of Panama. International Congress of Soil Science, 7th, Madison, Wisconsin, 1960. 4:271-277.

26. CALTON, W . F. The catena in relation to the classification of East African soils. In International Congress of Soil Science, 5th, Leopoldville 4:58-61. 1954.

27. CASTILLO, M. R. Aspectos geológicos de los yacimientos de arcilla y laterita de Costa Rica. Costa Rica, Ministerio de Industrias, Dirección de Geología, 1965. Informe Nº 16. 48 p.

28. CHAPMAN, H. D., ed. Diagnóstic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, Division of Agricultural Science, 1966. 793 p.

29. CHENERY, E. M. A preliminary study of aluminum and tea bush. Plant and Soil 6:174-200. 1955.

30. CLINE, M. G. Methods of collection and preparing soil samples. Soil Science 59:3. 1945.

31. COMBEAU, A., OLLET, C. y QUANTIN, P. Observaciones sobre ciertas características de los suelos ferralíticos. Fertilité 13:27-38. 1961.

32. COLMET-DAAGE, F. et al. Caracteristiques de quelques sols derivés de cendre volcaniques de la cote Pacifique du Nicaragua. 1968. 69 p. (Mimeografiado).

33. CRAIG, D. C. y LOUGHNAN, F. C. Weathering of basic volcanic rocks. Australian Journal of Soil Science 2(2):218-234. 1964.

34. CUANALO, H. Los grandes grupos de suelos de la zona de Tuxtepec, Oaxaca. Chapingo, México, Escuala Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Seminario Nº 5. 1963. 22 p.

35. DAHNKE, W. C., MALCOLM, S. L. y MENENDEZ, M. E. Phosphorus fractions in selected soils profiles of El Salvador as related to their development. Soil Science 98:33-38. 1964.

36. DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analysis. InºBlack, C. A. et al. Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567. (Agronomy Nº 9).

37. D'HOORE, J. y CROEGART, J. Signification de la fraction limoneuse dans quelques sols congolais. Conference Inter-Africaine des Sols. 2eme. Leopoldville 2:1105-1114. 1954.

38. DIAZ-ROMEU, R. y BALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 3 p.

39. DIXON, A. J. Effects of heavy applications of lime to soils derived from volcanic ash on humid Hilo and Hamakua coasts Islands of Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin nº 47, 1966. 52 p.

40. DONDOLI, C. La región del General. Condiciones geológicas y geoagronómicas de la zona. Costa Rica, Departamento Nacional de Agricultura. Boletín Técnico nº 44. 16 p.

41. _____. Zona de Palmares. Estudio geoagronómico. Costa Rica, Ministerio de Agricultura, Boletín Técnico nº 5. 1951. 16 p.

42. _____ y TORRES, J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.

43. DUCHAUFOUR, P. Soil classification. A comparison of the American and the French systems. Journal of Soil Science 4(1):149-155. 1963.

44. DUDAL, R. y BRAMAO, D. C. Suelos arcillosos oscuros en las regiones tropicales. Roma, FAO. 1967. 170 p. (Cuaderno de Fomento Agropecuario nº 83).

45. ELGABALY, M. M. y WIKLANDER, L. Effect of exchange capacity of clay mineral and acidoid content on uptake of sodium and calcium by excised barley and pea roots. Soil Science 67: 419-424. 1949.

46. EL SALVADOR DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS, SECCION SUELOS. Resultados de análisis de Laboratorio del mapa de suelos. Santa Tecla, El Salvador, 1958-62. p.irr.

47. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y la llanura Atlántica de Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana, Costa Rica 3: 187-202. 1966.

48. _____, MULLER, L. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. Turrialba, Costa Rica 18(4):333-347. 1968.

49. FERNANDEZ, C. M. Notas geológicas sobre los depósitos de laterita y bauxita localizados en Costa Rica. Costa Rica, Ministerio de Industrias, Departamento de Geología, Minas y Petróleo. Informe nº 10. 1962. 32 p.

50. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The soil resources of Latin America. 2nd draft. Rome, FAO/UNESCO, 1965. 115 p. (FAO World Soil Resources Reports nº 18).

51. _____. Bibliography on soil and related sciences for Latin America (first draft, March 1966). Rome, 1966. 105 p. (FAO World Soils Resources Reports nº 23).

52. _____. Proyecto de mapa de suelos de Centroamérica. Santiago, Chile. FAO/UNESCO, 1968. p.irr.

53. GAVANDE, S. Física de suelos. Método combinado de hidrómetro y tamizado. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1968. 4 p.

54. GHYLDYAL, B. P. Influence of tropical seasons on carbon and nitrogen transformations; nitrite and nitrate formers and bacterial plate count. Soil Science and Plant Nutrition 9(2):28-34. 1963.

55. GREENE, H. Some recent work on soils of the humid tropics. Soils and Fertilizers. 24:325-327. 1961.

56. HARDY, F. La relación carbono/nitrógeno en los suelos de cacao. Turrialba (Costa Rica) 9(1):4-11. 1958.

57. _____ y BAZAN, R. Studies in Costa Rica soils. Turrialba, Costa Rica, Interamerican Institute of Agricultural Sciences. 1963. p.irr.

58. HARRIS, S. A. On the classification of latosols and tropical brown earths of high rainfall areas. Soil Science 96:210-216. 1963.

59. _____ et al. The major soil zones of Costa Rica. In Congreso Latinoamericano de Química, 10º, San José, Costa Rica, Febrero 2-9, 1969. Actividades generales y resumenes, San José, 1969. p. 121.

60. HIGASHI, T. Clay minerals and base status of strongly acid soils. Soil Science and Food Nutrition 7(3):94-103. 1961.

61. HOLDRIDGE, L. R. La vegetación de Costa Rica. In Costa Rica Dirección de Estadística y Censos. Atlas Estadístico de Costa Rica. San José, Costa Rica, 1953. pp. 32-33.

62. _____. Mapa ecológico de El Salvador. In Loehnholdt, F. The Agricultural economy of El Salvador. San Salvador, United Missions, 1953. Escala 1:1.000,000.

63. _____. Middle America. In American Geographical Society, ed. A world geography of forest resources. New York, The Ronald Press, 1956. pp. 183-189.

64. _____. Mapa ecológico de Nicaragua. Managua, Nicaragua, Agencia para el Desarrollo Internacional del gobierno de los Estados Unidos de América, 1962. Escala 1:1.000,000.

65. _____ y BUDOWSKI, G. Report of an ecological survey of the Republic of Panama. Caribbean Forester 17(3-4):92-110. 1957.

66. _____, LAMB, B. I. y MASON, B. Los bosques de Guatemala. Guatemala, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, e Instituto de Fomento de la producción, 1950. 174 p.

67. HONG, T. K. y VAN SCHUYLENBORGH, J. On the classification and tenesis of soils derived from andesitic volcanic material under a monsoon climate. Netherlands Journal of Agricultural Science 7(1):1-19. 1959.

68. JENNY, H. A study on the influence of climate upon nitrogen and organic matter content of the soil. Missouri, Agricultural Experiment Station. Research Bulletin nº 152, 1930. 66 p.

69. _____. Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. Soil Science 69:63-76. 1950.

70. _____. Comparison of soil nitrogen and carbon in tropical and temperate regions. Missouri Agricultural Experiment Station. Research Bulletin nº 765, 1961. 31 p.

71. _____, GESSEL, S. P. y BINGHAM, F. I. Comparative study of descomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Science 68:419-433. 1949.

72. JEWITT, T. N. The distribution of organic matter in depth in some tropical seasonally flooded soils. Journal of Soil Science 3(1):63-67. 1952.

73. KANEHIRO, Y. y CHANG, A. T. Cation exchange properties of the Hawaiian great soil groups. Hawaii Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin nº 31, 1956. pp. 1-27.

74. 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.

75. _____. VI Section of tropical and subtropical soils. Intertional Congress of Soil Science, 4th, Amsterdam, 1950. Vol. 1 pp. 266-276.

76. KEY, J. L., KURTZ, L. T. y TUCKER, B. B. Influence of ratio of exchangeable Ca/Mg on yield and composition of soybeans and corn. Soil Science 93:265-270. 1962.

77. KILMER, V. J. The estimation of free iron oxides in soils. Soil Science Society of America Proceedings 24:420-421. 1960.

78. KLEMMEDSON, J. O. y JENNY, H. Nitrogen availability in California soil in relation to precipitation and parent material. Soil Science 102:215-222. 1966.

79. KLINGE, H. Beitrage zur Kenntnis Tropischer Böden. IV Uber Gesamthumus und Stickstoff in Böden El Salvador, Zentralamerica. Zeitschrift für Planzenern. Düng und Bodenkunde 97:40-51. 1962.

80. KONONOVA, M. M. Soil organic matter. Its nature, its role in soils formation and in soil fertility. Translated from the Russian by T. Z. Nowakowski y A. C. D. Newman. 2nd ed. New York, Pergamon Press, 1966. 544 p.

81. LAURELLE, J. Les grands catena au Parc National de la Kagera, Ruanda. Pédologie 11:158-216. 1961.

82. LEOPOLD, S. A. Wild life in Mexico. Berkeley, University of California Press, 1959. pp. 18-37.

83. LITTLE, I. The determination of exchangeable aluminum in soils. Australian Journal of Soil Science 2(1):76-82. 1964.

84. LOPEZ, C. A. Identificación y clasificación de los minerales de arcilla presentes en nueve suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, 1963. 56 p.

85. LOUE, A. Contribución al estudio de la nutrición catiónica y particularmente potásica del maíz. Fertilité 20:3-57. 1963.

86. MACIAS, V. M. Suelos de la república mexicana. Ingeniería Hidráulica (México) 14(2):51-71; 14(3):63-73. 1960.

87. _____. Suelos de la república mexicana. México, D. F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Agrología, 1964. 120 p.

88. MAIGNIEN, R. Review of research on laterites. Paris, UNESCO, 1966. 184 p. (Natural Resources Reports nº 17).

89. MALDONADO-KOERDELL, M. Geohistory and paleography of Middle America. In Wauchope, R. ed. Handbook of Middle American Indians. I. University of Texas Press, 1964. pp. 3-32.

90. MARTIN, A. E. Nitrogen transformation in soil excluding denitrifications. In A Committee of the Division of Tropical Pastures, Australia, ed. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Bulletin nº 46. 1962. pp. 72-82.

91. MARTINI, J. A. Chemical, mineralogical and physical properties of seven surface soils from Panama with special reference to cation exchange capacity and potasium status. Ph. D. thesis Ithaca, New York, Cornell University Press, 1966. 190 p. (Mimeografiado).

92. _____. Caracterización del estado del potasio en seis suelos de Panamá. Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica) 3(1-2):163-186. 1966.

93. _____. Principales grandes grupos de suelos de América Central y de México. Fitotecnia Latinoamericana (Costa Rica) 4(1):57-79. 1967.

94. _____, ARCHU, R. y LEZCANO, P. N. Forest soils of Darien Province, Panama. Tropical Woods 112:28-39. 1960.

95. MCLEAN, E. O. Aluminum. In Black, C. A. et al. Methods of soil analysis. II Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 978-998. (Agronomy nº 9).

96. MCLEOD, L. B. y JACKSON, L. P. Water soluble and exchangeable aluminum in acid soils as affected by liming and fertilization. Canadian Journal of Soil Science 47(3):203-210. 1967.

97. MEETING ON SOIL CORRELATION FOR NORTH AMERICA, 1st, Mexico, 1960. Report. Rome, FAO/UNESCO, 1965. 10 p. (FAO World Soil Resources Reports nº 17).

98. MIRANDA, F. Algunos aspectos pedológicos de suelos del Sur de Veracruz. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Seminario nº 12. 1963. 11 p.

99. MOHR, E. C. J. y VAN BAREN, F. A. Tropical soils; a critical study of soil genesis as related to climate, rock and vegetation. New York, Inter-Science Publishers, 1954. 498 p.

100. MORISON, C. G. T. The catena concept and the classification of tropical soils. In Commonwealth Conference on Tropical and Subtropical Soils, 1st. Proceedings. Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication nº 46, 1948. p. 124-128.

101. MOSQUERA, L. L. Génesis y propiedades de los suelos de una secuencia topográfica en el trópico húmedo cálido. Tesis Magister Scientiae, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 141 p. (Mimeografiado).

102. MULLER, L. Un aparato micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba 11(1):17-25. 1961.

103. _____ et al. Estudio del fósforo en suelos de la América Central. I. Ubicación características físicas y químicas de los suelos estudiados. Turrialba (Costa Rica) 18(4): 319-332. 1968.

104. MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Baltimore, Munsell, 1954. 20 p.

105. NYE, P. H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. Plant and Soil 13(4):322-346. 1946.

106. _____. Some soil forming processes in the humid tropics. II. The development of the upper slope member of the catena. Journal of Soil Science 6(1):51-62. 1955.

107. _____. Soil analysis and the assesment of fertility in tropical soils. Journal of the Science of Food and Agriculture 14(1):277-280. 1963.

108. _____ y GREENLAND, D. J. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Bureau of Soil Science. Technical Communication nº 51. 1960. p. 19-23

109. NYE, P. H. y GREENLAND, D. J. Changes in the soil after clearing tropical forest. Plant and Soil 21(7):101-112. 1964.

110. ORTIZ, M. R. Los recursos agrológicos de la república mexicana. Ingeni ría Hidráulica 9(4):59-76, 1955; 10(1):33-52; (4):71-84, 1956; 11(1):69-85, 1957.

111. PEECH, M. et al. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S.D.A. Circular nº 757. 1947.

112. _____. Hydrogen-ion activity. In Black, C. A. et al. Methods of soil analysis. II. Chemical and microbiological properties. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 915-926. (Agronomy nº 9).

113. PENDLETON, R. L. y NICKERSON, D. Soil color and special Munsell color chart. Soil Science 71:35-43. 1951.

114. PIERRE, W. H. Hydrogen-ion concentration, aluminum concentration in the soil solution and percentage base saturation as factors affecting plant growth in acid soils. Soil Science 31:183-207. 1931.

115. PLATH, C. V. Uso potencial de la tierra de El Salvador; evaluación basada en los recursos físicos. I. Un estudio centroamericano. Roma, FAO, 1964. 21 p. (FAO nº AT 2234).

116. _____. Uso potencial de la tierra de Nicaragua; evaluación basada en los recursos físicos. IV. Un estudio centroamericano. Roma, FAO, 1966. 21 p. (FAO nº AT 2234).

117. _____. La capacidad productiva de la tierra en la América Central. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 19 p. (Publicación Miscelánea nº 44).

118. _____ y SLUIS, A. J. van der. Uso potencial de la tierra de Costa Rica; evaluación basada en los recursos físicos. II. Un estudio centroamericano. Roma, FAO, 1964. 25 p. (FAO nº AT 2234).

119. _____ y SLUIS, A. J. van der. Uso potencial de la tierra del Istmo Centroamericano; evaluación basada en los recursos físicos. VII. Un estudio centroamericano. Roma, FAO, 1964-1965. 30 p. (FAO nº AT 2234).

120. POPENOE, H. Some soil cation relationship in an area of shifting cultivation in the humid tropics. International Congress of Soil Science, 7th. Madison, Wisconsin. 2:303-312. 1960.

121. PRESCOT, T. A, y PENDLETON, R. L. Laterite and laterite soil. Commonwealth Bureau of Soil Science. Technical Communication nº 47. 1952. 51 p.

122. RADWANSKI, S. A. y OLLIER, C. D. A study of an East African Catena. Journal of Soil Science 10(2):149-168. 1959.

123. RICO, M. Report on soils of volcanic ash origin in El Salvador. In FAO Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash. Tokyo, 1964. pp. 23-29.

124. RIOS, V., MARTINI, J. A. y TEJEIRA, R. Efecto del encalado sobre la acidez y el contenido de aluminio y hierro extraíble en nueve suelos de Panamá. Turrialba (Costa Rica) 18(2):139-146. 1968.

125. ROBERTS, R. J. e IRVING, E. M. Mineral deposits of Central America. Washington, U. S. Government Print Office, 1957. 205.p.

126. ROBINSON, G. W. Some considerations on soil classification. Journal of Soil Science 1:250-255. 1949.

127. RODRIGUES, G. Fixed ammonia in tropical soils. Journal of Soil Science 4(2):264-274. 1954.

128. SAIZ DEL RIO, J. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnósis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1961. 107 p.

129. SEGALEN, P. Le fer dans les sols. Paris, Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-mer, 1964. 150 p. (Initiations documentations techniques nº 4).

130. SCHOFIELD, R. K. y TAYLOR, A. W. The measurement of soil pH. Soil Science Society of America. Proceedings 19(2):164-167. 1955.

131. SHUYLENBORGH, J. van. Investigations on the classification and genesis of soils, derived from tuffs under humid tropical conditions. Netherland Journal of Soil Science 5:195-210. 1957.

132. SHIELDS, J. A. et al. Measurement of soil color. Canadian Journal of Soil Science 46(1):83-90. 1966.

133. SIMMONS, CH. S. Geografía de los suelos de Guatemala. In Asamblea Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, 1a. México, Secretaría de Agricultura y Gnadería. Folleto Misceláneo nº 5, 1955. 318 p.

I., TARANO, H.M. y PINTO, J. H. Clasificación de r
ento de los suelos de la República de Guatemala.
ala, Instituto Agropecuario Nacional, 1959. 100

NGHAM, B. et al. Laterite. Advances in Agronomy
). 1962.

I. van der. Uso potencial de la tierra de Panamá
ción basada en los recursos físicos. VI. Un estud
americano. Roma, FAO, 1965. Mapa a escala
),000. (FAO nº AT 2234).

BRAEUNER, M. y PLATH, C. V. Uso potencial de la
de Guatemala; evaluación basada en los recursos
III. Un estudio centroamericano. Roma, FAO, 196
scala 1:1.000.000. (FAO nº AT 2234).

Lectures on soil classification. Pédologie 4:83

M., SAMUELS, G. y CERNUDA, D. F. Organic matter
en build-ups in some Puerto Rican Soil profiles.
cience 72:409-427. 1951.

N. G. Amazon soils. Wageningen, Centre for Agri
Publications and Documentation, 1966. 292.p.

. A. y PORTER, L. K. Inability of the Kjeldahl
to fully measure indigenous fixed ammonium in so
Soil Science Society of America Proceedings 27:
1963.

. Algunos aspectos de la investigación y explota
e recursos naturales en América Latina relacionad
planificación económica, ed. preliminar. Santia
CEPAL-ILPES, 1965. 13 p.

. M. Soil and land investigations in Panama.
gton, D. C. U.S.D.A., Foreign Agricultural relati
, 1952. 60 p.

A. Caracterización del estado del potasio en tr
s grupos de suelos de Costa Rica. Tesis Magister
iae, Turrialba, Costa Rica, Instituto Interameric
ncias Agrícolas, 1968. 305 p. (Mimeografiado)

Estudio de suelos de la zona de tierra adentro
uff". Traducción del Inglés por A. Rivera, Manag
gua, Instituto Agrario de Nicaragua, s. f. 34 p

146. SYS, C. C et al. La cartographie des sols au Congo et au Ruanda-Urundi, ses principes, ses méthodes. Bruxelles, INEAC, 1961. 149 p. (Serie technique nº 65).

147. TAN, K. H. On the role of organic matter in volcanic ash soils under tropical conditions. Soil Science and Plant nutrition 12(2):80-84. 1966.

148. _____ y VAN SCHUYLENBORGH, J. On the organic matter in tropical soils. Netherlands Journal of Agricultural Science 9:174-180. 1967.

149. TAYLOR, B. W. Estudios ecológicos para el aprovechamiento de la tierra en Nicaragua. Managua, Nicaragua, Ministerio de Economía, Instituto de Fomento Nacional y FAO, 1959. 388 p.

150. TROJER, H. Programa para el desarrollo futuro de los servicios meteorológicos y de la meteorología de América Central. Informes final, 1962. pp. 16-18. (Circulación restringida).

151. UEHARA, G. y SHERMAN, G. D. The nature and properties of the soils of the red and black complex of the hawaiian islands. Hawaii, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin nº 32, 1956. 32 p.

152. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE: SOIL SURVEY STAFF. Soil classification a comprehensive system, seventh approximation. Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, 1960. 205 p.

153. VARGAS, V. O. y TORRES, J. A. Estudio preliminar de suelos de la región occidental de la meseta Central. Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias. Boletín Técnico nº 22, 1958. 64 p.

154. VENEMA, K. C. W. Some observations of yield depressions caused by normal fertilizer dressings. Potash and Tropical Agriculture 3(4):54-69. 1960.

155. VERA, Z. R. Estudio físico y químico de algunos suelos del estado de Veracruz. In Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 1º, México, Julio 15-17, 1963. Compendio de resumenes México. p. irr.

156. VERGARA, C. A. Suelos tropicales con cultivos de Hevea brasiliensis. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Seminario nº 16. 1963. 19 p.

157. VIVO, S. A. Weather and climate of Mexico and Central America. In Wauchope, R. ed. Handbook of Middle American Indians. I. University of Texas Press, 1964. pp. 187-215.

158. VOORT, M. van der. The lateritic soils of Indonesia. International Congress of Soil Science, 4th, Amsterdam, 195 . 1:277-

159. WAMBEKE, A. R. van. Criteria for classifying tropical soils by age. Journal of Soil Science 13(1):124-132. 1962.

160. _____. Recent developments in the classification of the soil of the tropics. Soil Science 104:309-313. 1967.

161. WATSON, J. A. A soil catena on granite in Southern Rhodesia. Journal of Soil Science 15(2):238-257. 1964.

162. WEBSTER, R. A catena of soils on the northern Rhodesia plateau. Journal of Soil Science 16(1):31-43. 1965.

163. WEYL, R. Die geologie mittelamericas. Beitrage zur regioanlen geologie der erde. Berlin, Gebruder Borntraeger, 1961. pp. 190-196.

164. WRIGHT, A. C. S. y BENNEMA, J. The soil resources of Latin America. Rome, FAO, 1965. pp. 22-35. (FAO, World Soil Resources Report nº 18).

165. WRIGHT, J. R., LEAHEY, A. y RICE, H. M. Chemical morphological and mineralogical characteristics of a chronosecuence of soils on aluvial deposits in the northwest territories. Canadian Journal of Soil Science 39(1):32-43. 1959.

FE D

gina	Dice
X	Summarry
XII	variación
7	característic
14	profunidad
15	ferilidad
26	3.10
26	2.10.1
26	b.10.2
40	4.19% (3,33 o
40	13.9% (11,57
40	10,69 (9,00 a
41	23,0 (2,00 a
43	15,75 (3,63 a
43	26,30 (2,00 a
54	Fassbender (1
58	Fassbender (
62	que n
122	lat osolico
122	horizonte c)
134	no hay indici
140	36,87
158	179,60
191	104,56
191	En los cuadr y 55

FE DE ERRATAS

Página	Dice	Léase
X	Summarry	Summary
XII	variación	variaciones
7	característican	características
14	profunidad	profundidad
15	ferilidad	fertilidad
26	3.10	3
26	2.10.1	2
26	b.10.2	b
40	4.19% (3,33 o a) 5.00)	4,19 (3,33 a 5,00)
40	13.9% (11,57 a 17,24)	13,9 (11,6 a 17,2)
40	10,69 (9,00 a 11,90)	10,7 (9,0 a 11,9)
41	23,0 (2,00 a 83,12)	23,0 (2,0 a 83,1)
43	15,75 (3,63 a 51,42)	15,8 (3,6 a 51,4)
43	26,30 (2,00 a 97,75)	26,3 (2,0 a 97,8)
54	Fassbender (103)	Fassbender (47)
58	Fassbender ( )	Fassbender (47)
62	que n	que en un
122	lat osolico	latosólico
122	horizonte c)	horizonte c
134	no hay indicios	hay indicios
140	36,87	36,9
158	179,60	100,00
191	104,56	100,00
191	En los cuadros 52, 53, 54 y 55	En los cuadros 52, 53, 54, 55 y 56

gina	Dice
210	Maignien (8)
216	significancia 2/
219	the profiles con
) a 72	
133	
199	
203	

Página	Dice	Léase
210	Maignien (8)	Maignien (88)
216	significancia 2/2%	significancia 1%
219	the profiles consideres were	the properties considered were
69 a 72		Interprétese la colocación de las figuras 1a, 1b, 1c y 2a, 2b y 2c en tal secuencia.
133		La colocación correcta de los mapas es inmediatamente después de la página 30.
199		La colocación correcta del cuadro Nº 56 es a continuación del cuadro Nº 55.
203		La colocación correcta de las figuras 17 y 18 es inmediatamente después de la página 205.