

I/-
CARACTERISTICAS DE ALGUNOS SUELOS
DEL ECUADOR
1965

F.COLMET DAAGE
J.GAUTHEYROU
M.GAUTHEYROU

F.CUCALON
B.MOREAU

Publication ORSTOM-Antilles n° P 33 E

P L A N

1) CAPITULO PRIMERO - SUELOS DE CENIZAS VOLCANICAS

I INTRODUCCION

II CARACTERES PRINCIPALES DE LOS SUELOS A ALOFANES Y A HALOISITA

II-1 Suelos a alofanos Andepts

Condiciones de formación

A- Horizonte característico de los suelos muy alofánicos

1 - Morfología 2- Mineralogía 3- granulometría y arena 4-Retención por el agua 5- Capacidad de cambio 6- Microscopia electrónica.

B- Horizonte característico de los suelos escasamente alofánicos

1 - Cond. de formación 2- Morfología 3- etc. ;

II-2 Suelos a haloisita

Condiciones de formación

A - Horizonte característico de los suelos de transición alofanos - haloisita

1 - Morfología etc.

B - Horizonte característico de los suelos arcillosos a haloisita - Suelos oscuros tropicales y ferrisólicos.

1 - Morfología etc.

III - ESTUDIOS REGIONALES:

III - 1 Carácter y repartición de los depósitos aéreos de cenizas volcánicas

1 - Carácter del depósito 2 - Aspecto de los minerales 3 - Composición del toba y repartición geográfica 4 - Edad de los depósitos.

III - 2 Los suelos y su repartición geográfica

1 - Vertiente amazónica - Puyo - : Geomorfología, clima, vegetación

Suelos muy alofánicos y suelos ferralíticos

2 - Vertiente Pacífico - Santo Domingo a Quinindé - Geomorfología etc. ...

Suelos escasamente alofánicos en suelos muy alofánicos

3 - Zona central de Quevedo a Sto. Domingo : a) parte Norte y Este

b) parte Central Sur

Suelos escasamente alofánicos

4 - Zona Sur - Quevedo : Geomorfología etc.

Suelos de transición alofanos - haloisita

5 - Zona Sur y Oeste lejos de los depósitos recientes

Suelos tropicales oscuros y ferrisólicos arcillosos - (suelos enterrados de Quevedo)

6 - Suelos salidos de rocas duras (capítulo a título de comparación)

Ferrisuelos

7 - Suelos del vertiente Pacífico a 2.600 m de altitud

Suelos poco alofánicos y muy alofánicos

8 - Altas mesetas de 3.500 a 4.000 metros de altitud

Brunizams

9 - Valle interandino a 2.500 m de altura

2) CAPITULO SEGUNDO - LOS SUELOS DE ALUVIONES

1 - Aluviones fluviátiles ligeros : Origen, clima, suelos

2 - Aluviones arcillosos de las bajas llanuras arroceras

3 - Suelos aluviales de Machala

Anexo: Observaciones sobre el lugar de los suelos en la clasificación

3) CAPITULO TERCERO - TRABAJOS AGRONOMICOS PARTICULARES

1 - Estudio de la potasa en las regiones húmedas de Sto. Domingo

2 - Estudio del fósforo " " " " " " " "

3 - Estudio del potasio en los suelos aluviales de Machala

4 - Estudio del fósforo " " " " " " " "

5 - Examen sobre el origen del gran contenido en P y K a Machala

6 - Estudio del N. en región de Quevedo; Aluviones y suelos de Transición AH

7 - Perfiles hídricos

8 - Cartografía

1

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS SUELOS DEL ECUADOR

F. COLMET-DAAGE Banana de Antillas ORSTOM - Antillas	F. CUCALON IFEIA - DNB Ecuador	M. DELAUNE Química ORSTOM - Francia	J. y M. GAUTHETROU Banana de Antillas ORSTOM - Antillas	B. MOREAU IFEIA - IFAC Ecuador
---	--------------------------------------	--	--	--------------------------------------

con el ~~ayudante~~ del Laboratorio de la Arcilla de la ORSTOM: Srta. FUSIL, Sr. KOKOUI del Laboratorio de la Física de los Suelos de ORSTOM: Sr. COMBEAU del Laboratorio Físico-Químico Mineral de Lovaina: Sr. de KIMPE

Durante el curso de una breve visita ~~establecida~~ en 1961 al Ecuador, habíamos notado la presencia de suelos ~~alofánicos~~ semejantes a los de las Antillas (1) en las llanuras bananeras.

Sin embargo, las abundantes lluvias caídas en la época de la toma de muestras del suelo, la profundidad limitada de 120 cm. para el sondeo, y, la imposibilidad de llevar a cabo entonces, en el mismo lugar, los trabajos necesarios, nos impidieron realizar el trabajo necesario para su estudio.

El mes de Noviembre 1963, fue escogido para efectuar una nueva visita (2). En esta época en muchas regiones del Ecuador los suelos están resecos después de varios meses sin llover, condiciones particularmente propicias para el estudio de la retención por el agua de los suelos a alofanos.

Numerosas zanjas de 2 m de profundidad, prolongadas por los sondeos hasta 4 m., han sido cavadas con la ayuda ~~de los~~ y el personal puestos a nuestra disposición por la IFEIA, la Dirección Nacional del ~~la~~ banana, INIAP (3). En análisis humedad y un cierto número de determinaciones han sido en seguida realizadas en el laboratorio de la estación tropical de la INIAP a Pichilingue, amablemente puesto a nuestra disposición por el Ingeniero Sr. LAENES. Las otras determinaciones se han efectuado en el laboratorio de la Oficina de los Suelos de las Antillas (ORSTOM) en GUADALUPE, de ORSTOM en Francia, de la Universidad de Quito, y del Instituto Agronómico de Lovaina por el microscopio electrónico.

Las exploraciones han sido esencialmente localizadas en los suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona bananera de Quevedo, Sto. Domingo, Quinindé.

Algunos suelos de aluviones han sido examinados al Sur de estas regiones (Vinces, Babahoyo). Se recorrió ~~por~~ la región de Machala ~~ya~~ establecida en 1961

Varios perfiles han sido tomados en la Sierra y Sur de la vertiente amazónica (Puyo).

Un programa de trabajo se ha establecido en el curso de esta misión. LOS PRIMEROS resultados obtenidos por los Sres. Cucalón y Moreau constituyen nuestro tercer capítulo. Las dosificaciones de ~~los~~ N^o 13 mineral se efectuaron en el mismo lugar en Pichilingue.

-
- 1) Estudios preliminares de los suelos bananeros del Ecuador, Colmet-Daage, "FRUITS" Enero 1962 vol. 17, nº 1, Página 3-21.
 - 2) Misión Cooperación Técnica y Dirección Nacional del ~~la~~ Banana organizada por el Instituto de Investigaciones Fruteras Ultramar (IFAC).
 - 3) INIAP Instituto de la Investigación Agronómica y ~~Recuadrada~~ del Ecuador. IFEIA Instituto Francés de Investigaciones Agronómicas, Asociación de la Dirección Nacional del ~~la~~ Banana y de la IFAC.

INTRODUCCION

GENERALIDADES SOBRE EL ECUADOR

I - I GEOMORFOLOGIA -

II - La Sierra

Entre el segundo grado de latitud Sur y el primer grado de latitud Norte, la Cordillera de los Andes se encuentra jalonada de numerosos volcanes, algunos sobrepasando 5.000 metros.

Se divide a dos cadenas paralelas : las Cordilleras Occidentales y las Cordilleras Orientales que encierran un valle de 30 a 40 kilómetros de anchura, el alto valle interandino (altiplanicie interandina). El valle interandino fué compartimentado por las acumulaciones de material volcánico en hoyas independientes que desembocan alternativamente hacia el atlántico o el Pacífico.

La Cordillera Oriental o Real parece ser la más antigua. Es esencialmente constituida por rocas metamórficas precambrianas : micacitas, gneiss,.. etc., salvo en las cercanías de los volcanes algunos de ellos siendo aún activos.

La Cordillera Occidental, más reciente, esta formada de material volcánico con algunas intercalaciones de sedimentos marinos cretáceos sobrealzados.

Las dos Cordilleras presentan enormes acumulaciones de épocas más recientes, regueras, cenizas o lapillis, arrojado por los numerosos volcanes situados muy a menudo, a orillas del alto valle interandino.

Este valle, al Norte del segundo paralelo Sur, es enteramente cubierto de ese material generalmente cuaternario : depósitos aéreos de cenizas, o transportados por los ríos, los neveros, el viento, o acumulados por los lagos.

Al Sur del segundo paralelo, los recientes edificios volcánicos desaparecen y los depósitos aéreos blandos se vuelven escasos.

12 - Las vertientes pacíficas y amazónicas

Las dos Cordilleras se alzan con brusquedad encima de las llanuras costeras y amazónicas formando una verdadera muralla de 3.000 a 4.000 metros de altura.

Si las proyecciones aéreas de cenizas y se piedras pómez andesíticas, o dacíticas son muy gruesas en las cercanías de los volcanes y de la altiplanicie interandina, han cubierto también, transportados por los vientos o los ríos, grandes superficies de contrafuertes y llanuras tropicales (pacífica y amazónica).

.../...

121 - Llanura Amazónica

La altitud en el mismo pie de la vertiente muy accidentada es vecina de 900 metros, pero se va rebajando rápidamente hasta 500 metros o mismo 300 metros. Excepto a algunos sedimentos cretáceos o jurásicos situados al pie de la Cordillera, la llanura esta formada de espesos sedimentos terciarios cubiertos, por partes, de cenizas volcánicas cuaternarias acarreadas por los vientos o los ríos.

122 - La Llanura Pacífica

Se puede distinguir varias regiones naturales.

Al Norte de la línea Equinoccial los ríos bajan de los Andes hacia el Pacífico, casi perpendicularmente a la Sierra Andina y a la costa.

Al Sur de esta línea, una cordillera costanera poco elevada, no sobrepasando 800 metros de altitud, se extiende a orilla de la costa, paralelamente a los Andes y obliga los ríos a bajar del Norte al Sur hacia el Golfo de Guayaquil, aislando una ancha penillanura (con mas o menos relieve por sitios), entallada por los ríos y en la cual los depósitos aéreos de cenizas volcánicas ocupan vastas extensiones propicias al cultivo del banano. (Quevedo-Santo Domingo).

Esos depósitos van disminuyendo progresivamente al Oeste y al sur, luego desaparecen dejando ver al Oeste formaciones terciarias marinas al descubierto ; al sur, formaciones aluviales limosas y leves cerca de los ríos o en las cercanías de la Cordillera ; arcillosas, en las partes pantanosas bajas.

I - 2 OROGENESIS -

De los muy completos trabajos de SAUER que citamos (1957 y 1965) solo guardaremos las manifestaciones del volcanismo que han procurado esos inmensos depósitos de material friable : cenizas, tobas y piedras pomez.

"La Cordillera de los Andes, al fin del terciario, después de plegamientos y sucesivos aplanamientos, alcanzaba raras veces la altitud de 1500 a 2000 metros cuando los alzamientos de gran amplitud empezaron al pleistoceno".

"Esos movimientos verticales ejercieron una acción en las diferentes partes del país con intensidades variables. Fueron particularmente importantes al Norte del 2º grado de latitud Sur".

"La desigualdad del levantamiento hizo que se rupturase bloques rocosos en fallas de direcciones longitudinal y transversal respectando la forma alargada de los Andes. Las partes centrales de las dos cordilleras se levantaron en mayor escala que las vertientes externas, dando origen a la ancha y profunda depresión del valle interandino".

.../...

Los sistemas de fallas transversales separan las hoyas. También se produjeron, siguiendo el eje mediano de las depresiones, rupturas longitudinales. Es por esos lugares débiles de la corteza terrestre que el magma subió hacia la superficie para reavivar la actividad volcánica. Por esos lugares surgieron también durante los diferentes períodos del Cuaternario, pero sobre todo al pleistoceno, los volcanes colocados por una y otra parte de ese pasillo central.

Algunos de esos volcanes traspasan aún ahora el nivel de la nieve perpetua (4600 a 488 metros), siendo el volcan doble del Chimborazo (6300 metros) el punto culminante.

Durante el cuaternario, la actividad volcánica se traslado progresivamente de la Cordillera Occidental hacia la Cordillera Oriental donde se encuentran los volcanes que han dado lugar a manifestaciones recientes : Cotopáxi, Tunguragua, Revendador, Sangay.

La aminoración de la actividad volcánica se explicaría, según SAUER, por una disminución de la acidez del magma. Tendríamos en primer lugar las dacitas, o las andesitas las más ácidas, con generalmente, una predominancia de anfibilitas, luego las andesitas básicas más ricas en piroxenas, cuyas últimas llegadas encier-rarían también olivina. Las rocas las más básicas, como los basaltos, solo aparece-rían en la mayoría de los casos, en los últimos períodos de la actividad volcá-nica.

Sin embargo, los volcanes en vía de extinción tan a veces en el transcurso de las últimas manifestaciones, productos ácidos contrariamente a la regla habitual que quiciera que fuese una fase básica. Esos productos ácidos (dacíticos) serían lanzados por algunas explosiones formidables, tan violentas que la más grande parte del cono es entonces arrojado en la atmosfera, dejando una vasta caldera desmesuradamente abierta. Puede tambien producirse una expansión de productos ácidos por pequeños cráteres laterales.

I - 3 - SEDIMENTACIÓN VOLCANICA

Esos volcanes, las más veces andesíticos o dacíticos dieron lugar, a-
demás de las regueras, a explosiones que lanzaron en la atmosfera muy grandes
cantidades de material : bombas, lapillis, piedras pómez y cenizas.

Una parte de ese material finamente dividido y trasladado por los
vientos sería, según SAUER, al origen de esa toba consolidada llamada "Cangagua"

.../...

que semeja al loess por sus caracteres físicos, pero sin encierrar, sin embargo, al comienzo, carbonato de calcio.

31 - Altiplanicie interandina -

"En el alto valle interandino no es posible explicar los muy complejos procesos de sedimentación en este período del cuaternario con sus alzamientos y hundimientos muy importantes ; pues el vulcanismo muy intenso y las glaciaciones ambos contribuyeron mezclando simultaneamente los productos de sus respectivas acciones en recubrimientos sucesivos muy irregulares".

"Sin embargo, algunos niveles han podido ser caracterizados sea por su origen geológica, sea por su composición petrográfica, sea en fin, por sus restos paleontológicos que sirven de guía. Así, se debe citar, muy particularmente, las tobas de la cangagua éolica de los últimos períodos interglaciales con las bolas endurecidas esféricas atribuidas a un escarabajo identificado".

"Parece que se hayan producido cuatro grandes glaciaciones pleistocénicas que han descendido el nivel de la nieve perpetua poco más o menos de 1500 metros, comparativamente al nivel actual. Las primeras glaciaciones, afectando las cordilleras poco elevadas, tuvieron muy pocos efectos ; pero al término de las últimas glaciaciones, las aguas corriente ya habían entallado profundos cañones con laderas verticales, en los sedimentos pleisto-pliocénicos. Esos valles encañonados no se encuentran en el Sur del país donde la acumulación de material volcánico cuaternario ha sido mucho más débil".

"En los períodos postglaciales, una capa poco espesa de toba éolica "cangagua" vino recubrir las formaciones de las últimas glaciaciones mostrando un nivel intermedario de color obscuro que sería, según SAUER, un suelo fósil".

32 - Llanuras tropicales -

Los depósitos de cenizas de las zonas tropicales húmedas del Pacífico y del Amazona fecharían, según SAUER, de la época cuaternaria. El estudio de su colocación y de su fechado son más delicados a consecuencia de la alteración intensa que esos materiales permeables han ya, muy a menudo, sufrido. Como ya lo veremos más lejos, la composición y el grado de alteración de los minerales dan algunas indicaciones. Los yacimientos antropológicos pueden también ser preciosos guías para las formaciones más recientes.

Parte de esos sedimentos volcánicos tienen una origen al menos parcialmente fluvial y han sido arrancados a los inmensos depósitos de los altos valles.

.../...

Otros sedimentos, en capas sucesivas, de aspecto y de espesor muy semejantes, situados a varias decenas de kilómetros, recubren, tomando todas las ondulaciones del terreno, formaciones más ancianas. Proviene de una sedimentación aérea de partículas transportadas a lo lejos por los vientos. Ciertos volcanes (Renvendador, Sangay) aún lanzan en nuestros días y ciertos años, nuevas pequeñas capas de cenizas.

I - 4 - CLIMA -

Dos factores muy importantes influyen al mismo tiempo sobre la pluviometría volviéndola excesivamente variable en el Ecuador según las regiones : intensidad y repartición anual.

La corriente fría de Humbolt, después de costear Chile y Perú, se aleja de la costa y cesa poco a poco su influencia desértica, permitiendo un aumento de las precipitaciones del Sur al Norte. Si la frontera Peruana es casi desértica en la costa, la frontera Colombiana es extermanente lluviosa todo el año.

La barrera de los Andes alcanza hasta 3 o 4.000 m. sobre la llanura costera provoca unas corrientes ascendentes que causan lluvias más intensas cuanto más se acerca. Más arriba de la cintura nebulosa de 1500 a 2500 m. las nubes se disipan y el clima es más seco.

Costa Pacífica - Estos dos factores provocan simultaneamente un aumento de las precipitaciones de Sur a Norte y del Oeste sobre la costa, hacia las montañas del Este. La duración de la época de sequía es más reducida en el Norte y cerca de la Cordillera.

La carta geográfica anexa; indica algunas de las pluviometrías anuales en mm. por año y los meses en que está es superior a 100 mm. A la altura de Guayaquil, se pasa de 100 mm. en la costa (Salinas), a 1200 mm en Guayaquil en cuatro meses y 2800 mm cerca de la cordillera en 9 meses (Bucay). En el Norte la pluviometría es ya más elevada en la costa (800 mm en Esmeralda), pasando a 2000 mm en 9 meses en Viche (en el interior), y 3300 mm en Santo Domingo en 10 meses. En el extremo Norte, llueve mucho durante todo el año incluso en la costa (San Lorenzo : 2400 mm en 11 meses).

.../...

Al Norte de Guayaquil, puede distinguirse una estación caliente y relativamente soleada, correspondiente a la época de lluvia y, una estación algo más fresca templada por la influencia de la corriente de Humboldt y casi constante nublado—durante toda la época de sequía de Mayo a Diciembre. Durante este tiempo, una ligera niebla matinal provoca en muchas regiones un abundante (lluvia). Las temperaturas medias mensuales varían entre 21 y 25°. La insolación es con frecuencia débil y constituye un factor límite para muchos cultivos : caña de azúcar, densidad de plantación y calidad para el banano.

La ausencia del viento, principalmente en la temporada de sequía es un elemento muy favorable para el banano y limita la evapo-transpiración.

Vertiente amazónica - Es muy lluviosa por las formaciones nublados que llegan de la inmensa llanura húmeda de la cuenca del Amazona. La pluviometría anual alcanza 3 metros, bien repartida todo el año y la temperatura es elevada.

Sierra - En el alto valle interandino, ciertas regiones son casi desérticas, otras suficientemente humedecidas que permiten los cultivos templados todo el año. La temperatura es constante todo el año (la media mensual 15° a 2500 m - 10° a 4000 m con mínimas de 0°). Las nieves eternas solo aparecen a 5000 metros.

1 - 5 - AGRICULTURA -

La vertiente amazónica esta a penas explotada y es en la vertiente del Pacífico que se encuentran los principales cultivos tropicales. Con el banano, que conoce desde hace 10 años una considerable importancia, el Ecuador es de muy lejos el más grande exportador del mundo, puede citarse el cacao en regresión, la caña de azúcar con dos centrales de 100.000 toneladas cada una, etc.....

En la sierra, se encuentran los cultivos templados : trigo, cebada, maíz, patatas, frutas, y pastos de alfalfa para la producción lechera (crías de Holstein).

II - CARACTERES PRINCIPALES DE LOS SUELOS CON ALOFANES Y HALOISITAS

PRIMERA PARTE

II-I - SUELOS ALOFANICOS - (ANDEPTS)

CONDICIONES DE FORMACION

Resulta de nuestras observaciones en Ecuador y en las Antillas Francesas, que en un lugar muy húmedo (pluviometría anual de 2,5 a 3 m. ó más), y con un importante exceso de agua durante casi todo el año, la alteración de las cenizas volcánicas permeables dan al principio sustancias amorfas muy hidratadas e hidróxidos de aluminio.

Parece que con estas condiciones de gran lixiviación del suelo, acompañado por el arrastramiento en profundidad de las sustancias disueltas, la neo-síntesis de arcilla clásica no puede producirse.

Los suelos alofánicos se encuentran en el Ecuador en la vertiente amazónica donde la pluviometría es elevada (3 m) y continúa durante todo el año. En las regiones muy húmedas del vertiente Pacífico, los suelos muy alofánicos y muy hidratados han sido a menudo recubiertos por los depósitos más recientes en los cuales la alofanización es menos importante.

Por consecuencia de las discontinuidades lithológicas frecuentes debidas a los depósitos sucesivos de la misma época o de época diferente, el perfil es del tipo A (B) C.II (B) C.III (B) C... con la frecuencia de horizontes húmferos enterrados.

En lugar del "horizonte B", tendría que hablarse más bien del horizonte BC donde la acentuación según la profundidad tendría que ser pueeta unas veces sobre B y otras sobre C.

Durante el curso de un mismo ciclo de erupción parece ser que sean primero las cenizas gruesas que se depositan. Después vienen los elementos más finos tanto más finos que grande es el alejamiento de los volcanes, siendo el transporte por el viento muy importante. Se concibe pues que los fenómenos de alteración puedan haber sido más o menos intensos en un mismo perfil, según que se trate de niveles de cenizas muy finas fácilmente alterables o de cenizas mas gruesas las cuales son mucho mas difíciles de ser atacadas.

Los perfiles pueden presentar gran variación en la sucesión de los horizontes a escasa distancia. Es oportuno definir los horizontes de diagnóstico, características de cada una de las principales variantes de los suelos alofánicos del Ecuador, aplicable en parte a los suelos antilleanes.

A) HORIZONTE CARACTERISTICO DE LOS SUELOS MUY ALOFANICOSI) MORFOLOGIA

El espesor es variable de unos decímetros a varios metros, y encerrado en niveles mas permeables.

El color del suelo fresco es ~~húmedo~~ amarillo, 10 YR 5/8 a 6/8, a veces 2,5 Y. Se vuelve mucho más claro cuando se pasa del suelo húmedo al suelo secado al aire. Ciertos horizontes se vuelven así, a veces, casi blanco-baboso. Según que el secamiento sea hecho al aire, o al calor, el color puede variar a castaño oscuro. Hay pocas variaciones de color entre el suelo en su lugar natural.

La textura aparente es la de un limo de tacto onctoso, jaboso. La consistencia del suelo estrujado entre los dedos es jabonosa. Sería un pseudo-limo.

La forma, en conjunto, es difusa, fundida. El suelo es poco duro; fácil de trabajar con cierta cohesión puesto que las paredes de las ranjas y de los talúds tienen poca tendencia a hundirse (como en los suelos ferralíticos típicos).

Los pedazos se rompen y deshacen muy fácilmente en la mano tomando una forma de diminutos agregados de 1 a 2 mm., poco angulosos y estables. No hay revestimiento neto en los elementos de formación y en los agregados, a veces sólo unas ~~pequeñas~~ incoloras.

La permeabilidad es muy buena: 5 a 10 cm. hora ~~o más~~.

Se ven fragmentos de alteración húmeda más o menos abundantes. Se aplastan entre los dedos dejando ver pequeñas sustancias negras poco alteradas: hipersthènes o hornblenda.

Algunos trozos más gruesos se encuentran a veces. Se aplastan con los dedos dejando mucha agua.

En ciertos horizontes, diminutos pedazos de color ~~húmedo~~ muy claro pueden alcanzar varios milímetros a las formas variadas, globulosas o en filamentos dentro de viejos agujeros de raíces, son en efecto montones endurecidos de gibbsite pura.

MINERALOGIA

La dispersión de la fracción inferior a 2 micrones por los métodos corrientes es imposible. Sólo después de tratamientos sucesivos ácidos y alcalinos que una dispersión aún incompleta puede obtenerse, sea en un medio ácido o un medio básico ($\text{CO}_3^{2-}\text{Na}-\text{NaOH}$).

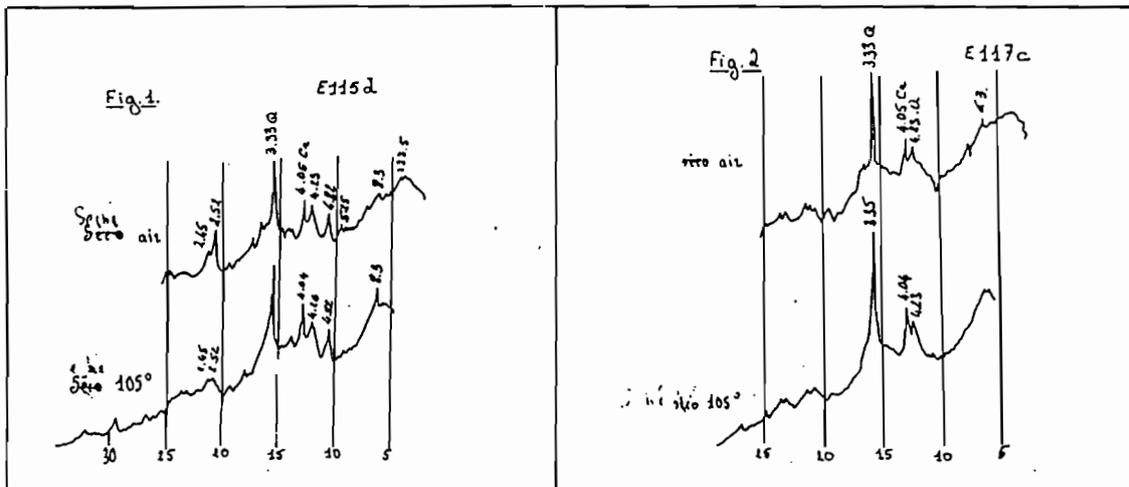
A consecuencia de la dificultad de obtener una fracción inferior a 2 micrones, sin tener que hacer soportar al suelo tratamientos que pueden alterarlo, la mayoría de los exámenes mineralógicos (Rayos X ATD) han sido efectuados en partículas obtenidas después de un tiempo más breve de sedimentación. La comparación en algunas muestras de los resultados obtenidos en la fracción inferior a 2 micrones con aquellos de la fracción más grosera, justifica esta forma de procedura.

a) Rayos X

El examen de los rayos X no señala ninguno de los minerales arcillosos corrientes.

- Vertiente Amazónica - El gráfico I corresponde a la muestra E 115 d.

Tanto si la muestra ha sido secada al aire o calentada a 100° , sólo se ven a penas las rayas del cuarzo y las de la gipsita ($4,82$ y $4,34 \text{ \AA}^2$ - $2,45 \text{ \AA}^2$). Una línea a $4,05 \text{ \AA}^2$ es casi siempre visible en los suelos alofánicos del Ecuador y de las Antillas. Correspondería a la cristobalita.



Una base importante existe entre 8 \AA^2 y 15 \AA^2 como en muchas de las sustancias amorfas. La muestra 117 c - Fig. 2 - obtenida en la misma región que 115 c - pero a más de 30 km. , presenta un espectro semejante pero sin las rayas de la gipsita.

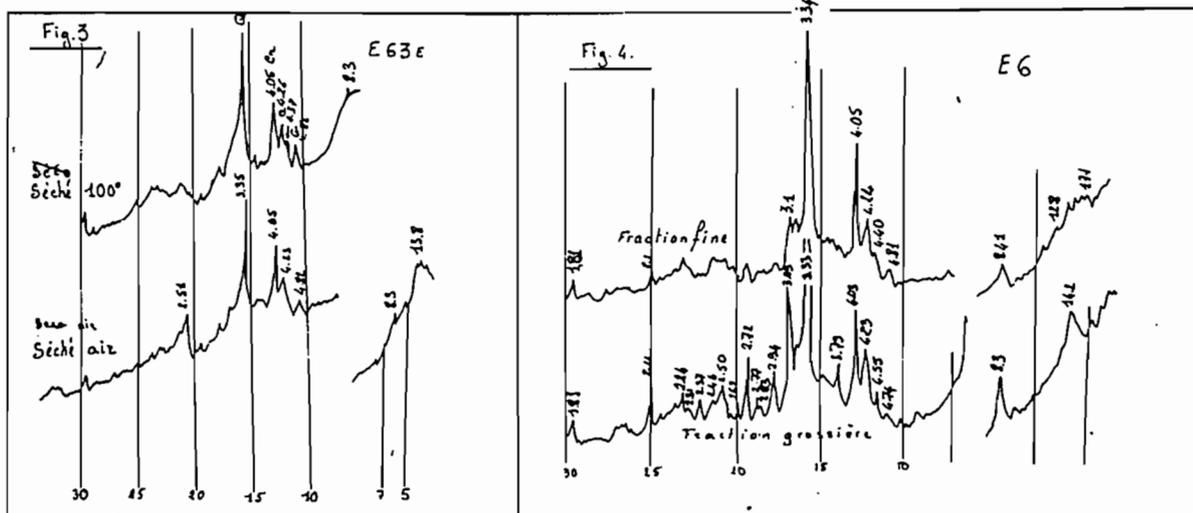
Ninguna modificación de las rayas se observa después de calentada a 100° o por tratamiento al glicerol.

- Vertiente Pacífico - La muestra E 63e (Fig. 3) está situada a $2,5 \text{ m.}$ de profundidad. El espectro es muy parecido al del gráfico I.

Prácticamente no hay cambio alguno entre las muestras secadas al aite y al calor. Rayas de $8,3 \text{ \AA}^2$ y de $13,8 \text{ \AA}^2$ salen de un fondo importante.

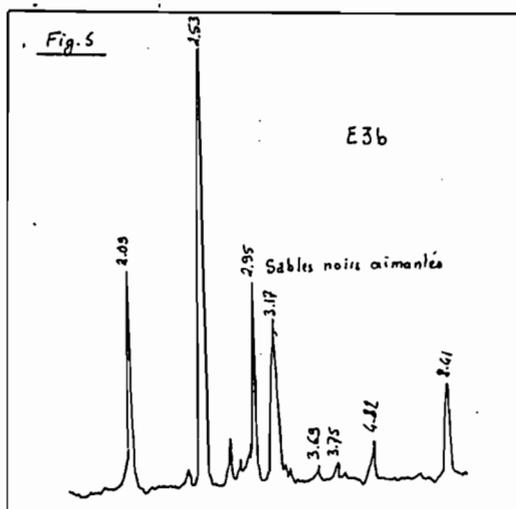
La fina fracción de la muestra 6 (Fig. 4) presenta también un espectro muy próximo de aquel del gráfico I.

Rayas de $8,3$ y $14,2$ bien visibles para las fracciones gruesas, aparecen a penas en la fracción muy fina. Yoshinago y Aomine, en los suelos del Japón, notan igualmente la desaparición de estas rayas en las fracciones muy finas.



¿Se trata de Imogolita sustancia arcillosa descrita por Yoshinago y Aomine en el Japon?. No lo parece. Las rayas no son exactamente las mismas y puede preguntarse si no son atribuibles a sustancias primarias.

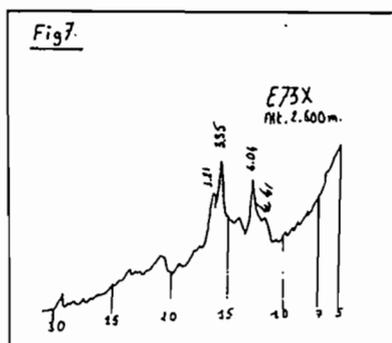
La línea del cuarzo (3,33) es más intensa en la fracción gruesa que en la fracción fina y numerosas rayas debidas sin duda a los feldspaths poco alterados, aparecen igualmente.



El espectro obtenido en la arena imantada negra de estos suelos alofánicos, muestra una buena raya a 8,4 Å² (Fig. 5).

El tratamiento al glicerol provoca un ligero hinchamiento que puede atribuirse a la presencia de un poco de montmorillonita. Esta hinchazón ha sido rara vez observada en otra parte.

- a 2,600 m. de altura, en la vertiente Pacífico de la Cordillera, en una región bastante húmeda, con una temperatura media mensual de 14° C., muy constante en el curso del año, la muestra 73 X presenta un espectro muy semejante a los precedentes. (Fig. 7).



No hay gibbsite, sino un fondo muy importante hacia 14 Å². El aspecto morfológico de esta muestra es idéntico al de las muestras obtenidas en regiones tropicales cálidas.

La formación de sustancias amorfas no depende pues de la temperatura.

b) Análisis térmicos diferenciales -

El examen de la ATD muestra en todas las pruebas un gran gancho endotérmico que empieza a 140 - 150°, seguido de otro más pequeño, exotérmico, a 950°.

Ciertas muestras presentan igualmente las curvas características de la gibsita.

Sin embargo, en la mayoría de las muestras, un punto exotérmico de 300 a 400°, yendo a veces hasta 650° o más, viene a perturbar las curvas. En la mayoría de los casos, parece que se trata de materias orgánicas ya que los ataques repetidos del agua oxigenada terminan por hacerle regresar hasta desaparecer. Podría tomarse por una forma particularmente resistente de sustancia orgánica, más o menos estrechamente asociada a las sustancias alofánicas. La temperatura de aparición, parece por otra parte tanto más elevada que la alofanización es importante.

En ciertas muestras en que la curva parece difícil de hacer desaparecer por medio de los tratamientos al agua oxigenada, ciertos autores creen que los hidróxidos son en parte responsables.

Cuando esta curva es poco intenso, la marcha del horno puede influir sobre su aparición.

Tales curvas, a temperaturas no pasando los 400° para las montmorillonitas y 500° para los alofanos, después de tratamientos a la piperidine, han sido señalados. Por Sudo, puntas exotérmicas de 310 y 470°, serían características de los alofanos.

- Vertientes Amazónica - Las muestras 115 d y 117 c (Fig. 8) presentan las dos de grandes ranchos exotérmicos de 600 - 800°, que desaparecen después de los tratamientos al H_2O^2 . La muestra 115 d es rica en gibsita, la muestra 117 c encierra sólo pequeñas cantidades. Una pequeña curva endotérmica de 540° indicaría la presencia de haloisita.

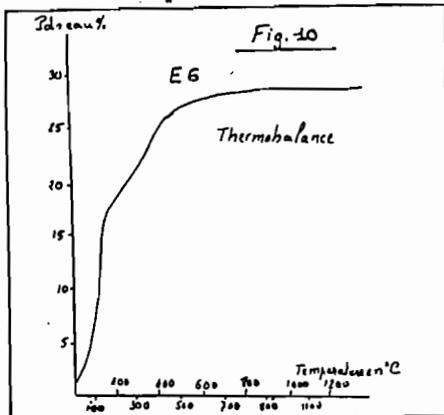
- Vertiente Pacífico - (Muestras de profundidad 2 a 3 m.) - La muestra 62f (Fig. 8) da, después de tratamiento H_2O^2 , la gran salida de agua endotérmica a 160°, el gancho de la gibsita a 340°, una curva a 450° tal vez debido a la boehmite, una curva a 520° correspondiente a señales de haloisita y, por último, una curva exotérmica a 950°.

E 63 y E 6 son análogas, pero E 6 no tiene gibsita (Fig. 9).

- A 2.600 m. de altura en una zona fresca y húmeda - La muestra 73 x da un gráfico parecido, pero la salida inicial de agua tiene lugar a una mayor temperatura (160-250°). No hay gibsita.

c) Termobalanza -

La pérdida de agua en la termobalanza es continua y regular, alcanzando en muestra previamente seca a 100° : 30 %.



La figura 10 muestra la curva de pérdida de peso de la muestra 6 de la vertiente Pacífico.

Curvas idénticas han sido obtenidas por las muestras de los suelos alofánicos de las Antillas.

3) - GRANULOMETRIA Y ARENA -

La dispersión es difícil y siempre incompleta. Los pequeños agregados son muy estables y resisten a los agentes dispersantes corrientes. Los pre-tratamientos al benceno son sin efecto. Sólo los tratamientos ácidos y alcalinos pueden permitir una dispersión parcial, sin embargo, la arena queda aún envuelta.

Si los resultados del análisis mecánico son ilusorios en lo que concierne a la arcilla, los limo finos (2-20) y groseros (20-50 micrones), por el contrario la determinación de arena primaria, superior a 50 micrones, después de tratamientos a los ácidos y a la sosa, o al bicarbonato de sosa, poco disuelto en tamiz, se presta menos a discusión a pesar de ciertas disoluciones posibles, pues, es fácil controlar la desaparición efectiva de los agregados. El tratamiento ácido da algunas veces una gelatina.

La proporción de arena superior a 50 micrones no sobrepasa 10 a 20 %. Una gran fracción del suelo está pues formada de partículas muy finas cuyas dimensiones no son determinables.

La separación de las fracciones pesadas y ligeras (entre 50 y 500 micrones) revela una proporción variable de estas fracciones.

Los minerales pesados están, en general, poco alterados con raramente más de 10 % de minerales opacos : hornblenda verde, hipersthene, augita, hornblenda oscura, epidote, ...

Entre los minerales ligeros, son los feldspaths calco sódicos del tipo andesino que dominan, de donde una buena proporción está ya alterada. El cuarzo es visible, pero representa raramente más de 20 % de los minerales ligeros. La zeolita (principalmente la analcima) está casi siempre presente en poca cantidad.

Ulteriormente volveremos, con mayor detalle, sobre los exámenes de esta arena y su repartición geográfica.

4 - RETENCION DEL AGUA -

La característica más importante de los suelos alofánicos es su capacidad, a menudo considerable, para el agua. La humedad de la muestra bien seca, después de varios días, o semanas, sin lluvia, muy friable entre los dedos, puede alcanzar cuando se toma tan pronto ha sido sacada, (o en muestras conservadas en bolsas de plástico), 100 a 200 de agua, a veces incluso más por 100 grs. de suelo secado a una temperatura de 105°.

Estos valores son considerablemente más elevados que los obtenidos en suelos muy arcillosos (70 a 80 % de arcilla inferior a 2 micrones), encerrando una gran proporción de arcillas montmorilloníticas magnesianas y sódicas. Se excede a penas un 80 % en los casos mas favorables.

Esta gran humedad puede apreciarse en una cierta medida en el terreno, por la untuosidad del suelo y la consistencia jabonosa entre los dedos tanto más neta que la proporción en agua es elevada. El mapeo de los tipos y subtipos de los suelos se hace así posible con un número limite de determinaciones en el laboratorio.

La densidad aparente del suelo está generalmente comprendida entre 0,5 y 0,7, no obstante, elementos tan pobres como 0,3, se han ya encontrados

Las muestras secadas durante varios días al aire, a temperatura ambiente, después rehmedecidas, no pueden reabsorber que una escasa fracción del agua que contenían al principio. Así pues, hay desecación irreversible, aunque las muestras secadas al aire durante varios meses y conservadas en las Antillas, contienen con frecuencia 20 a 30 de agua por 100 grs. de suelo seco al calor, valores semejantes a los del agua higroscópica (la atmósfera está casi saturada, al menos la noche).

El comportamiento referente al agua de los suelos alofánicos es muy distinto, según que se trate de muestras conservadas en estado de humedad o secadas al aire, las medidas de humedad por diferentes valores de pF han sido pues hechas, a la vez sobre muestras conservadas frescas y en muestras secadas al aire a temperatura ambiente; estas dos series habiendo sido rehmedecidas del mismo modo. La friabilidad de las muestras conservadas frescas, hace posible una tal forma de proceder la cual no podría ser utilizada en los suelos arcillosos corrientes húmedos no triturados.

La figura II, concierne los perfiles de la vertiente amazónica y los horizontes profundos muy alofánicos del perfil del vertiente Pacífico. Se nota los valores muy elevados obtenidos por pF 2,8 y 4,2, y las considerables diferencias según que las medidas sean llevadas a cabo en muestras frescas o en muestras previamente secadas al aire.

El examen de los gráficos 11 y 12, principalmente cuando se los compara al de los suelos poco alofánicos, (Pag. 26) y al de los suelos de haloisita, (Pag. 31) nos muestra que el "agua utilizable" definida por la diferencia de humedad entre pF 2,8 y 4,2 es tanto más grande medida en muestras frescas y más pequeña medida en muestras previamente secadas al aire, que el suelo es muy alofánico y poco rico en sustancias orgánicas. Esto es en particular neto para el perfil 115 (Fig. 11). En los horizontes profundos, muy alofánicos, este "agua útil" medida en muestras secadas al aire es casi nula, aunque la humedad (105%) sea del orden de 30 %.

Se observa en los gráficos de la fig. 12, referente a los horizontes de los suelos de la vertiente Pacífico, que la humedad de las muestras de los suelos resecados en los campos, después de varios días, incluso de semanas sin llover, es a menudo superior a la encontrada por pF 2,8 en muestras frescas, (Fig. 10) perfiles 53-54663-62. Esta observación es más difícilmente aplicable al perfil 115 (Fig. 11) situado en una región muy lluviosa, pero la variación muy importante y regular permite pensar que es parecida. La humedad a pF 2,8 sería pues inferior a la humedad real en el suelo del campo resecado, y el "agua utilizable" definida por las diferencias de humedad entre pF 2,8 y 4,2, tendría valores superiores a los 40 y 60 % por 100 de suelo seco encontrados en ciertas muestras los cuales son para suelos tan ligeros de viscosidad enormes.

Algunas determinaciones de pF 2,8 en muestras frescas previamente llevadas a pF 4,2, luego rehumedecidas, indicarían que el fenómeno es reversible entre estos límites de pF. El valor de pF bajo el cual la desecación se vuelve irreversible, no ha sido todavía determinado.

Estudio de la irreversibilidad de la desecación - En ciertos suelos alofánicos de las Antillas, próximos por sus propiedades de los que figuran en el gráfico 12, hemos estudiado la rehumeración de las muestras secadas varios meses al aire a temperatura ambiente. Los suelos encierran aún 15 a 25 % de agua. Las muestras han sido puestas en contacto durante más de 3 meses, con un exceso de agua y las determinaciones pF efectuadas en la tierra todavía húmeda. La fig. 13 muestra que los valores obtenidos son semejantes a los obtenidos en estas mismas muestras secadas al aire antes de ser rehumedecidas y están lejos de las obtenidas en las muestras no habiendo experimentado ninguna desecación al aire a temperatura ambiente.

Esta desecación se efectúa con una pérdida considerable de volumen, los agregados se convierten en pequeñas masas duras castaño oscuro.

FIGURA 13

Irreversibilidad de la desecación

Muestras secadas al aire varios meses y rehumedecidas con un exceso de agua durante 3 meses. pF medido en muestras húmedas (2)

Comparación con pF medido en muestra conservada fresca después de obtenida en los campos (3) y en muestras secadas al aire durante algunas semanas después de ser tomadas(I)

Muestra	pF 4,2			pF 2,5		
	1	2	3	1	2	3
6103 a	29	26,4	38,7	47	59,4	69,5
b	36	26,6	70	43	42,8	100
c	32,6	24,8	67,7	42	42,4	107
d	28,9	26,1	71,4	35	37,3	100
6104 b	24	21	52	33	38,5	92
c	37	27	86	44	40,7	152
6106 b	30	25,4	72	38	41,4	115
c	44	32,8	87	46	46,8	148
6140 b	38	31,6	72	50	46,8	98
c	44	36,1	74	58	61,5	108
L 17 a	38	55,4	120	63	77,7	129
a	25	22,6	46	40,5	53,6	95
b	20	18,5	63	40	44,8	80
CA 4 a	36	43,2	131	46	68	167
b	22	26,1	77	34	42,7	119
c	22	31,6	140	30	30,9	155

Influencia de la materia orgánica - Los papeles respectivos representados por las materias orgánicas y por las sustancias amorfas minerales en estos fenómenos de retención de agua, son de precisar. Parece ser, como lo hemos ya indicado respecto a los enormes ganchos exotérmicos de 400 - 600° ATD, que no desaparecen sino por ataques prolongados de H_2O^2 , que los alofanos y la materia orgánica pueden formar de complejos particulares.

Puede atribuirse una parte de estas propiedades considerables de absorción de agua, a una forma particular de la materia orgánica debida a su evolución en las condiciones de humedad permanente que son la razón de ser sustancias minerales amorfas muy hidratadas.

No es posible comparar estas condiciones a las que presiden a la formación de las turbas en un medio constantemente inundado. En efecto, la porosidad por el aire (se ve a menudo en el terreno), medida en algunas muestras del Ecuador y en numerosas muestras análogas de las Antillas, conserva siempre un cierto valor, incluso cuando se trata de suelos muy ricos en agua (porosidad por el agua = humedad pF 2,5 medida en muestras frescas x Densidad aparente). Se puede también ^{hacer} observar que en muchos niveles profundos de suelos ferralíticos con caolinita, las condiciones de humedad

son muy análogas. Son incluso muy superiores en ciertos niveles arcillo-húmicos, a hidromorfía permanente sin que estas propiedades particulares de absorción de agua no aparezcan.

Las muestras de alofanos de las Antillas conservadas frescas, han sido atacadas en varias ocasiones por el agua oxigenada concentrada. Una otra fracción ha experimentado los mismos tratamientos pero con agua pura. Las medidas pF 4,2 y 2,5 han sido efectuadas en muestras húmedas no habiendo sufrido ninguna desecación de aire.

Se nota (Fig. 14), que los valores permanecen muy parecidos para pF 2,5, a pesar de las variaciones que las emanaciones del agua oxigenada han podido dar provocando una cierta separación de la arena y una disgregación.

FIGURA 14

Influencia de la materia orgánica -

Comparación de la muestra fresca tratada al agua oxigenada (1) con una prueba (2) tratada exactamente de la misma manera, pero con agua. Término medio de dos determinaciones :

		pF 4,2		pF 4,2	
		H_1O^2	Test ₂ Bz	H_1O^2	Test ₂ ga.
La	1b	112,5	92	134	136,5
La	8c	57,6	68,2	85,9	85,9
La	22b	81,6	84	120,4	126
La	24c	59,6	87,5	112	120,4
La	27c	111	95,2	126,8	125,7
La	28b	65,7	70,8	97,4	100

Nota: Ninguna diferencia por pF 2,5.

Varias diferencias en todos sentidos por pF 4,2 - a precisar en más muestras.-

Por pF 4,2, los resultados son más variables, pero en más o en menos. Es una determinación más delicada y una noción confusa puesto que el agua de constitución es susceptible de partir según el tiempo de pasar a la prensa. Aunque otras determinaciones sean necesarias, puede creerse que el papel desempeñado por la sustancia orgánica no es muy importante.

Ciertos autores tales que Kazukake y Kawaguchi muestran que al contacto de los alofanos, una polimerización de los polifenols resultantes de la descomposición de las materias orgánicas, puede dar nacimiento a composiciones muy liadas a los siliciums de la red alofánica.

Un mejor conocimiento de las uniones, sustancias amorfas minerales y sustancias orgánicas por los estudios a infra-rojos, permite conocer, con más precisión, les son los papeles respectivos representado por cada uno en la absorción de agua considerable de estos suelos. Actualmente, parece más o menos cierto, que es a las sustancias minerales que estas propiedades tan particulares se atribuyen.

5) - CAPACIDAD DE CAMBIO DE BASES -

La capacidad de cambio de base del suelo depende :

- de la proporción de sustancias coloidales minerales amorfas. La proporción en arena superior a 50 micrones puede solamente darnos, sobre este punto, una indicación.
- de la intensidad de hidratación de los alofanos (ausencia de toda desecación).
- del estado de humedad del suelo, por lo menos en ciertos intervalos al momento de la determinación.
- de la proporción de sustancia orgánica (muestra de superficie solamente)

Para las muestras muy alofánicas de profundidad encierran de 10 a 20 grs. de arena superior a 50 micrones por 100 grs. de muestra de suelo seco al aire y 2 a 3 % de M.O., la capacidad total de cambio determinada en muestra seca al aire con acetato de ammonium es del orden de 30me %.

Determinada en muestras conservadas en un estado próximo de su humedad natural, la capacidad de cambio es mucho más elevada, a veces el doble, como lo indica la FIG. 15; los resultados han sido llevados en % de suelo seco al calor - muestras del Ecuador y de las Antillas. Para ciertas muestras la capacidad de cambio ha sido determinada después de secamiento a 60°, a fin de eliminar la mayor parte de agua higroscópica. Secada a 105°, estas muestras no contienen más del 2 a 3 % de agua en lugar de 10 a 30 % como en las muestras secadas al aire. La capacidad de cambio varía a penas entre el suelo seco al aire o al calor.

La desecación al aire del suelo conduce pues una disminución de la capacidad de cambio, tanto mas importante que el suelo es mucho mas alofánico. Una red distendida, muy hidratada, favoreza en verdad la fijación de cationes en posición interna.

Fig. 15 - T en me por 100 g. de suelo seco calor (acetato ammonium)
pF en agua por 100 g. de suelo seco calor

Muestra	T : mtra. : sec. aire	T : mtra. : fresca	pF : 2,8 : fresca	MTRA	T : mtra. : sec 60°	T : mtra. : sec. aire	T : mtra. : fresca	pF : 2,5 : fresca
Ecuador				:: Antill. :				
115 a	52	76	214 ^x	:: SMA c :	25	31	46	178
b	39	56	192	:: d :	29	30	44	166
d	33	72	255	:: CA4 b :	23	25	46	176
e	33	64	231	:: CA11 b :	17	20	37	119
117 a	52	82	226 ^x	:: L3 b :	36	35	48	138
73 x	45	60	148	:: SM3 c :	28	34	46	153
63 E	54	57	-	:: d :	23	23	40	105
113 a	43	80	220	:: SM16 c :	-	26	44	130 ^x
y	46	68	274	:: :				
121	40	88	222	:: :				
126	35	80		:: :				

^x Horizonte de superficie muy rico en M.O. - 10 %. Todas las otras muestras son de horizontes de profundidad.-

Nota.- La humedad pF 2,5 (o a falta del suelo fresco en el mismo sitio) es dada a título indicativo, ya que las determinaciones de T han a menudo sido efectuadas en muestras netamente menos húmedas.

Estado de saturación en bases - pH -

La suma de las bases cambiables es variable y unida a la lixiviación del suelo, así pues, tiene la importancia de la pluviometría. Se trata de un hecho bien establecido en las Antillas y en el mundo, para los suelos ferralíticos friables a caolinita. Sin embargo, para pluviometrías análogas, los suelos alofánicos tienen generalmente una suma de bases cambiables más altas (extracción en muestra secada al aire), que para los suelos ferralíticos.

En las regiones donde llueve en abundancia : 3,5 a 4 metros de pluviometría por año, la cantidad global en bases cambiables es con frecuencia muy escasa. En las Antillas, en lugares que reciben mucho abono (regiones bananeras), el potasio es a menudo la principal cation cambiable.

A diferencia de las zonas más secas donde el magnesio permanece muy fijo en la red de la montmorillonita, este elemento parece desaparecer rápidamente. A pesar de la abundancia de minerales ferro-magnésicos en vía de alteración, no se encuentran generalmente que de escasas proporciones de magnesio cambiable y es el calcio, que de lejos, es el principal elemento en los suelos fertilizados.

Aunque el estado de saturación en bases sea a menudo muy escaso: $\frac{1}{2}$ - 10 %, con la capacidad de cambio determinada en muestra secada al aire y mucho más débil si se toma la capacidad de cambio determinada en muestra fresca, los pH son a veces anormalmente elevados en comparación de los que se obtendrían por los de saturación parecida en los suelos ferralíticos (Fig. 16). pH parece tanto más alto por un mismo estado de saturación en bases que la muestra es muy alofánica (proporción de sustancias amorfas e hidratación) y el contenido en M.O. más pobre. Sin embargo, cuando el tanto por ciento cambiable se vuelve escaso en las regiones en que llueve con frecuencia, pH puede bajar hasta 4,5.

Muestra	$V = \frac{S}{T \text{ seco}}$	pH agua	pF 2,5 o agua nat.	
62 f	18	6,6	172	muestra de profundidad muy alofánica del vertiente Pacífico
6	13	6,1	160	
53/P	13	6,0	148	
68 E	22	5,5	106	
73 x	7	5,9	148	muestra de profundidad a 2.600 mtrs de altura
5017 e	1	5,6	140	muestras similares de las Antillas
51018 e	8	5,7	140	
5054 E	2	5,6	131	

Podrían multiplicarse los ejemplos. Las relaciones más complejas relativas a numerosas muestras y haciendo también intervenir el tanto por ciento de M.O. tendrían que ser establecidas.

Contrariamente a los suelos ferralíticos o a los suelos fersialíticos de las regiones más secas y principalmente a los suelos con montmorillonita, el pH en una solución de K Cl normal está muy próxima e incluso un poco superior al pH determinado en el agua.

6) - MICROSCOPIA ELECTRONICA -

Las propiedades tan particulares de los suelos alofánicos por el agua, las dificultades de la dispersión de las fracciones finas, las variaciones de la capacidad de cambio etc., están bastante bien ilustradas por los clisés obtenidos en el microscopio electrónico.

La extracción ha sido hecha en muestras conservadas frescas y tratadas al agua oxigenada y el examen sobre muestras secadas hace poco tiempo al aire, a temperatura ambiente.

Se ven finos filamentos en abundancia formando una raíz en torno de las partículas a las formas a menudo mal definidas, a veces descritas por ciertos autores (Fripiat, etc.)

La fig. 17 concierne las muestras secadas al aire de la vertiente amazónica (115 y 117) y de la vertiente Pacífico (63). Después de secamiento en estufa, las muestras 117 y 63 (Fig. 17) toman la forma de una masa que no es posible de separar, ni con ultrason

El reducimiento de la red inicial muy floja está bien de acuerdo con las propiedades de absorción, considerables por el agua y la desecación que hemos descrito.

Figura 17

Clisés dell Instituto Agronomico de Louvain, (Sr. Kimpe)

Muestras secadas al aire poco antes de fortografiar.

Figura 17 (continuación)

Muestra 117 c (vertiente amazónica)

Conservada húmeda, tratada al H^2O^2
Extracto sin secamiento.
Secada al aire justo antes observación

Misma muestra después de
secamiento en estufa

Muestra E 63 - Vertiente Pacífico -

Conservada húmeda, tratada al H^2O^2
Extraída sin secamiento. Secada al aire
antes observación.

Misma muestra después de
secamiento en estufa

B) HORIZONTE CARACTERISTICO DE SUELOS POCO ALOFANICOS -1) - CONDICIONES DE FORMACION -

Las condiciones de formación son las mismas que las de los suelos muy alofánicos, pero los residuos aéreos de cenizas son más recientes, más amarillos y, en consecuencia, menos alteradas. El contenido de las sustancias alofánicas es menos importante y la arena más abundante.

En algunos casos, el clima algo menos húmedo puede disminuir la rapidez de alteración de los minerales, o por una desecación temporal moderada, reducir el estado de hidratación de ciertos niveles superiores. Las características de las sustancias amorfas son menos acentuadas, sin que la presencia de haloisita sea aún bien neta y que se pueda prever verdaderamente la evolución ulterior del suelo.

2) - MORFOLOGIA -

La alteración siendo aún poco intensa se distinguen mejor los numerosos niveles sucesivos correspondientes a diferentes fases de una misma erupción o a diversas erupciones escalonadas en el tiempo con, en este caso, frecuencia de horizontes humíferos enterrados bien visibles.

Ciertos niveles de cenizas gruesas están apenas alterados. Delgadas bandas de arena grosera constituidas de minerales negros y blanco inalterados, tal vez en otro tiempo removidos localmente por las aguas superficiales, son así observadas.

Otros niveles son todavía muy arenosos, aunque ya más finos y alterados.

Otros aún, correspondiendo a partículas mucho más finas al origen, o más antiguas, son ya netamente alofanizadas, aún que las diversas características de untuosidad etc., sean menos acentuadas y menos evidentes que para los suelos muy alofánicos anteriormente descritos. Estos últimos, con mucha más de variabilidad que para los suelos muy alofánicos, son los horizontes de diagnóstico.

- El espesor es variable pero raramente pasa de 1 m. A menudo está comprendido entre 30 y 60 cms. El horizonte está encerrado en niveles más permeables.

- El color es *havana-grisáceo*, volviéndose mucho más claro al secar. La influencia de la M.O. es aquí mucho más neta.

La textura aparente es la de un limo finamente arenoso; pero netamente untuoso y algo jabonoso entre los dedos.

- La estructura de conjunto se funde. El suelo es esponjoso pero con una cierta cohesión que limita el hundimiento del aspecto de la zanja, con la diferencia de los horizontes más arenosos, menos alterados. No hay terrones ni agregados pero el suelo puede cortarse con cuchillo conservando una cierta forma.

- La permeabilidad es muy elevada.

Partículas arenosas algo groseras, blancas más o menos alteradas y pudiendo ser aplastadas entre los dedos, así que abundantes minerales negros poco alterados, son bien visibles.

3) MINERALOGIA -

La dispersión a 2 micrones siendo difícil, los exámenes han sido con frecuencia efectuados en muestras obtenidas después de un tiempo más corto de sedimentación en un medio ligeramente ácido.

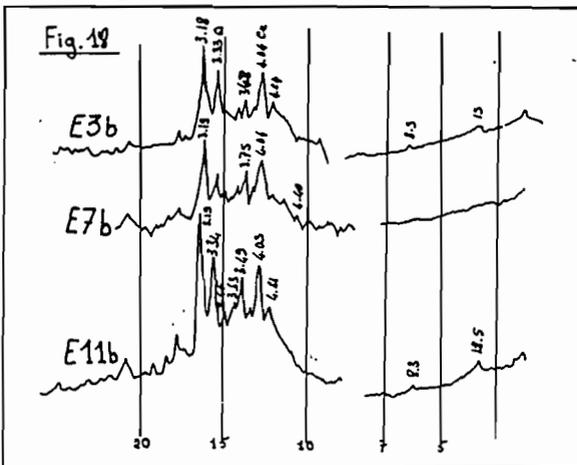
a) Rayos X -

No indican ninguno de los minerales arcillosos corrientes.

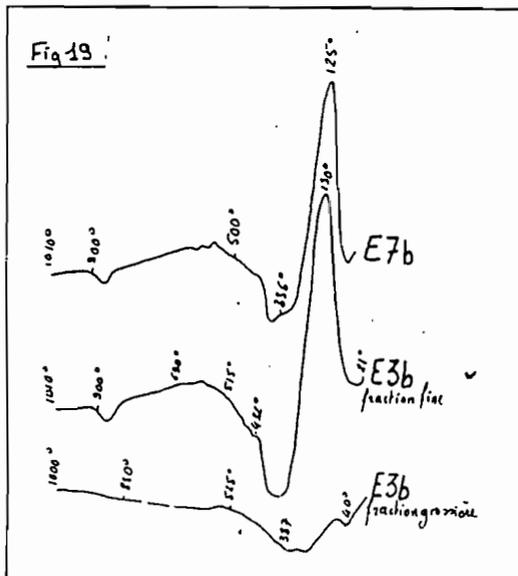
Se encuentran sensiblemente las mismas líneas que en los suelos muy alofánicos con algunas rayas suplementarias de feldspaths u otros minerales. (Fig. 18)

La línea a $4,05 \text{ \AA}^2$ de la cristobalita es siempre bien visible así que las rayas del cuarzo.

Las líneas a $8,3$ y $13,5 \text{ \AA}^2$, atribuibles quizás a la "imogolita" de los japoneses, son visibles, pero muy poco.



Se observa también para la muestra 7 (Fig. 18) una ligera raya a $4,40 \text{ \AA}^2$ que podría ser el indicio de un principio de formación de haloisita. Este perfil, más lejano en la Cordillera de los Andes, deja presentir débilmente, por su morfología, los suelos de transición a haloisita.

b) Análisis térmicos diferenciales - ATD da curvas de forma análoga a las obtenidas

en las muestras muy alofánicas, pero los ganchos endotérmicos son mucho más débiles. La salida de agua parece también empezar a una temperatura un poco más baja: 125° . El gancho exotérmico hacia 350° puede difícilmente ser tomado en consideración. La fig. 19, indica en la muestra 3, las curvas obtenidas en la fracción fina y la fracción más grosera. En esta última, sólo un gancho exotérmico de 200 a 340 \AA^2 aparece.

4) - GRANULOMETRIA - ARENA -

La dispersión por los métodos corrientes es muy difícil e incompleta. La mayoría de las determinaciones (dispersión a la hexametáfosfato) dan resultados con frecuencia análogos, pero algo ilusorios.

Fración inferior a 2 micrones	=	5 a 9 %
" " de 2 a 20	=	30 a 40 %
" " de 20 a 200	=	45 a 55 %
" " de 200 a 2000	=	2 a 8 %

Como la proporción de la arena es a menudo muy importante, es difícil saber si estos valores corresponden, en ciertos casos, a una dispersión incompleta y en otros a un escaso contenido real de la fracción inferior a 2 micrones. Sólo la determinación en tamiz de las fracciones arenosas de 50 - 200 y 200 a 2000 micrones, pueden ser efectuadas con precisión, después de lavados con soluciones ácidas y alcalinas poco diluidas. Los resultados obtenidos por estos procedimientos enérgicos son a veces parecidos a los del análisis granulométrico clásico, pero con frecuencia también inferiores de la mitad, incluso de 10 o 20 veces más débiles. Pero aún en el caso en que estos valores son parecidos, no es posible de saber a penas si las cifras halladas en las fracciones más finas inferiores a 50 micrones son correctas.

La proporción en arena superior a 50 micrones es netamente más elevada que en los horizontes muy alofánicos. Lo más a menudo está comprendida entre 40 y 50 p. 100 G de suelo al aire (en lugar de 10 a 20 %).

El examen detallado de las fracciones pesadas y ligeras (50-500 micrones) no indica un grado de alteración ^{may} sensiblemente menor que para la arena de los horizontes muy alofánicos. Parece ser que en estos últimos sea principalmente la alteración de las partículas muy finas inferiores a 50 micrones y de los cristales volcánicos que haya sido más intensa.

En las Antillas, donde los suelos muy alofánicos son a menudo más ricos en gibbíta, diferencias más netas aparecen entre las arenas de ^{los} suelos muy alofánicos más alterados, y las de los suelos aún jóvenes y poco alofanizados. La variabilidad tiene débiles distancias en un mismo perfil, de la granulometría original de la arena, hace a menudo delicada la interpretación.

La composición mineralógica de la arena es análoga ^{en ciertos casos} a la de los suelos muy alofanidos, o diferente ^{en otros casos}. Se trata de diferencias en la composición del poso original sobre los cuales volveremos. (página 35).

5) - RETENCION DE AGUA -

Se encuentran, aunque muy atenuadas, las propiedades de absorción de agua de las muestras muy alofánicas.

En los gráficos de la figura 20, hemos representada a título comparativo, la humedad correspondiente a pF 2,8 y 4,2, determinados en muestras conservadas frescas o secadas al aire, de suelos relativamente recientes y poco alofanizados, sobresaliendo de los horizontes más profundos muy alofanizados. Ilustran perfectamente los hechos siguientes:

- Existe una diferencia entre las humedades de pF determinadas en muestras conservadas frescas o previamente secadas al aire. Esta diferencia es mucho más débil que la de los suelos muy alofánicos.

- El agua útil definida por la diferencia de la humedad entre pF 2,8 y pF 4,2 es más alta en muestras conservadas frescas que en muestras secadas al aire.

- En comparación con los suelos muy alofánicos (ver también gráfico página), esta "agua útil" es más pobre para las muestras conservadas frescas y más importante para las muestras secadas al aire.

Esta capacidad de "agua útil" más elevada en muestras secadas al aire en los suelos débilmente alofánicos que en los suelos muy alofanizados, aunque las proporciones en arena sean más importantes, es difícil de explicar. En ciertos casos, podría ser atribuida a cantidades más elevadas en M.O. cantidades menos unidas a las sustancias alofánicas amorfas estas últimas menos abundantes y a veces mejor organizadas bajo la influencia de desecaciones temporarias moderadas reduciendo la hidratación.

El suelo está aireado. La porosidad por el aire, tomando para su cálculo de la porosidad en agua la humedad pF 2,8 en suelo fresco, está próxima de 15 a 20 % de suelo secado al 273°K .

La figura 21, corresponde a los suelos poco alofanizados sobre restos recientes muy espesos al borde de la cordillera.

Se nota que ciertos horizontes, correspondiendo a depósitos de cenizas más finos, son mucho más alofanizados que los horizontes más groseros superiores o inferiores. Esto parece particularmente neto por los niveles 50 - 80 cms. de los perfiles 40 - 49 y 52.

b) Capacidad de cambio de bases - pH -

Depende de la proporción de sustancias alofánidas y del contenido en materia orgánica. La M.O. tiene una influencia importante, más importante que para los suelos muy alofánicos.

En cambio, (a falta de resultados en los suelos del Ecuador, los de las Antillas permiten de pensarlo) el estado de humedad del suelo no interviene de manera sensible.

La figura 22, indica en dos perfiles la capacidad de cambio en muestras secadas al aire; la humedad pF 2,8, medida en muestra fresca, la proporción en M.O. y el contenido de arena superior a 50 micrones. Se observa netamente que la alofanización parece tener más importancia que el contenido en M.O. Relaciones establecidas en numerosos perfiles serían necesarias.

FIGURA 22

T	pF 2,8	M.O. %	Arena	T	pF 2,8	M.O. %	Arena
seco	fresco		50 micro	seco	fresco		50 micro-
me%	-		nes	me%			nes
E 52 a	20	57	8,3	53	:	E 49 a	28
b	12	42	2,2	55	:	b	18
d	19	75	3,0	34	:	c	25
e	14	49	1,6	-	:		
					:		
					:		

Como para los suelos muy alofánicos, los valores de pH son relativamente altos para estados de saturación débil - 10 a 20 % - (T determinado en suelo secado aire) cuando se les compara a los suelos ferralíticos. La influencia de la M.O. parece muy importante. La figura 23, muestra claramente que aunque el estado de la saturación decrece en profundidad, así que el contenido en M.O., pH al contrario aumenta. Se observa en el perfil 46, un horizonte enterrado húmifero en el cual pH es netamente más elevado que en el horizonte húmifero de superficie aunque el contenido en M.O. sea el mismo. Serían pues, principalmente, los horizontes teniendo de la M.O. fresca, en los cuales la actividad microbiana es intensa, los más ácidos.

FIGURA 23

MUESTRA	$V = \frac{S}{T} \%$	pH agua	M.O. %	agua	MUESTRA	$V = \frac{S}{T} \%$	pH	M.O. %	agua
		1/2,5		pF 2,8					pF 2,8
				m.fr. %					m.fr. %
E 49 a	14	5	7,1	62	53 a	36	5,6	11,5	32
b	12	5,6	2,9	48	b	10	5,6	3,6	55
c	10	6	2,7	61	c	9	5,9	1,7	43
E 50 a	15	5,5	6,4	-	46 a	20	5,4	8,7	53
b	13	5,9	2,9	-	b	17	5,7	1,9	35
c	12	6,4	2,5	47	e	16	6,1	6,7	-
E 52 a	22	5,2	8,2	57	f	11	6,3	1,8	57
b	18	5,1	2,2	41	g	10	6,2	1,4	90
d	6	5,6	3	75	<u>Suelos de las Antillas</u>				
54 a	36	5,3	8,2	46	138 c	13	5,3	2,4	74
b	11	5,4	3,5	51	139 c	16	5,2	0,6	73
c	7	5,8	3,2	-	140 d	32	5,1	2,2	50

II - Segunda Parte(II-2) - SUELOS CLON HALOISITACONDICIONES DE FORMACION -

Resultan de las formaciones volcánicas llenas de cenizas análogas o idénticas a las de los suelos con alofanos, pero bajo clima menos húmedo. La pluviometría es menos importante: 1,8 a 2,5 mtrs. La temporada de sequía y la insolación (evapo-transpiración), son a menudo más acentuadas.

El volumen de agua filtrada anualmente es menos grande que en los suelos alofánicos ya descritos, y un déficit de agua aparece muy netamente ciertos meses. El perfil puede secarse en un cierto espesor.

El arrastre de las sustancias disueltas en el curso de la alteración es menos intenso, menos profundo, a menudo parado en ciertos momentos del año. Estas condiciones parecen favorables a la neo-síntesis de la haloisita.

La alteración de las cenizas volcánicas dan nacimiento, con el tiempo, en estas regiones, a suelos cada vez más ricos en arcilla y menos permeables, los nuevos depósitos aéreos más recientes, por consiguiente muy permeables, vienen a depositarse en un nivel arcilloso antiguo, poco permeable, factor de disminución del drenaje interno, favorable también a la neo-síntesis arcillosa.

El contenido en arcilla inferior a 2 microns, pudiendo variar según la intensidad de la alteración y la antigüedad, 10% a más de 60%, los suelos tienen aspecto variado. Sin embargo, ciertos caracteres permanecen suficientemente estables para que sea posible de definir horizontes característicos por una parte para los suelos aún jóvenes y ligeros formando transición hacia los suelos alofánicos y, de otra parte, para los suelos ya evolucionados más antiguos y claramente arcillosos. Estos horizontes característicos pueden representar a veces a consecuencia de la ausencia de horizontes morfológicamente bien diferenciados, (y esto es a menudo una de las características de estos suelos) el conjunto del perfil.

Estos son, principalmente, los criterios morfológicos y mineralógicos que permiten un diagnóstico, pues, por sus propiedades físico-químicas, estos suelos pueden relacionarse a muchos otros suelos a pardo cambic, marrón eutrofos tropicales o pardos ferrisólicos.

A) - HORIZONTE CARACTERISTICO DE LOS SUELOS DE TRANSICION ALOFANES - HALOISITA -I) MORFOLOGIA

El espesor es variable, generalmente comprendida entre 0,5 y 1 m., y el límite con el horizonte superior, cuando existe, muy difusa.

El color es muy oscuro (negro a pardo-negro, 10 YR 3/2) en suelo resecaado fresco, volviéndose muy oscuro 2/2 en suelo mojado y, mucho más pálido en suelo seco. Se parece, con frecuencia, a la del nivel superior.

La textura aparente es la de un limo de arena fina que parece a veces contener algo

húmedo es muy blando . La cohesión de los terrones secos o húmedos es muy débil y el suelo se deshace en partículas arenosas muy finas, y, a veces, en pequeños agregados poco estables. Esta es, con frecuencia, la sólo diferencia con el nivel superficial más agregado por la materia orgánica, más grueso y semejante , parecido a un excelente mantillo.

No hay revestimientos visibles, la permeabilidad es excelente.

Las características hacen pensar, con frecuencia, más bien a un A_1 profundo o a un A_{12} que a un B_1 .

2) - MINERALOGIA - La dispersión de la fracción arcillosa por los métodos corrientes no es siempre completa y valable. La extracción en partículas finas es, sin embargo, relativamente fácil. Por analogía con los alofanos, se ha a menudo operado con fracciones obtenidas después de épocas más cortas de sedimentación que ^{lo son} por 2 micrones.

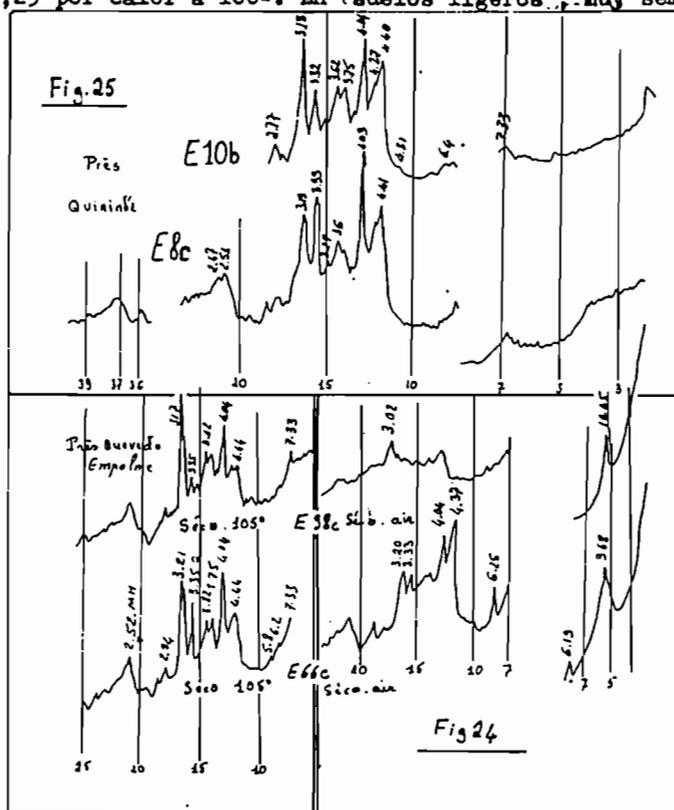
a) Rayos X - Las líneas a $4,4 \text{ \AA}^2$ son bien visibles, pero las rayas a $7,3 - 7,4 \text{ \AA}^2$ son a veces muy débiles (Fig. 24 - 25).

Se observa en la figura 25 que los espectros de Rayos X de las muestras (10-8), tomadas cerca de Quinindé al extremo Norte y cerca del Empalme Sur (Fig. 24) aunque situado a más de 200 km. de distancia, son muy parecidas. Las rayas son más o menos intensas.

La línea $4,04$ de la cristobalita es siempre bien visible.

La haloisita no existe todavía que en escasa cantidad. A menudo se ha operado en muestras secadas a 100° y las rayas a 10 \AA^2 no han aparecido. En todos los suelos de las Antillas, similares a los del Ecuador, en los cuales hemos podido trabajar en las muestras frescas no secadas en estufa, sino simplemente secadas al aire, la raya 10 \AA^2 aparece muy bien, pasando a $7,25$ por calor a 100° . En suelos ligeros, muy semejantes a los de las Antillas,

Fig. 26



los tubos de la haloisita se ven muy netamente al microscopio electrónico (Figura 26 muestra de Guadalupe).

Habrà, pues, además de las sustancias amorfas una pequeña cantidad de haloisita.

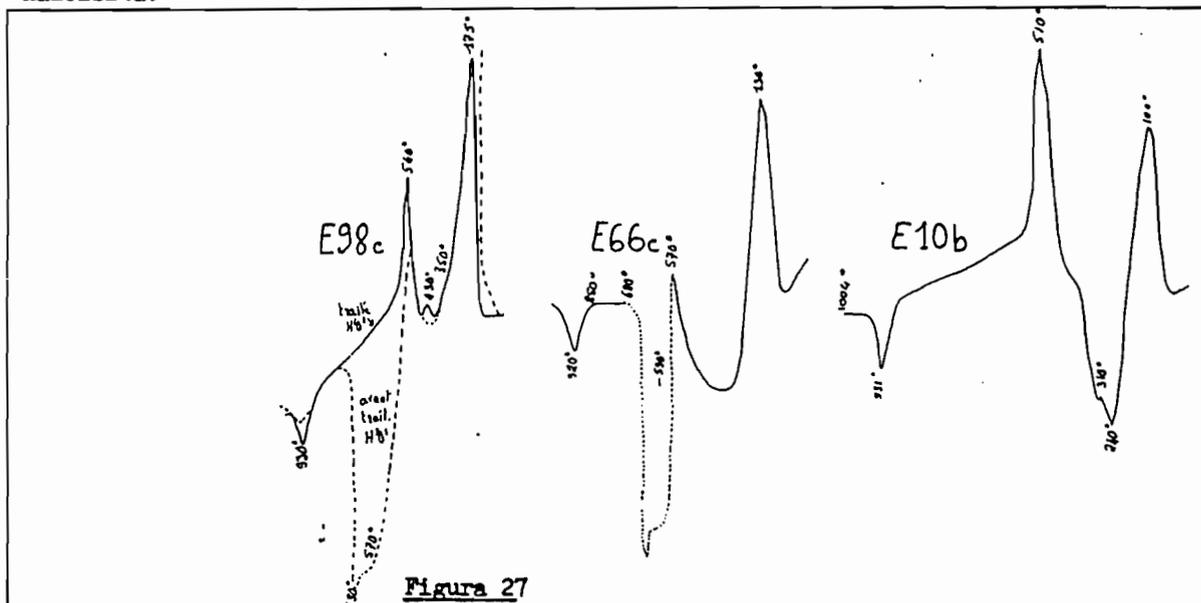


Figura 27

Análisis térmico diferencial - fig. 27;

La presencia de la haloisita es particularmente neta. El gancho endotérmico relativamente importante a 160 - 170° (alofanes + haloisita) está seguido de una curva endotérmica marcada a 510 - 540° y al final de la curva exotérmica a 930°.

Una muy ligera curva de 300 - 350° sería a veces atribuible a la gibbsite o a la goethita y a penas una curva de 450°, puede estar unida a la boehmita (raya de 6,2 Å, a veces visible a los rayos X).

Operando como lo hemos hecho en las Antillas en más muestras, se distinguiría mejor la aparición de la haloisita y su aumentación progresiva: ganchos de 510°, de 540 y después de 570° más importantes. Raya 7,3 - 7,4 Å más intensa y alcanzando en intensidad la línea 4,4 Å.

Es verdad que en las Antillas encontramos formaciones de superficie ya antiguas y más alteradas que en el Ecuador y los términos de paso están mejor representados.

3) - GRANULOMETRIA Y ARENA -

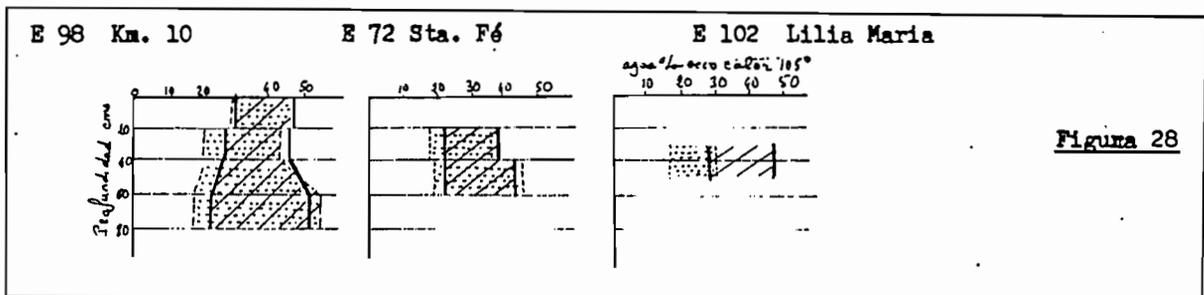
El análisis granulométrico no es siempre posible y sobre todo cuando las proporciones en arcilla inferior a 2 micras no exceden 10 % no se saben si los valores son exactos. Porcentajes de arcilla de 20 % se encuentran a veces. Las fracciones 20-50 y 50-100 micras parecen muy próximas la una de la otra y la arena gruesa muy débil.

Los minerales pesados: hipersthene, hornblenda, augita ... parecen muy poco alterados y casi todos transparentes como en los suelos alofanicos. Las diferencias de composición - con dominación de hipersthene o de hornblenda verde - son debidas a las diferencias en la composición de los restos de origen. Serían pues las

4) RETENCION P/DEL AGUA -

Los pF medido en muestras conservadas frescas o secadas al aire, son muy semejantes, casi idénticas. Estos suelos desecándose bastante en ciertos meses del año, se debía esperar eso. Sin embargo, la capacidad en "agua útil" definida por la diferencia entre la humedad pF 2,8 a 4,2 es importante, principalmente en profundidad, alcanzando 20 a 30 %. Hay pues, medida en muestra secada al aire, una ^{net} y gran aumento de la capacidad en "agua útil" (pF 2,8 - 4,2), cuando se pasa de los suelos muy alofánicos a los suelos poco alofánicos, después a los suelos de transición, sin que de otra parte el contenido en M.O. sea bien diferente, aunque con frecuencia ligeramente más grande. Esta gran capacidad en agua en suelos tan arenosos, se encuentra también en las Antillas, en los suelos del mismo tipo y caracterizaría el comienzo del estado haloisita. ¿Es debido a una forma de M.O. menos unida a las sustancias minerales, o diferente, a consecuencia de un mejor estado de saturación en bases? Es posible, pero sólo en parte pues, eso no explica la aumento en profundidad de el agua útil, cuando el contenido en M.O. puede volverse de 2 a 4 veces más débil. Fig. 28. Una mejor organización de las sustancias amorfas, como lo indica la formación de la haloisita, es sin duda la principal causa.

La capacidad en agua de los suelos en su estado de humedad natural, es no obstante inferior a la de los suelos alofánicos.

5) CAPACIDAD DE CAMBIO - PH -

La capacidad de cambio determinada en muestra seca, parece mucho más influenciada ^{aviso} por el contenido en M.O. que en los suelos escasamente alofánicos, pero menos que en los suelos aluviales arenosos. Está próxima a 20 me % por el contenido en M.O. de 2 a 4 % (30 me en superficie con 9 a 12 % de M.O.) El estado de saturación en bases es próximo de 50 % y pH superior a 6, a veces cerca de 7.

B) HORIZONTE CARACTERISTICO DE SUELOS ARCILLOSOS DE HALOISITA : SUELOS (PARDOS) TROPICAL Y CAERDO FERRISOLICOS -

1) - MORFOLOGIA -

Este es un horizonte B_1 cuyo color es parecido al del nivel superficial ~~pardos~~rojizo oscuro (algo más rojizas que el matiz 7,5 YR 3/2).

La textura aparente es arcillosa. El suelo no es adherente, algo graso (haloisita).

La forma en conjunto es fundida. El suelo es bastante duro a trabajar húmedo, y muy duro seco. Los terrones del suelo húmedo se rompen fácilmente, incluso a veces se deshacen en finos agregados del mm . en los perfiles más arcillosos y evolucionados.

Las caras de la estructura son brillantes, con frecuencia muy brillantes. Aplastado entre los dedos, el suelo toma un color más apagado y algo más claro. A veces hay revestimientos oscuros mangánicos y pequeños pisolithes negros, más o menos endurecidos. Los pequeños agregados de la subestructura pueden tener una tendencia angular, en particular en los perfiles más evolucionados.

La porosidad es generalmente leve, salvo en ciertos niveles cercanos a la superficie o en los niveles superiores de los horizontes enterrados bajo las cenizas más recientes.

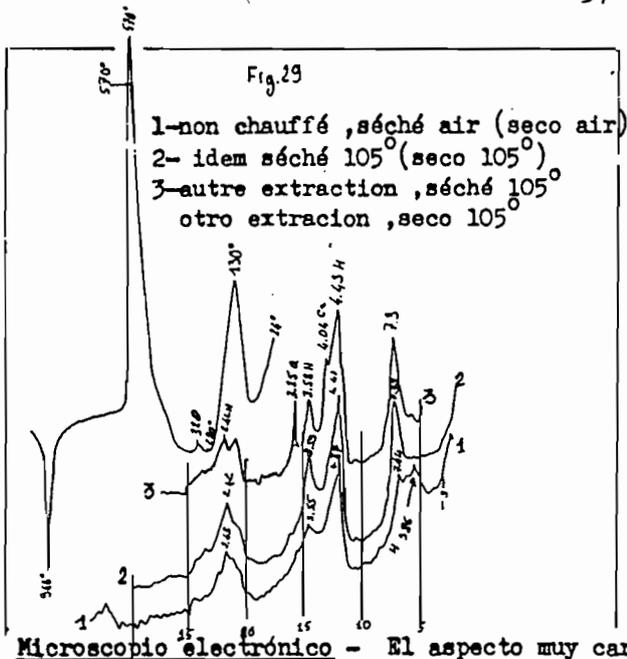
Son pues suelos arcillosos que se oponen netamente por su forma a los suelos de transición, mucho más jóvenes y menos evolucionados. En las Antillas, se pasa de suelos muy jóvenes con haloisita, a suelos arcillosos, por toda una gama de suelos correspondientes a los estados intermedios. El contenido en arcilla aumenta, e igualmente el aspecto de los agregados; las marcas de brillo y la macroporosidad disminuyen.

2) MINERALOGIA -

Rayos X -

La línea de 10 \AA^2 de la haloisita es bien clara en las muestras secadas al aire a temperatura ambiente. Pasa de $7,3 \text{ \AA}^2$ a 100° después de seca (Fig. 29). Esta última raya es más intensa que en los suelos de transición y casi tan importante como la raya $4,4 \text{ \AA}^2$. Una gran línea $2,4 - 2,5 \text{ \AA}^2$ reemplaza a menudo con la haloisita, las múltiples líneas de la caolinita. La goetita es poco visible, en parte disimulada por una pequeña raya de $4,04$ de cristobalita.

ATD - La salida de agua a 130° es menos intensa que en los suelos de transición, pero no debe darse demasiada importancia a su amplitud, variable según el tiempo de secarse de la muestra al calor. Por el contrario, la curva endotérmica es muy



Microscopio electrónico - El aspecto muy característico de los pequeños tubos de halloysita es bien visible con algunas raras plaquitas (Fig. 30) y completamente análogo al de los suelos idénticos de las Antillas (Fig. 31 - Martinica)

importante a 570°, así que el
 ; gando exotérmico a 940°, lo que
 indicaría una arcilla muy cristali-
 zada. La pequeña curva a 320°
 sería debida probablemente a la
 goetita.

Fig 31 . SM112. (Martinique)

3) OTRAS PROPIEDADES -

La proporción en arcilla puede ser importante : 50 a 80 %. La capacidad de cambio es del orden de 20 me % a 50 cm. con 1 % de M.O. pH comprendido entre 5,5 y 6,5.

La humedad obtenida por los valores de p^H en muestra fresca es a menudo inferiores a los obtenidos en muestra secada al aire. Esto es debido a la preparación de la muestra fresca, groseramente desmenuzada entre los dedos y a la trituration de la tierra seca de 2 mm., con partículas finas y polvorientas.

La arena contiene en particular de la hornblenda verde, de hipersthene, algo de hornblenda parda y epidote, minerales opacos y algunos zircons. La fracción ligera comprende de feldspaths plagioclases, cuarzo bipiramides y del cristal volcánico. La composición es pues idéntica a la de las otras muestras a pesar que la proporción de arena sea escasa y el contenido en arcilla verdadera elevado.

III - ESTUDIOS REGIONALES

PRIMERA PARTE

(111 - 1) COMPOSITION Y REPARTICION DE LOS DEPOSITOS AEREOS DE CENIZAS VOLCANICAS

(por la Sra. DELAUNE y el Laboratorio de Geología Sedimentología)

1) - COMPOSITION DE LOS DEPOSITOS AEREOS -

La parte arenosa de los suelos (partículas de diámetro superior a 35 u) es la sola estudiada aquí.

Se divide en dos fracciones por separación en un líquido pesado (bromoforme).

Obteniendo así :

- una fracción ligera agrupando los minerales de densidad inferior a 2,89
- una fracción pesada agrupando los minerales de densidad superior.

La preparación, montaje y la determinación de los minerales han sido hechos según el método de S. DUPLÉIX.

Estando dada la composición muy homogénea de los tufs y la escasez de las especies representadas, sólo la fracción global de la arena, comprendida entre 50 y 500 micrones ha sido tomada en consideración.

a) Minerales de la fracción ligera -

Encontramos en esta fracción :

- de feldspaths plagioclasas (de basicidad andesina/labrador); son con frecuencia de color.
- de la sanidina (feldspaths potásico), puesto en relieve por coloración a la cobaltinitrita de sodio; es raro.
- de fragmentos de cristal.
- de cuarzo bipiramide.
- de la analcima (zeolithe)

Los feldspaths forman 90 % de estos minerales; son fáciles de identificar a pesar que al principio presentan algo de alteración a lo largo de las divisiones y las figuras de corrosión. El cristal, de índice inferior a 1,54 (bálsamo) muestra a veces una diferencia en calcedonias; esto es pues un cristal silíceo.

En ciertos perfiles, existen cuarzos bipiramides, muy ampíodos, de 0,2 a 0,3 mm. de talla. Parece poco probable que sean de origen primario pues no tienen señales de corrosión magmática, ni inclusiones; (según MILLOT, en el caso de las aguas naturales muy diluídas y limpias, puede haber un crecimiento regular de micro-cristales de cuarzo).

En las Antillas, numerosos cristales de cuarzo bipiramidés, sin embotar de 1 a 2 mm., se ven en ciertas formaciones ferralíticas antiguas.

La analcima es subautomorfa, a menudo con un "corazón arcilloso"? Su formación es tardía, por acción hidrotermal. Su cristalización por transformación de minerales (feldspaths) con aportación de Na, no parece posible en las condiciones de lixiviación: intensa y del arrastre rápido en profundidad de las cationes. Se encuentra en todos los perfiles, pero raramente en cantidad suficiente.

b) Minerales de la fracción pesada -

Son:

- de hipersthene
- de la hornblenda verde
- de la augita
- de la hornblenda parda
- de epidotes (pistacite, zoisite)
- de la magnetite (rara)

Los hipersthene, escasamente pleochroiques, son en prismas cortos con terminaciones irregulares; tienen a menudo inclusiones líquidas o gaseosas. Los ferromagnésicos (augita, hornblenda) tienen formas más o menos prismáticas; ^{drps} sus extremidades son irregulares.

Los epidotes son en granos.

Con frecuencia, todos estos minerales están bordeados de un delgado festón de cristal volcánico.

c) Naturaleza de las cenizas.-

La presencia de cuarzo no exprimido (cristal silicio) impide la clasificación de estas cenizas a las rocas holoplagioclasicas (andesitas); pertenecen al grupo de dácitas.

Son, más exactamente, de hialodácitas (el prefijo hialo exprime la virtud del cuarzo)

Las condiciones físico-químicas del enfriamiento y la composición del magma, determinan la naturaleza del mineral ferromagnésico especial de la roca. Se puede formar así de dácitas de hipersthene, de hornblenda verde, de biotita (Jung, 1963).

En el caso en que dos ferromagnésidos se encuentran, puede suponerse que corresponden a dos fases de cristalización diferente : por ejemplo, hipersthene que es un mineral de alta temperatura cristaliza el primero, la hornblenda verde, formada a baja temperatura, corresponde a una fase tardía de cristalización.

2) - COMPOSICION DE LOS TUFOS - PROPORCION DE LOS MINERALES Y REPARTICION GEOGRAFICA -

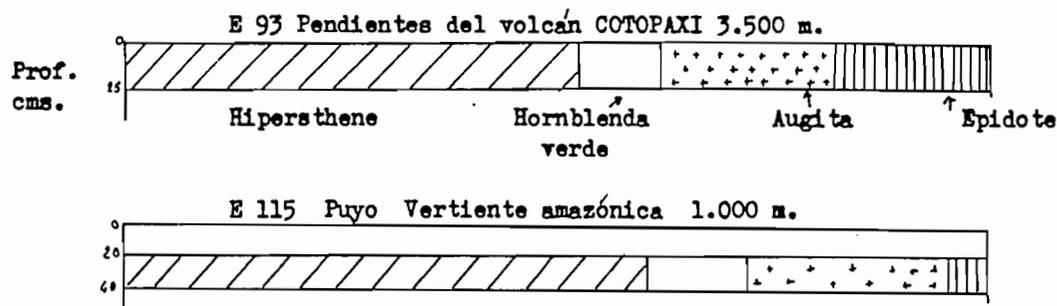
Catorce perfiles han sido estudiados, entre estos : I proviene del vertiente amazónico de los Andes, 2 del valle interandino, lado amazónico y flancos del volcán Cotopaxi : I vertiente Pacífico a 2600 m. y los otros de la llanura de Quevedo Santo Domingo - Quinindé.

Se observa en la figura 32, que los perfiles de la cordillera y de la vertiente amazónica son ricos en augita y en hypersthènes.

Puyo, altitud 700 m. (E 115), 22 % de augita, 11 % de hornblenda verde.

Cotopaxi, altitud 4.500 m. (E 93), 18 % de augita, 16 % de hornblenda verde, cuando en la llanura y vertiente Pacífico el porcentaje máximo encontrado es de 10%

Figura 32



En la vertiente y llanura Pacífico, la hornblenda verde y el hipersthene dominan ampliamente. Pero sus proporciones respectivas están sujetas a variaciones, sea en un mismo perfil, sean regionales.

a) Al Norte de Santo Domingo, hacia Quinindé, la hornblenda verde es de lejos el mineral principal de la fracción pesada (70 a 90 %) contra 8 a 20 % por el hipersthene y 2 a 6 % por la hornblenda parda , 0, a 8 % por la augita.

Figura 33

E 62 Sto. Domingo a Quinindé Km. 74

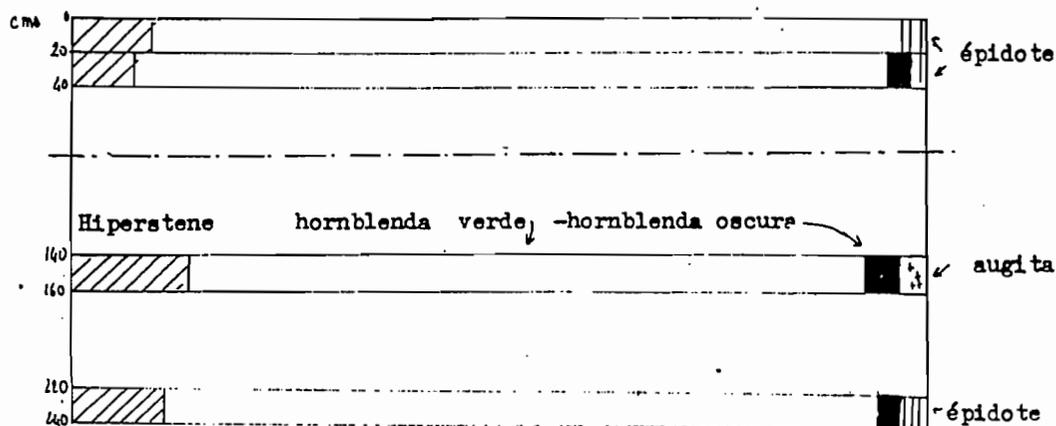


Figura 33
continuación

E 63 Sto. Domingo a Quinindé Km. 49

b) Entre Quevedo y Sto. Domingo en la parte central del llano=bananero, la Figura 34 muestra claramente que existen dos depósitos superpuestos :

- el depósito superior reciente tiene una composición semejante a los que se hallan al Norte de S. Domingo. La hornblenda verde domina (70 a 80 %) con una escasa proporción de hipersthene (4 a 14 %). No hay augita.

- el depósito inferior más antiguo, contiene menos hornblenda verde (27 a 70 %) pero más hipersthene (22 a 60 %) con la presencia a menudo, en pequeña cantidad, de augita .

Figura 34

E 46 Llano central cerca de la cordillera

E 41 Sto. Domingo a Quevedo Km. 26

E 68 Sto. Domingo a Quevedo Km. 40

En la vertiente de los Andes, a la latitud de Quevedo, a 2.600 m. de altitud, la composición de las tobas de los dos depósitos del perfil 73 (Fig. 35), es parecida a la de los perfiles de la baja llanura, (Fig. 34).

Figura 35

E 73 x Carretera de Quevedo Latacunga, a 2.800 m. de altura, Pilalo

Siempre en la parte central del llano entre Quevedo y Sto. Domingo, pero al extremo Oeste, en el lugar en que las formaciones de cenizas son más finas y reposan en suelos arcillosos, es lo contrario que se observa. La hornblenda verde domina ampliamente en profundidad con muy poco de hipersthene (8 %), cuando en la superficie el hipersthene es más abundante (Fig. 36).

Figura 36

E 50 Limite Oeste de los recubrimientos de cenizas entre Quevedo y Sto. Domingo.

Parece que es en esta región central del llano Pacífico, que a un depósito rico en hipersthene ha sucedido un depósito de ceniza más pobre en hipersthene y más rico en hornblenda verde. Hacia el Oeste; puede suponerse que este depósito rico en hornblenda no ha alcanzado el extremo de la llanura y que el depósito superior rico en hipersthene ha recubierto un depósito más antiguo aún de hornblenda.

c) Al Sur de Quevedo, hacia Empalme, el depósito reciente es poco espeso y ya discontinuo, cubriendo las formaciones arcillosas de haloisitas. La proporción de hornblenda verde no excede de 50 % y la de hipersthene es bastante alta : 21 a 46 %; con 6 a 8 % de augita. Habría cubierto un otro depósito más espeso, más rico en hornblenda.

Figura 37

E 98 Quevedo a Empalme

E 102 Empalme

3) En resumen, es posible pues de distinguir tres facies:

Facies 1 - Son las proyecciones de las tobas dacíticas de hipersthene y augita del vertiente amazónico y de ciertas regiones orientales del alto valle interandino (Cotopaxi

Facies 2 - Se trata de proyecciones de tobas dacíticas de hipersthene y hornblenda verde, en proporciones bastante semejantes, localizadas en el Sur del llano Pacífico, hacia Quevedo - Empalme y circuito Oeste a la limite externa de los depósitos de cenizas. No se les ve más en la parte central enterrados debajo las tobas más recientes del facies 3.

Facies 3 - Son proyecciones de tobas dacíticas con ^{pequeño} gran dominio de hornblenda verde y escasa proporción de hipersthene que se encuentra en la parte central de la llanura entre Quevedo y Sto. Domingo, y en toda la parte Norte del llano hacia Sto. Domingo y Quinindé. En la región central de Quevedo-Sto. Domingo, estos depósitos no son muy espesos y han recubierto las proyecciones más antiguas de hipersthene del facies 2. Las regiones situadas al Sur de Quevedo y al Oeste habrán sido preservadas.

3) - EDAD DE LOS DEPOSITOS -

Es interesante saber si estos depósitos provienen de erupciones aproximadas o por el contrario, bastante espaciadas en el tiempo. Como veremos, en toda la parte Norte se distinguen muy bien dos depósitos o dos conjuntos de depósitos: un depósito superior poco alofanizado y un depósito más profundo muy alofanizado; aunque su composición sea sensiblemente la misma y que la mayoría de los minerales de la fracción pesada sean todavía transparentes. Esto concierne sólo a las fracciones superiores a 50 micras, y no se excluye que la alteración de las fracciones más finas sea más ~~avanzada~~ en los niveles profundos.

En el llano central entre Quevedo y Sto. Domingo, se encuentran a 1 a 2 m. de profundidad, fragmentos de alfarería india, navajas de cuarzo etc., al limite de las dos formaciones, justo encima de un horizonte humífero enterrado. El depósito de hornblenda en la parte central y el de hipersthene al extremo Oeste, no tienen más de algunos milenarios. Es notable comprobar que cerca de la mitad de las zanjas que hemos abierto en estas regiones, en posiciones topográficas muy diversas y a varias decenas de kilómetros de distancia, hemos hallado vestigios de la industria humana lo que indicaría una ocupación del suelo muy intensa antes de estos cataclismos.

¿Es posible saber, según el grado de alteración de la arena, si estos depósitos de composición diferente, provienen de erupciones muy antiguas? No nos ocuparemos aquí de los feldspaths plagioclasas, destruidos bastante rápidamente y transformados en productos arcillosos.

Nos queda por descubrir una correlación entre el comportamiento del hipersthene y el de la hornblenda verde.

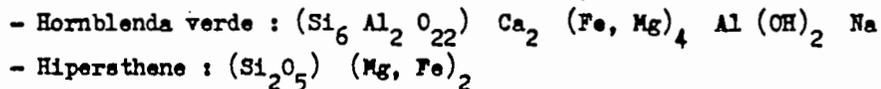
Después de los resultados de BOWEN y GOLDISCH, los últimos minerales formados por diferenciación magmática, son los más estables frente a los agentes de la alteración meteórica, mientras que los minerales primarios prematuramente cristalizados, son los alcanzados primero. El hipersthene, mineral formado a gran temperatura y cristalizante de este tipo, antes que la hornblenda, sería pues menos estable que esta última.

La alteración de un piroxene se manifiesta por la captura de moléculas de agua; las cadenas simples se juntan dos por dos, con fijación de OH. El mineral pasa entonces a un estado hidroxilado y adquiere, de esta forma, una estructura de amfibole. Se conocen varios ejemplos, en las rocas, de transformación de diopside (piroxene monoclinica) en hornblenda (amfibole monoclinica). Pero el hipersthene es orthorhombique; puede transformarse en hornblenda monoclinica? No se ve, por otra parte en los minerales pesados, terminos de paso entre hipersthene y hornblenda.

Si se considera, por otra parte, la manera de alteración progresiva en un mineral, se observan los hechos siguientes:

- en un edificio cristalino, los primeros poliedros disueltos son los de 8 a 12 vertices, centrados en las cationes Ca, Na y K., después los octaedros ocupados por los iones Al, Fe, Mg, y por último, los pequeños tetraedros centrados en Si y Al.

Los dos minerales principales en presencia tienen por fórmula :



Las condiciones climáticas, la pluviometría importante y el drenaje (tobas y cenizas permeables) son tales que la hidrólisis de los minerales debe ser rápida. En consecuencia, la hornblenda debe ser rápidamente destruída por eliminación de los cationes (Ca, Na).

Es preciso, pues, tener en cuenta en la alteración de estas cenizas, de los fenómenos concomitantes:

- la transformación del hipersthene en un mineral de forma amfibole (esto es sólo una hipótesis).

- La hidrólisis rápida de la hornblenda con eliminación de las cationes Ca y Na.

Que se observa en los perfiles más arriba estudiados?

En el caso en que la segunda hipótesis es exacta, sería posible decir que una parte de la hornblenda ha desaparecido por alteración en los horizontes profundos, acarreado un aumento relativo del porcentaje de hipersthene. Esta hipótesis convendría bien los facies amazónicos ricos en hipersthene muy alofanizados. Se aplica mal a los horizontes profundos muy alofanizados del llano central, netamente menos alterados. Además en las Antillas, de

manera muy sensible, los depósitos más antiguos y los más alofanizados, con una proporción importante de minerales opacos, contienen hornblenda (4 a 20 %), mientras que los depósitos muy recientes no contienen prácticamente ~~algo~~ hipersthene sin ~~la~~ hornblenda (en este caso, la regla de BOWEN sería justificada).

El problema parece bastante complejo y necesitaría estudios más profundos. En definitiva es difícil de hablar de una alteración preferente de uno de estos dos minerales. Aunque la degradación de la hornblenda parece ~~deber~~ ser más fácil, este hecho no parece suficientemente establecido para que sea posible, en el caso que estudiamos, de tener en cuenta para diferenciar la edad de las formaciones. Los fenómenos de pedogénesis no conciernen todavía que las fracciones muy finas, inferiores a 50 micrones.

El examen mineralógico de la arena en muchos perfiles, sería indispensable para precisar, no solamente la repartición geográfica horizontal y vertical de estos depósitos, sino también su repartición en el tiempo.

Segunda Parte(III-2) - LOS SUELOS Y SU REPARTICION GEOGRAFICA1) - VERTIENTE AMAZONICA (ORIENTE) PUYO -1 - 1 GEOMORFOLOGIA

Es la zona de 800 a 1.000 m. de altura, situada al pie de los altos relieves, casi abruptos de la Cordillera. El relieve es aún bastante accidentado, formado de colinas a las ondulaciones a menudo cerradas, pero a veces más amplias. La altura disminuye progresivamente hacia el Este y el valle del río Napo, afluente del Amazonas (300 m.)

Toda la región en torno de Puyo, parece haber sido cubierta por los depósitos de cenizas hipersthene y augita, pero el substratum arcilloso rojo es con frecuencia visible a varios metros de profundidad en los taluds. Aproximándose al río Napo, las cenizas desaparecen y los suelos ferralíticos desaturados parecen estar formados, en parte, sobre corrientes de lava, brechas o formaciones volcánicas antiguas.

1-2 CLIMA -

La pluviometría es elevada, 3 m. por año, y bastante constante en el curso del año. Estas condiciones son particularmente favorables a la formación de los alofanos y al mantenimiento de sus propiedades de absorción ^{frontal} de agua. Los suelos no se secan casi nunca. El clima cálido y húmedo no está temperado por la corriente fría de Humbolt, como en la vertiente del Pacífico. Las formaciones de nubes bajas que vienen del Amazonas, invaden con frecuencia los primeros contrafuertes antes de elevarse a los flancos de la montaña y disiparse en lo alto.

1-3 VEGETACION -

La región es aún ^{muy} poco cultivada y la selva ecuatorial domina intensamente. Algunas plantaciones de caña de azúcar para destilación directa y de pastos cercados plantados para la cría de ^{brejes}, son la sola especulación agrícola importante, dando lugar a un comercio fuera la región.

1-4 - LOS SUELOS -A) Suelos muy alofánicos (hidrandepts y oxidrandepts)

Estos son los suelos a humedad permanente ^{desde ya} en la superficie, que poseen todos los caracteres de los horizontes muy alofánicos (cf. pag. 7 a 21). La humedad del campo (o la de pH 2,8 en muestra fresca), excede de 200 y a veces 250 de agua por 100 grs de tierra secada en estufa, en el conjunto del perfil.

En superficie, el contenido en M.O. es elevado : 10 % aproximadamente en los primeros 15 cms. El suelo es negro, esponjoso, blando. Estos valores elevados de M.O. pueden ser atribuidos a la gran humedad durante todo el año. La M.O. es aún impor-

suelo es amarillo bastante claro. Esto hace pensar a uniones particulares : alofanos, M.O.

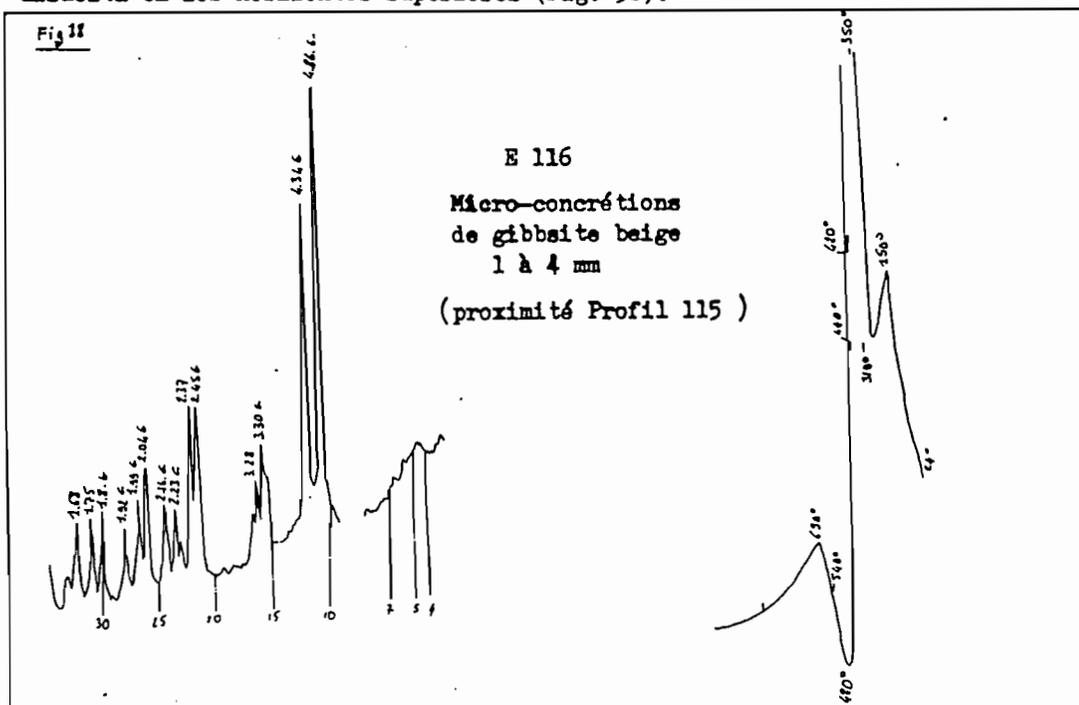
El contenido en bases cambiables es débil, pero no despreciable. Es netamente más elevada en profundidad, alcanzando 7 me % en peso, valor correcto para suelos tan permeables en regiones tan húmedas. El magnesio y el potasio cambiable son muy débiles. El pH está muy bajo en superficie (4,5) y se eleva progresivamente en profundidad, a continuación de la disminución del contenido en M.O. y de un mejor estado de saturación en bases (25 %) (T en suelos secados al aire).

La proporción en fósforo total (en peso) es relativamente correcta en superficie, pero muy escasa en profundidad. El contenido en fósforo Truog es muy débil desde la superficie.

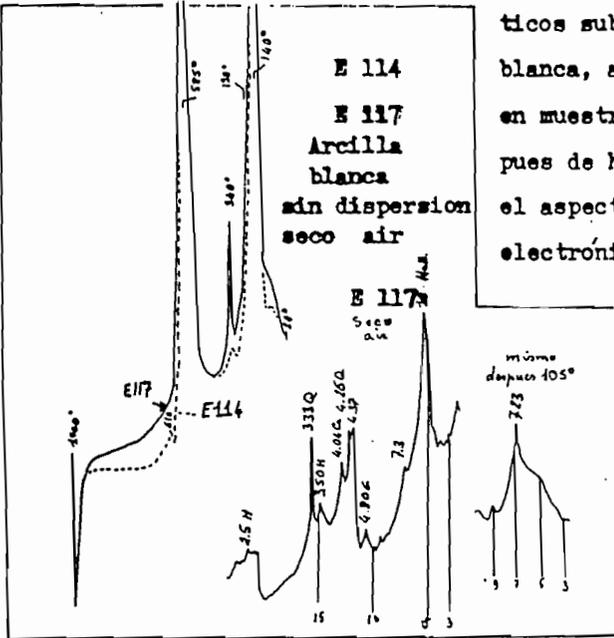
Las propiedades más notables son la enorme capacidad en agua "útil" medida en muestra fresca, definida por la diferencia pf 2,8 - 4,2, sea aproximadamente 50 a 60 por 100 grs de tierra secada en estufa, de ventaja con frecuencia.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta en los resultados exprimidos en peso de tierra, de la densidad aparente muy débil, del orden de 0,4 a 0,5. Exprimidos en volumen de tierra, estos resultados son pues inferiores a la mitad.

Ciertos perfiles parecen contener de la gibsita (115), otros no (117) En profundidad, de 4 a 5 m. hemos encontrado de pequeñas figuras blancas, globulosas o de bastoncillos en los agujeros de raíces que son de la gibsita pura. Como se trata de niveles muy profundos y húmedos, situados encima de las formaciones antiguas menos permeables, el paso del agua tiene lugar principalmente oblicuamente y puede preguntarse si la gibsita no proviene, en parte, de una precipitación de alumina disuelta en los horizontes superiores (Fig. 38).



En lugares, en posición baja, debajo los suelos alofánicos, en sitios que el drenaje interno evidentemente aminorado a causa de los suelos antiguos arcillosos Ferr



En lugares, en posición baja, debajo los suelos alofánicos, en sitios que el drenaje interno evidentemente aminorado a causa de los suelos antiguos arcillosos Ferráticos subyacentes, hemos encontrado bolsitas de arcilla blanca, algo grasa, cuyas rayas muy intensas a 10 Aº en muestra fresca, pasa a 7,23 secada a 100º. Se trata pues de haloisita hidratada, pero se puede observar el aspecto enrollado de tubos no se ve en el microscopio electrónico 5 (E 117 h y E 114 fig. 39). La ATD tiene

un fuerte gancho endotérmico de 140º seguido de una curva a 580º indicando una arcilla muy cristalizada.

El mal drenaje modifica el aspecto de la haloisita.

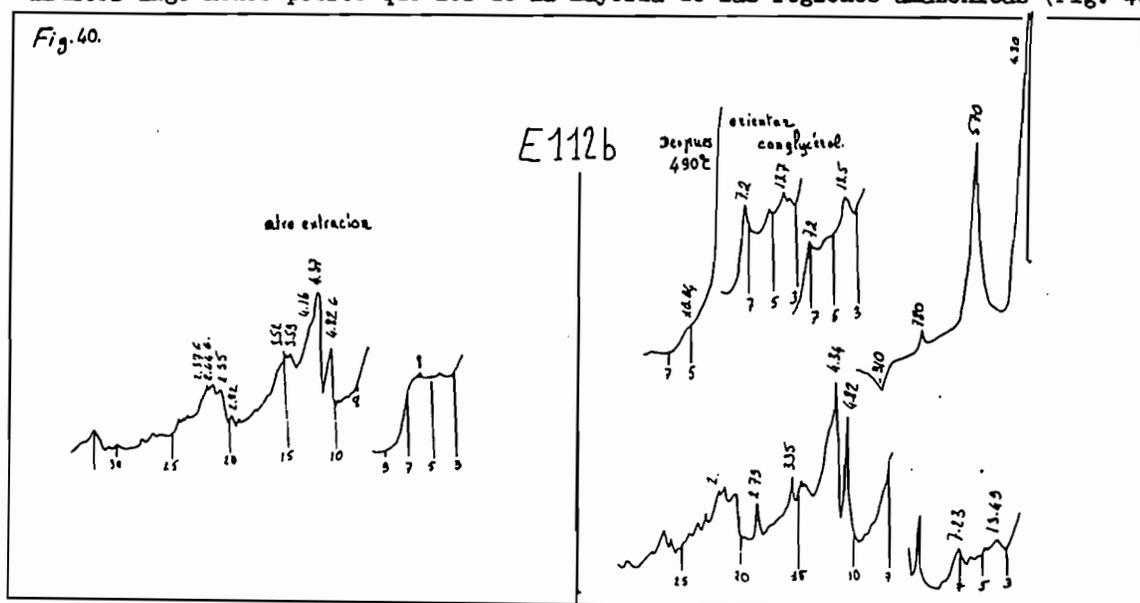
B) Suelos ferralíticos - Latasola -

Aproximándose del Río Napo, los suelos se vuelven más rojizos ^{francamente} y arcillosos, aunque friables. La dispersión es fácil y el contenido en arcilla puede alcanzar 40 a 60 %, fácilmente dispersable. Parece ser que la arcilla sea principalmente constituida de gibsitá, algo de goetitá y sustancias amorfas probablemente hidróxidos. La meta-halloysita solo existe en pequeña cantidad (pequeña raya $7,2 \text{ \AA}^\circ$). Hay que notar sin embargo que la raya a $4,34 \text{ \AA}^\circ$ es muy intensa. Una pequeña línea a $13,5 \text{ \AA}^\circ$ permaneciendo invariable al glicerol parece pasar a 10 \AA° por calor a 500° . Se trata de vermiculita, es poco probable.

La humedad en el campo del suelo, todavía húmedo después de llover, no pasa de 50 %, lo que hace distinguir particularmente estos suelos de los suelos alofánicos vecinos. (250 %).

El contenido en M.O. es aún muy importante en la selva : 9 % en los 15 primeros cms.

El contenido en fósforo total y en potasio cambiabile son muy débiles, pero la suma de bases cambiabiles excede ligeramente 2 me %. Se trata pues de suelos ferralíticos algo menos pobres que los de la mayoría de las regiones amazónicas (Fig. 40)



2) VERTIENTE PACIFICO - ZONA NORTE - REGION DE SANTO DOMINGO-QUININDÉ -

2-1 GEOMORFOLOGIA -

Más que una zona de estribacion de cordillera es una vasta ^{pani} llanura que se extiende desde el comienzo de los altos vertientes muy accidentados hasta la costa. El relieve es en conjunto bastante „quebrado, pero de numerosas mesetas de extensión mediana, o de colinas a pendientes moderadas, permiten una importante extensión de cultivos.

Se distinguen netamente dos depósitos de cenizas, de composición analoga, con gran dominio de hornblenda verde (80 - 90 %) , algo de hipersthene y nada de augita. El depósito superior todavía poco alofanizado es ^{muy} espeso al borde de los Andes y alcanza varios metros entre Santo Domingo y la Cordillera. Disminuye progresivamente de espesor cuando se aproxima del mar y el depósito inferior, muy alofánico aparece cada vez mas cerca de la superficie : 1 m. cerca de Quinindé.

Más allá de Quinindé, hacia Esmeralda, las proyecciones de cenizas desaparecen rápidamente y los suelos ferralíticos, o más bien de ferrisuelos, resultan de formaciones volcánicas duras antiguas. (cf. pag.)

CLIMA -

La pluviometría es elevada cerca de los Andes (3,2 m. a Santo Domingo a 700 m. de altura) y bastante bien repartida en el curso del año, aunque la temporada de sequía sea netamente más marcada que en la vertiente amazónica. Aproximándose de la costa, la pluviometría disminuye lentamente primero hasta Quinindé (100 km.), después, con más fuerza hasta Viche (150 km.), donde no llueve más de 2 m. por año. En la costa a más de 200 km. de S. Domingo, la pluviometría no pasa de 800 mm. y todas las plantaciones de bananas son irrigadas, excepto en algunos valles donde existe una capa en profundidad.

Zona	: Km	: SANTO DOMINGO - 14 años -																
bananera	: 0	: E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					
cenizas	:	:476	485	569	462	342	174	121	53	118	93	66	172	=	3.130	mm		
volcánicas	: 100	: QUININDE													2,5	a	3	mm
Rocas	: 150	: VICHE																
duras	:	:253	306	235	375	195	187	114	125	98	40	93	60	=	2.036	mm		
sediment.	: 250	: ESMERALDAS en la costa Pacifica																
platanales	:	: 111	184	136	130	59	81	53	32	32	12	14	31	=	844	mm		
irrigados	:	:																

La temperatura es la de las regiones cálidas tropicales, atenuada ligeramente por la altura cerca de Santo Domingo (700 m) y de Junio a Noviembre, por la influencia sensiblemente refrescante de la corriente fría de Humbolt.

2 - 3 VEGETACION -

No hace todavía muchos años, toda esta región estaba a penas cultivada. Con la abertura de nuevas carreteras, la cultura bananera ha tomado una gran extensión, pero esta aún localizada en algunos kilómetros de anchura y a veces menos, a lo largo de las carreteras. En cualquiera otra parte, es la gran selva ecuatorial, particularmente rica en palmeras, y cerca de los Andes, en herechos arborescentes.

La altura de 700m. parece ser es un máximo para el cultivo della banana. A partir de aquí y hasta el pie de los Andes, son principalmente los pastos que convienen.

Con el desarrollo de las carreteras, toda esta región parece estar prometida a un gran porvenir. La lejanía de los puertos de embarque es un handicap para la banana, no obstante otros cultivos parecen desarrollarse : palmeras de aceite, etc.

2-4 - LOS SUELOS -

A) 1er. tipo : SUELOS ESCASAMENTE ALOFANICOS cubriendo suelos MUY

ALOFANICOS - (Umbrandeps a C/N=10 o : Entic-hidrandepts
hydic-tropic-normandep
sobre hydrandeps y oxil-hidrandepts)

Con frecuencia se encuentran dos o tres suelos superpuestos, correspondiendo a depósitos de cenizas relativamente recientes, cubriendo un suelo muy alofánico

mas antiguo.

La sucesion de los horizontes es entonces la siguiente :

- I - A - 0 - 10 a 15 cms. - castaño humífero
 B1C - Arenoso
 B2C - a 40 - 70 cms. - Horizonte de diagnóstico de suelos debilmente alofánicos finamente limo-arenoso.
 B3C C - con cristales de cenizas mas groseros inalterados.
- II - - de 70 a 100 cms.
 B1C - Nivel humífero
 B2C C - con a veces cristales de cenizas poco alterados.
- III - de 120 a 180 cms.
 B1C - 20 a 30 cms. - Nivel humífero
 B2C - Horizonte de diagnóstico de suelos muy alofánicos pudiendo alcanzar varios metros.

El deposito III, muy alofánico contiene generalmente menos de arena superior a 50 micros (15 - 20 %), que los depositos superiores I y II (40 a 50 %).

El contenido en M.O. es elevado en superficie en bananeras no aradas : 7 a 9 % en los 10 primeros cms. y disminuyendo progresivamente en profundidad, estando todavía próximos de 3 % a 1 m. y 2 % a 2 m. de profundidad, en el horizonte amarillo muy alofánico. C/N vecino de 10 indica una M.O. bien humedecida. Tal vez es más elevada en los horizontes humíferos enterrados.

La humedad pF 2,8 pasa a penas, medida en muestras frescas, 55 % en los depositos I y II, poco alofánicos. Sobrepasa 100 a 150 % en los depositos profundos III muy alofánicos. El agua "util" definida por la diferencia pF 2,8 - pF 4,2 en muestras frescas, pasa así de 15 - 20 % a 40 - 50 % de suelo secado en estufa. La densidad aparente del orden de 0,8 a 1 en los depositos I y II, baja a 0,4 o 0,5 en el depósito III de profundidad.

Los contenidos en bases cambiables son débiles, pero no despreciables. Son siempre más elevados en superficie (bananeras en terrenos limpios de 2 a 6 años) y aumentan regularmente cuando se aleja de las regiones más húmedas (3,5 m. pluviometria) hacia las regiones menos regadas. El contenido en potasio cambiable, a menudo descuidado en las zonas muy húmedas, se vuelve entonces mejor, 0,5 a 0,7 me %. El contenido en P total es correcto en superficie para suelos no fertilizados. La proporción en P Truog es debil para suelos todavía jóvenes y sin hidróxidos. Sensibles en superficie, son nulos en profundidad más grande.

Todos estos resultados expresados en p. 100 de tierra secada al aire, tendrían que ser relacionados al volumen de suelo. Casi los mismos para los horizontes superiores, las cifras tendrían que ser divididas por 2 aproximadamente, en profundidad en el depósito III.

Aunque el contenido en M.O. disminuye regularmente en profundidad, la capacidad total de cambio en muestras secadas al aire, aumenta progresivamente en profundidad y aumentaría todavía más, determinada en muestra fresca (M. 63 e de profundidad : T seco = 27 - T fresco = 54). Aunque el estado de saturación en bases decrece regularmente en profundidad, pH varía en sentido inverso, pasando de 5,5 a 6,2 - 6,5.

Sea que se trate de la superficie o de la profundidad, la porosidad por el aire (con pF 2,8), sería del orden de 25 a 30 %.

En resumen, se puede decir que se trata de excelentes suelos, ligeros, fáciles a trabajar, permeables y sin embargo con una gran capacidad de agua en superficie y sobretodo en profundidad, en los niveles profundos pero penetrables por las raíces? Una fertilización fosfo-potásica parece útil después de algunos años de cultivos en terrenos ganados a la selva.

B) 2º tipo - Suelos de transición : alofanos - Haloisita - Mollic Umbrandepts -

Es el tipo de suelos que se encuentran en las regiones menos regadas, próximas de Quinindé. Será estudiado con los de la región de Quevedo. Se distingue en el terreno muy netamente de los precedentes por su colorido oscuro sobre mas o menos 60 cm.

3) - VERTIENTE PACIFICO - ZONA CENTRAL - REGION DE QUEVEDO - SANTO DOMINGO -3 - 1 - GEOMORFOLOGIA

ES una vasta penillanura de 100 a 600 m. de altitud, cortado por los ríos que bajan del Norte al Sur hacia el golfo de Guayaquil. El relieve es bastante suave. Varios depósitos aéreos, relativamente recientes y todavía poco alofanizados, forman un conjunto muy espeso, sobretudo al borde de los Andes. Los depósitos más antiguos, muy alofanizados, en general no se ven que a más de 2,5 m. de profundidad en las zanjas de carretera.

Hacia Quevedo, al Sur y al Oeste, el depósito decrece en espesor.

Recordemos que estos depósitos sucesivos pueden tener una composición diferente. Depósitos muy ricos en hornblenda verde y pobres en hipersthene han cubierto en la parte central, otras formaciones, en las cuales el contenido de estas dos especies de minerales se aproximan. Más al Oeste y al Sur, el depósito rico en hipersthene, no ha sido recubierto, pero parece que cubre un otro poco espeso, más rico en hornblenda.

Al Norte, hacia Santo Domingo, se encuentran sólo los depósitos ricos en hornblenda.

3 - 2 - CLIMA -

La pluviometría anual aumenta sensiblemente del Sur al Norte, pasando de 2,5 m cerca de Quevedo, con 5 a 7 meses casi secos a 3 m. en Santo Domingo, con menos de tres meses secos.

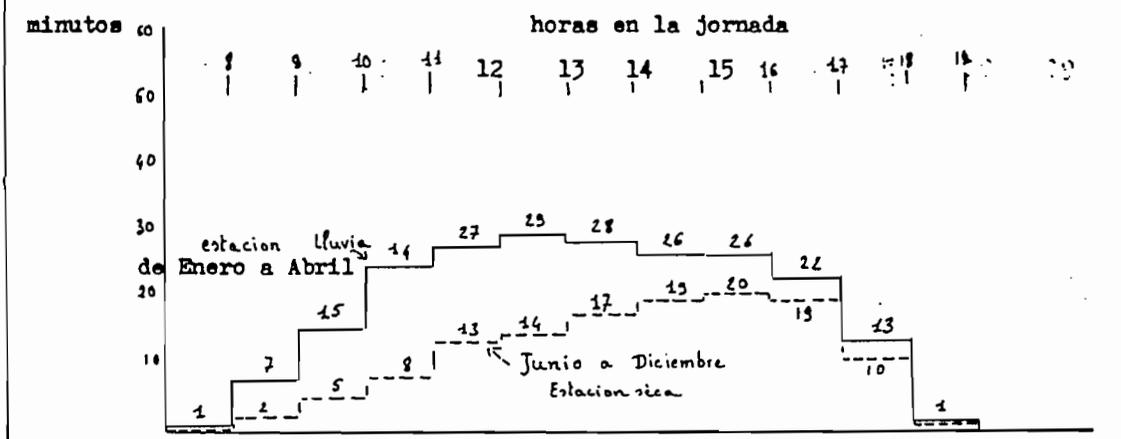
Aumenta igualmente cuando se va del Oeste al Este y las precipitaciones son más frecuentes en las inmediaciones de la Cordillera.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
PICHILINGUE 10 años (Quevedo)	60	463	422	396	115	33	54	4	4	18	23	121	= 2.224 mm
STO. DOMINGO 14 años	476	485	569	462	342	174	121	53	118	93	66	172	= 3.131 mm
	27	26	27	26	26	26	16	19	29	23	18	23	= 264 días

La temperatura de Junio a Noviembre por la influencia de la corriente fría de Humbolt es suave. Durante este período, el nublado es constante y poco sol y tardío en la jornada. Las nieblas matinales traen un substancial rocío y a menudo una fina llovizna.

La duración anual de soleamiento en Pichilingue no depasa de 800 horas, contra 1.500 en Ambato en la Sierra, 1800 en las Antillas en los llanos.

Duración de sol en Pichilingue (Quevedo) en minutos por hora.



3-3 VEGETACION -

Al origen, era la gran selva ecuatorial. Vastas zonas han sido hoy en día ganadas, principalmente en las inmediaciones de Quevedo, y de un lado y otro de la carretera Quevedo-Sto. Domingo, donde el *Las bananas* ha tomado una gran extensión.

La región de Quevedo, relativamente ~~más~~ soleada, parece convenir mejor a la banana que las regiones ^{situadas} más al Norte, donde ^{necesario es, que} la densidad de las plantaciones por la hectárea ~~puede~~ ^{es} más débil. La proximidad de Guayaquil (180 km.) es también un factor muy importante.

3-4 LOS SUELOS -

Se distinguirán varias regiones :

A) Zona Norte y Este - SUELOS POCO ALOFANICOS - (Umbrandepts a $\phi/N = 10$ a Entic - hidrandepts - suelos relativamente lixiviados en bases)
hydric tropic-normandept
Comprende toda la región de S. Domingo hasta 50 km. al Sur, sobre la carretera de Quevedo y toda la parte próxima a los Andes, hasta La María, al Este de Quevedo.

Se trata pues de una región muy húmeda, con una pluviometría anual del orden de 3 m y una estación de sequía moderada.

Los suelos están constituidos de varios depósitos sucesivos. Ciertos niveles están aún muy alterados, pero otros, más finos al origen, son más alofanizados. Uno de estos se encuentra frecuentemente a 50 - 80 cms. de profundidad, la humedad en el campo y los pF en muestras frescas, son más elevados (horizonte de diagnóstico de suelo los poco alofánicos).

Los horizontes muy alofánicos se observan raramente en las zanjas de 2,5 m de profundidad, principalmente cuando se acerca de la cordillera. Se nota en ciertos taludes de carretera y a veces también en lugares en que la limpieza de niveles superiores permite su aparición a menos grande profundidad (caso del perfil 68 donde este nivel muy alofánico, a hipersthene, aparece a 1,5 m. debajo el depósito de hornblenda).

Los contenidos en M.O. son elevados, del orden de 7 % en los 15 a 20 SQ.

primeros centímetros. Disminuyen en profundidad, pero pueden alcanzar bruscamente en ciertos horizontes humíferos enterrados, a 1 m., y tener a veces valores cercanos a los de la superficie del suelo. Es una prueba suplementaria de la juventud de estos depósitos. Generalmente es en este nivel enterrado humífero, o justo encima, que se encuentran los restos de alfarerías La relación C/N es próxima de 10 en todo el conjunto del perfil y varía poco.

La humedad en el campo o a pF 2,8, medida en muestra fresca, es variable según los niveles y puede alcanzar 70 % en ciertos niveles más alofanizados de los depósitos superiores, con un "agua útil" (pF 2,8 - 4,2) de 20 a 30 %. Las determinaciones hechas en muestras conservadas frescas, son netamente superiores, a menudo dos veces más elevadas que las hechas en muestras previamente secadas al aire. En profundidad, la humedad de 100 %, ó más, se encuentran en los horizontes muy alofánicos que son de apariencia similar a los del vertiente amazónico o a los de profundidad de Santo Domingo - Quinindé.

El contenido en bases cambiables varía según el grado de alteración de los horizontes. Son más elevadas en superficie, después decrecen para tomar los valores semejantes en profundidad : 4 a 7 me por 100 grs de suelo. El contenido en K cambiante es en general muy débil. Por el contrario, los contenidos en P total son muy correctos (150 a 200 mg %), así que las de P Truog (2 a 7 mg P^{205} %) para los suelos que no reciben abono. En la ausencia de hidróxidos, P es poco fijo, pero se está lejos de los 20 a 30 mgr de P^{205} Truog por 100 que se encuentra en las Antillas, en terrenos de bananas fertilizados, situados en suelos similares.

Próximos de 5,1 a 5,4 en superficie, pH aumenta regularmente hasta 6 y 6,2 en profundidad, aunque el estado de saturación en base disminuye con frecuencia y no pasa que muy raramente de 30 o 40 %. La capacidad de cambio medida en muestra seca no es muy elevada : 15 a 20 me % y aumenta en profundidad, pasando a 30 me en los horizontes más alofánicos.

En resumen, se trata de buenos suelos en los cuales los abonos minerales potásicos son a prever después de algunos años de rotación. La retención del agua es elevada para suelos tan permeables y aéreos y las raíces pueden descender mucho en profundidad.

- cF. perfiles principales : E 49 - E - 46 - E 68 - E 52

B) Zona Central - SUELOS POCO ALOFANICOS - (Umbrandepts C/N = 10 o Entic-hidrandepts. Los suelos siendo algo ácidos, lixiviados en bases, podría decirse también de Mollic-umbrandepts) - Porous humic latosolic regosol - E.FREI. hydric-tropic-eutrandept
Es la región situada al Norte y Nordeste de Quevedo hasta 40 o 50 km. La pluviometría es un poco más débil que en la región precedente y la región algo más soleada.

Los suelos se parecen mucho a los precedentes, pero están mejor saturados en bases, como continuación de una lixiviación menos intensa. Los tenores en potasa cambiable y en P^{205} Truog, así como los pH superiores a 6 en la superficie. El grado de alofanización parece menos crecido, principalmente cuando se aproxima de Quevedo y cuando se va al Norte de esta ciudad, y de Este a Oeste, hacia las zonas más secas de la costa.

El agua "útil" (pF 2,8 - pF 4,2) es aún satisfactorio, del orden de 20 %, exprimida en peso de tierra secada aire. Es más débil medida en muestra conservada fresca que en los suelos situados más al Norte y Este, y más fuerte, medida en muestras previamente secadas al aire. Este agua "útil" es sensiblemente la misma, que las determinaciones estén hechas en muestras secas o frescas, aunque los valores de la humedad por un mismo pF sean diferentes.

Al Noroeste de Quevedo, se empieza a ver en profundidad, un suelo enterrado de arcilla oscura de haloisita.

En resumen, son excelentes suelos para el banano, en los cuales el abono fosfo-potásico no parece aún útil. El perfil es penetrable por las raíces en una gran profundidad y el banano encuentra las reservas de agua importantes.

4) VERTIENTE PACIFICO - ZONA SUR - REGION DE QUEVEDO Y OESTE -

4 - 1 GEOMORFOLOGIA -

El relieve es liso, formado de mesetas ^{ligeramente}onduladas, cortadas por los ríos.

Los depósitos de cenizas disminuyen y desaparecen al Sur y al Oeste de Quevedo, algo más lejos del Empalme. En toda esta región, un antiguo suelo arcilloso aparece a una profundidad variando de 0,8 a 1,5 m. Se encuentran con frecuencia alfarras, encima de este nivel arcilloso. A continuación, a causa de la erosión, de los depósitos de cenizas recientes, este suelo arcilloso aparece, en general, en las pendientes y al borde de los barrancos;

El depósito de hornblenda verde es todavía visible al Norte de Quevedo, desapareciendo después y el depósito de hipersthene-hornblenda cubre toda la parte Sur y Oeste. Más profundamente, ^{justo} encima del nivel arcilloso, se ve un otro depósito rico en hornblenda más antiguo.

4 - 2 CLIMA -

Es una región más seca en la que la pluviometría anual no pasa mucho de 2 m a 2,5 m., con 5 - 7 meses de sequía pronunciada. Hay algo más de sol aunque bastante débil todavía (Pichilingue : 800 Horas).

4 - 3 LOS SUELOS -

SUELOS DE TRANSICION ALOFANES-HALOISITA en suelo arcilloso ~~apardo~~ de haloisita
 Suelo ~~apardo~~ eutrofico tropical poco evolucionado en suelo ~~apardo~~ ferrisólico
 Mollic umbbandepts ou tropic-eutrandepts en suelo Rhodocruclita o Rhodo-
 chruclita
 Humic latosolic regosol (Pichilingue loam) en rubrosemic latosol

Con una clara graduación de Norte a Sur y de Oeste a Este, son los suelos de transición alofanos-haloisita- bajo facies ligeramente diferentes, que dominan en estas regiones. La tendencia alofánica se acentúa en las regiones más húmedas (horizontes menos oscuros, tacto más untuoso, etc.....), la tendencia haloisita en las regiones más secas (suelos oscuros uniformemente, más friables; con tendencia particular o limo-arcilloso).

A un horizonte de 15-40 cms. bien húmido, de forma grumosa, le sucede un nivel más fino y arenoso de color oscuro parecido.

A unos 80 o 120 cms. de profundidad, se ve generalmente un nivel de ceniza más grueso, poco alterado, de varios centímetros de espesor.

Con brusquedad se pasa luego a un suelo antáguo, de color castaño oscuro uniforme, arcilloso, algo graso, aunque ^{mucho} adherente (haloisita). En los 30 primeros centímetros este suelo enterrado es muy poroso - macroporosidad de 1 a 2 mm. o más, después se vuelve más compacto con aspecto muy brillante y revestimientos pardos oscuros, mangánicos u otros. Algunos pisolithes ferro-mangánicos pueden verse. Incluso aún húmedo, el suelo es difícilmente penetrable a la herramienta, los terrones se deshacen bastante bien. Seco, este suelo enterrado es muy duro.

El contenido en M.O. es importante, 6 a 9 % en los 15 a 20 primeros cms. y a menudo más, 3 a 4 % a 40 cms. de profundidad, pero débiles en el suelo enterrado arcilloso (inferior 1 %) C/N próximo de 10 indica una M.O. muy húmeda.

El contenido en bases cambiables son importantes en superficie : 12 a 15 me %, con principalmente calcio y todavía en profundidad : 6 a 8 me. La capacidad total de cambio parece unida sobretodo a la M.O. y disminuye en profundidad. pH es raramente inferior a 6,5 y puede alcanzar 7, aunque el estado de saturación en bases no excede de 60 %. El contenido en K cambiante es en general bueno, con frecuencia muy elevado : 1,5 a 3 me % El contenido en P Total es excelente (300 a 400 mgr p²O⁵%)

La humedad a pF 2,8 y 4,2, determinadas en muestras frescas o secas, vs. las mismas y el agua "util" (pF 2,8 - pF 4,2) importante para suelos tan ligeros 20 % aproximadamente. La escasa profundidad frecuente del suelo (1 m) por encima del nivel arcilloso, poco penetrado por las raíces, limita sin embargo, el valor del agua utilizable por el conjunto del perfil.

En resumen : son suelos excelentes, notables por su forma ligera, fáciles a trabajar y penetrables por las raíces, muy ricos químicamente en K. y P. El espesor a menudo limitado del suelo ligero a 1 m., hace que las regiones periféricas

en que la estación de sequía es más marcada, las irrigaciones por aspersión indispensables duran varios meses del año. La calidad excepcional de estos suelos justifica los investimentos y arreglos que podrían hacerse para la irrigación.

Principales perfiles : 66 - E 72 - E 98 - cerca de Quevedo y E 50 a 10 kms. al Oeste del Km. 38 hacia Santo Domingo, suelo aún algo alofánico, que reposa sobre arcilla parda a 1,5 m. de profundidad.

5) - REGIONES SUR Y OESTE A LA ORILLA PERO LEJOS DE LOS DEPOSITOS DE CENIZAS RECIENTES

5-1 GEOMORFOLOGIA

El relieve está constituido de colinas de pendientes con frecuencia accidentadas. La roca madre parece estar hecha de las proyecciones alteradas que han cubierto brechas y las corrientes andesíticas.

5 - 2 CLIMA

La pluviometría es próxima de 1,5 a 2 m. por año, con 4 a 7 meses de sequía al Sur de Quevedo. Aumentando cuando se acerca a los Andes.

5-3 VEGETACION

Es todavía la selva densa en la cual numerosa limpieza ha sido hecha en otro tiempo para el cultivo de la banana. Después de algunos años de cultivo la mayoría de las plantaciones parecen haber sido abandonadas.

5 - 4 LOS SUELOS - SUELOS PARDOS ARCILLOSOS CON HALOISITA

INTERGRADOS PARDOS EUTROFES - FERRISOLS o suelos PARDOS FERRISOLICOS

(suelos a evolución débil ferralítico) -

rhodochrults

(coloración oscura pero poca M.O) - Rubrozemic latosol (E. FREI)

Estos son suelos arcillosos de haloisita hidratada y goethita parda idénticos a los que se encuentran en las Antillas. El perfil 79 es característico de los suelos pardos ferrisólicos, aunque las proporciones en goethita no parecen muy elevadas.

En superficie el suelo es arcilloso, pero muy bien formado, finamente grumoso, muy oscuro, a pesar que el contenido en M.O. no pasa de 3 %.

El análisis granulométrico del horizonte A es idéntico al de los niveles superiores de suelos arcillosos enterrados, situados en las regiones más al Norte. Lo que confirma la identidad de estas formaciones.

Más en profundidad, hasta 1 m., el color es el mismo, muy oscuro. Las caras son muy brillantes con a menudo de revestimientos manganicos? El suelo es compacto a la herramienta, algo graso (haloisita), pero los terrones se deshacen bastante bien al estado fresco en pequeños agregados angulosos, teniendo a veces una tendencia pseudo-areba. El suelo seco es duro pero poco agrietado.

El contenido en arcilla en el horizonte B₁ puede alcanzar, en los perfiles más evolucionados, 80 % con una relación de limo/arcilla, inferior a 10.

El contenido en bases cambiables es relativamente importante y parece variar poco en el perfil El pH es próximo de 5,5.

En resumen, son tierras excelentes, pero de calidad inferior a los suelos ligeros que las cubren más al Norte. Las raíces son menos profundas y las reservas en agua débiles para permitir, con algunos meses de sequía, el cultivo de la banana. Una fertilización fosfo-potásico parece necesaria.

Principales perfiles : E 79 - en la carretera de Quevedo Zapotal, y

E 36 - por su nivel profundo enterrado.

6) SUELOS DERIVADOS DE ROCAS VOLCANICAS DURAS EN REGIONES TROPICALES -

(a título comparativo)

Aunque no sean formadas sobre proyecciones de cenizas volcánicas, citaremos algunos perfiles que pueden completar este estudio subrayando las posiciones

A) Suelos de regiones secas lejos de los depósitos de cenizas - FERRISUELOS B Compacto Intergr. Ferrisöl-Vertisol.

Dos perfiles han sido analizados al Oeste del Empalme, fuera la zona bananera, cerca de Pichincha.

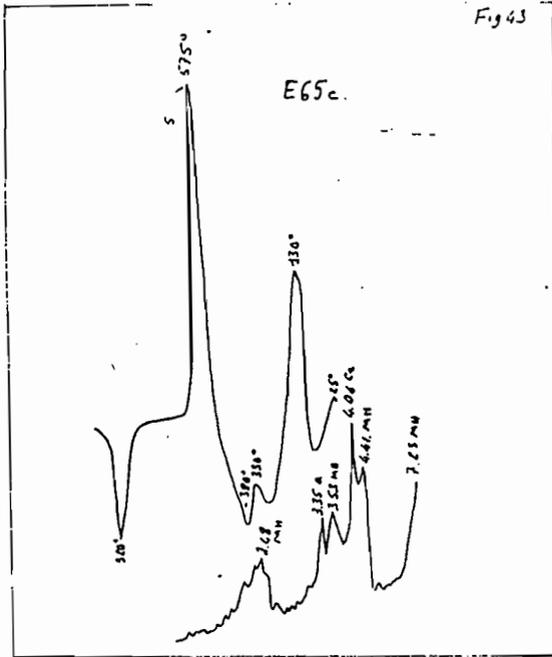
Es una región suavemente ondulada donde las regueras volcánicas antiguas son a veces visibles.

La pluviometría no parece depasar 1,5 m. y la estación seca es importante. Al final de la estación seca, todos los pastos están quemados y la selva esta sin hojas. Esto parece no poder arreglarse, solo en los bajos fondos mas humedos despues de la corta. Es una región de pasto con algunos cultivos familiares: maní..

Los suelos son con frecuencia poco profundos, a menudo se ven las rocas. El perfil siguiente se ve en una corriente andesítica bien visible en posición bien drenada.

El suelo es arcilloso, compacto y agrietado. Bajo un horizonte humífero de 30 cm., se ve un nivel rojizo a caras ligeramente angulosas. Desde 60 cm., aparecen restos de rocas alteradas, a menudo todavía duras.

El contenido en M.O., cerca de 3 % en superficie, disminuye muy rápidamente en profundidad. El informe limo/Arcilla es próximo de 30 a 50 %. Con un contenido en arcilla de 60 %, la capacidad de cambio no excede de 23 me %. El grado de saturación en bases (principalmente) es vecino de 50 % y pH de 6.



La arcilla, inferior 2 microns, sería de la metahalosita, pero la raya de 4,04 de la cristobalita, muy intensa, molesta la vista de la goethita. Habría un poco de gibsita. (Fig. 43). Se puede clasificar estos suelos entre los ferrisuelos a B compactos.

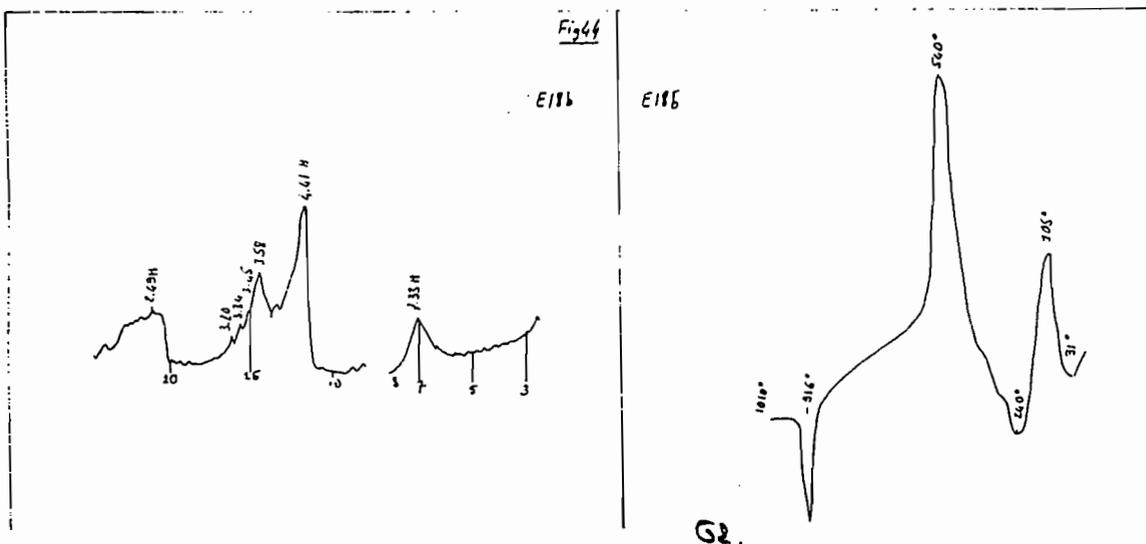
Nota - Perfiles parecidos se han visto entre Quinindé y Esmeralda, pero en regiones, parece, netamente más regadas. (2 m. de pluviometría por año, con un período de sequía más reducido y una selva todavía muy verde, al final de la estación seca.

B) Suelos de grandes pendientes al pie de los Andes - FERRISUELOS Y SUELOS POCO FERRALITICOS - LATOSUELOS -

En los primeros contrafuertes, muy en pendiente, de los Andes, cerca de la Mana al Este de Quevedo, en una región muy húmeda (pluviometría anual 3 m.), la erosión ha quitado los recubrimientos de cenizas. Aunque sean probables ciertas mezclas, los suelos parecen formados principalmente sobre las corrientes volcánicas andesíticas o basálticas y están constantemente rejuvenecidos por la erosión.

El suelo es arcilloso/limoso (L/A = 1), más compacto, relativamente profundo, rojizo, con agregados angulosos. La arcilla parece ser de la haloisita. La goethita, aunque descubierta, es poco importante. No hay gibsita. El contenido en bases cambiables son correctas, 14 me en superficie, 8 en profundidad, pH próximo de 6. Los 9 % de agua "utilizable" contrastan con los 20 a 30 % de los suelos arenosos débilmente alofánicos de las partes llanas próximas.

Estas son las características de los suelos todavía poco ferralitizados del tipo ferrisuelos a B poco compactos.



7) SUELOS DE ALTURA DE LA VERTIENTE PACIFICA DE LOS ANDES - PILALO - A 2,600 m.7 - 1 GEOMORFOLOGIA -

En la vertiente andina es extremadamente accidentada, elevándose ^{muy} rápidamente hasta más de 4.000 m. sobre la llanura. Depósitos de cenizas y de pomez, cuando los declives no son demasiado fuertes, recubren las formaciones más antiguas.

7 - 2 - CLIMA -

Es una región muy húmeda, cubierta una buena parte del año por las nubes que se elevan a lo largo de las paredes de la montaña. La pluviometría parece alta, próxima de 3 m. La temperatura es muy constante en el curso del año, con un media mensual de 12° (media máxima mensual 17°, mínima 8°).

7 - 3 - VEGETACION -

La selva es relativamente poco elevada, con una abundante vegetación higrofila, cortada por algunos pocos pastos.

7-4 - LOS SUELOS -

SUELOS ESCASAMENTE ALOFANICOS cubriendo los suelos MUY ALOFANICOS UMBRANDEPTS o ENTIC-HIDRANDEPTS sobre HIDRANDEPTS -

Latosolic brunizems E. FREI

El perfil es análogo a los de la llanura tropical de Quevedo a Santo Domingo, situado cerca de la Cordillera.

Se ven dos depósitos superpuestos de más de 2 m. de espesor. El primero de hornblenda, el segundo más rico en hipersthene, con niveles groseros poco alterados y niveles ya netamente poco alofánicos.

En contenido en M.O. son muy parecidos, así que las otras propiedades, a las de los suelos poco alofánicos de las regiones tropicales húmedas.

Más en profundidad, en un talud de carretera, se ve muy bien un horizonte amarillo, enteramente idéntico, por su aspecto y sus propiedades, al horizonte de diagnóstico de los suelos muy alofánicos y muy hidratados, de las regiones tropicales del Ecuador y de las Antillas? La humedad del pF 2,8 pasa 150 %, medida en muestra fresca, el agua "útil" (pF 2,8 - pF 4,2) alcanza 45 %, la capacidad de cambio es alta : 45 me en muestra seca (cf. rayo X y ATD pag. 12). Este horizonte encierra netamente menos arena superior a 50 micros : (12 %) que los depósitos más recientes (30 a 40 %) que lo cubren.

La evolución de los suelos sobre cenizas es pues la misma en regiones tropicales cálidas o templadas frías. El exceso de agua y la permeabilidad permanecen los dos principales factores de evolución.

8) SUELOS A GRAN ALTURA DEL PARAMON - Brunizems - CRYANDEPTS -

- Black Equatorial Brunizems - E. FREI. -

En las altas regiones de los Andes, de 3.500 a 4.000 m. de altura, de extensas colinas onduladas dan pastos de hierbas cortas, constantemente amarillas por las heladas nocturnas y los fuertísimos vientos del día.

La temperatura media no excede a penas de 10°. La pluviometría anual sería del orden de 1 a 2 m y regularmente distribuida.

Sobre estas pelinas, los depósitos de cenizas y de pómez de 1 a varios m. de espesor, cubren las formaciones rocosas duras.

Que se trate de la región de Pilalo a Piluli (Quevedo Latacunga), donde los declives del Cotopaxi, cerca de Quito, son de cenizas a hipersthene y augita, con poco de hornblenda, de dimensión mas gruesa que en las llanuras tropicales.

Los 3 a 5 primeros cms. del suelo, están principalmente constituidos de un fieltro negro, muy denso y muy apretado de raíces enredadas. Más en profundidad el suelo es muy húmifero, con una textura particular de menos en menos unida a la M.O. y más grosera. Muy a menudo, se ve un segundo nivel enterrado, más espeso y mucho más negro que el primero : negro antracita, brillante, a reflejos azulados. Como lo cree E. FREI, se trata de una migración de humus dispersado o más sencillamente del recubrimiento de un antiguo suelo, por un depósito más reciente superficial? De tales horizontes oscuros -"spodiques" - existen también en el valle interandino y en las Antillas, en los suelos moderadamente ácidos.

El contenido en M.O., después de eliminación de los cinco primeros cms. superficiales del filamento de raíces, es importante: : 5 a 56% de 5 a 25 cms. de profundidad, con c/N de 13 a 20. Los suelos son relativamente bien saturados en bases 50 % y los pH moderadamente ácidos : 5,5. El fósforo parece poco fijo y el contenido en P Truog correcto.

Perfiles principales : E 96 - E 95 - Piluli - Pilalo - E 93 Cotopaxi

9) SUELOS DEL VALLE INTERANDINO - Brunizems - ANDEPTIC HAPLUIDENTS - DARK

EQUATORIAL BRUNIZEMS (E. FREI) -

Dos perfiles solamente de cenizas se han analizado en el valle, a ^{alto} 2.800 m. de altura, entre las dos cordilleras : una al Oeste, la otra al Este de Latacunga, en las regiones de cultivo de : trigo, patatas, alfalfa.

La temperatura media mensual es muy uniforme y de 13° todo el año, con una máxima media de 20° y de mínima de 8°. La pluviometría no es muy elevada, del orden de 500 a 600 mm. por año, pero bastantambien repartida todo el año.

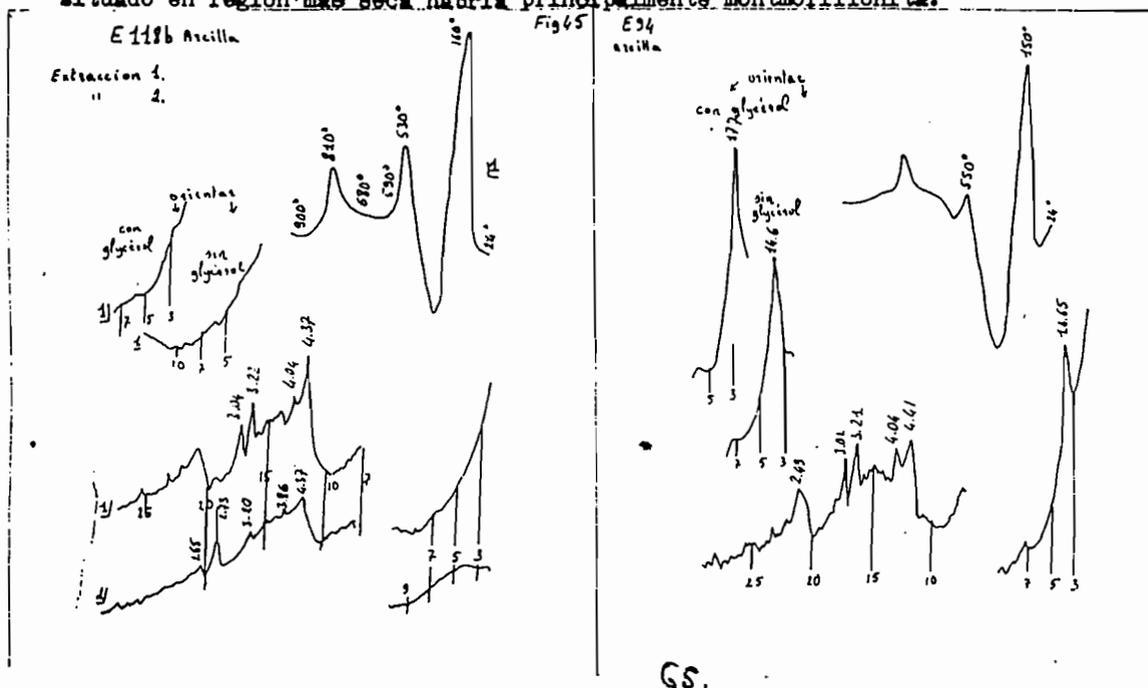
En un perfil irrigado, el horizonte labrado de 25 cms., muy negro húmedo, pero ~~hava~~ claro cuando es seco, areno-limoso, vuelto finamente grumoso por la M.O., recubre otro horizonte de textura parecida pero mucho más negro, brillante, con pequeños agregados angulosos algo endurecidos y de numerosos revestimientos muy oscuros. Una ~~co~~ volcánica, oscuro, bastante duro, es visible a 70 cms.

El otro perfil no presenta este horizonte profundo más negro. Es más espeso y probablemente modificado por los vientos, como lo demuestran las pequeñas dunas del borde de los campos.

Las propiedades de estos suelos son análogas : 11 a 17 % de arcilla, 22 a 33 % de limo fino y 20 % de limo grosero. Los pH son algo superiores a 6, por un estado de saturación de 60 %. Los contenidos en P Truog son importantes y representan 12 y 20 % del P total.

Las cortezas de sílice blanco aparecen en ciertos niveles profundos. En las Antillas, en zonas secas, estas cortezas de sílice son enteramente solubles en la sosa a 2 %.

La arcilla (inf 2 μ) parece esencialmente constituido de sustancias amorfas cuya composición queda por precisar. Se observa la pequeña raya a 4,04 A² de la cristobalita, y un fondo importante hacia 12-14 A² presentando un ligero hinchazón a 17 A² al glicerol (señales de montmorillonita?). En el perfil situado en region mas seca habria principalmente montmorillonita.



Anero al capítulo I y IIOBSERVACIONES SOBRE EL LUGAR DE LOS SUELOS EN LAS CLASIFICACIONESClasificación Francesa en zonas tropicales (Aubert 1962)

Algunas dificultades aparecen para integrar los suelos nacidos de formaciones permeables en la clasificación francesa.

Suelos muy jóvenes de cenizas que no contienen aun que muy poco de alofanos o de haloisita corresponden a la clase de suelos poco evolucionados. Se subclasea de los suelos poco evolucionado de origen no climático a pedo-clima permitiendo la evolución del suelo; Ciertos suelos de transición alofanos-haloisita podrían clasificarse en el grupo de suelos oscuros eutrofos tropicales de la clase de suelos a humus evolucionados suelos AB0 o A (B) C., conteniendo poco de hidróxidos, pero el horizonte B esta todavía poco marcado.

Esto se vuelve más delicado para los suelos muy alofánicos. Los que contienen mucha gibsitita sufren una alitización intensa pero los que no contienen este elemento y son ricos todavía en sílices presentan los caracteres de suelos poco evolucionados. Morfológicamente estos suelos son muy parecidos y poseen las mismas propiedades de retención por el agua y otros caracteres particulares de los suelos alofánicos. Los hidróxidos de hierro son raramente descubiertos a los Rayos X y a la ATD y, es posible que el hierro sea poco individualizado formando parte de las sustancias amorfas alofánicas.

Por este motivo, es preferible de conservar agrupadas, como en la 7ª aproximación USDA, los suelos o cenizas volcánicas en la arena o las sustancias amorfas en la arcilla son las que dominan.

Clasificación utilizada

La distinción que hemos hecho entre los suelos alofánicos con sus propiedades de absorción muy importantes por el agua, y los suelos a proporción variable de metahaloisita y de sustancias amorfas, pero habiendo ya perdido definitivamente una de las propiedades con el agua, permite fijar un límite preciso entre estas dos conjuntos, que corresponden a caracteres físico-químico, mineralógico (ausencia o presencia de metahaloisita en cantidad suficiente) y principalmente morfológicas. El concepto de los suelos alofánicos podría extenderse al conjunto de suelos conteniendo de sustancias amorfas, pero se hace difícil fijar un límite cuando estas sustancias se vuelven difíciles de revelar por ejemplo en presencia de montmorillonita y de haloisita. Suelos de transición alofánicos - haloisita y suelos pardo-rojizos aun poco arcillosos.

Los suelos alofánicos que hemos estudiado son aún relativamente ricos en arena, poco alterados y las sustancias amorfas parecen provenir de la alteración de vidrios volcánicos y de partículas finas. ¿Cuál sera la evolución final de los suelos

alofánicos. Parece, que en las regiones muy húmedas, si el centro está constantemente permeable en profundidad es una bauxita por eliminación del silice, con a veces, en profundidad, ciertas partes menos drenadas de bolsas de haloisita blanca. Si el drenaje interno vertical y oblicuo disminuye habrá formación de haloisita.

En las regiones menos regadas, en que el lixiviación es menos intensa y el suelo sometido a cierta desecación, las sustancias amorfas se transforman en haloisita, dando nacimiento a suelos pardos eutrofos, y si el clima es favorable a la individualización de los hidróxidos, a suelos pardos ferrisólicos, después a ferrisuelos pardos y por último, a suelos ferralíticos friables.

Para formaciones de edad vecina, el límite entre los factores climáticos - pluviometría principalmente - permiten la aparición y el mantenimiento de hielos muy hidratados (ciertos autores asimilan los alofanos a las soluciones sólidas de silicatos metálicos altamente hidratadas de Si, Al, Mn.) y los que favorecen la formación de haloisita directamente o partir de sustancias amorfas menos hidratadas, es muy neta. Esto justifica nuestra distinción.

Hemos evitado hablar de suelos Ando, por no tener una definición precisa.

Clasificación USDA - 7ª aproximación 1960 -

La mayor parte de los suelos nacidos de cenizas volcánicas forman parte en el orden de inceptisols definidos por la ausencia de pedon arcilloso y una alteración moderadamente adelantadadel suborden de los ANDEPTS que comprende los suelos "teniendo una dominación alofánica en la fracción arcillosa o una dominación de cenizas en la arena.

Más recientemente, ese suborden a sido definido por "un complejo de cambio no dando rayas a los rayos X o a dominancia de sustancias amorfas" y, sea con una densidad aparente inferior a 0,9 sea más de 60 % de cenizas volcánicas, piedras pomé o otros materiales piroclásticos en la arena fina y las fracciones más groseras.

Suelos muy alofánicos - La definición del Gran grupo de los HIDRANDEPTS conviene muy bien. "hielo secando irreversiblemente al aire y transformándose en agregados guijarrosos duros - pH KCl con frecuencia vecinos o superiores de pH agua". Los que contienen de la gibsite serían de OXI-HIDRANDEPTS.

Suelos poco alofánicos - Podría hablarse de ENTIC-HIDRANDEPTS, es decir de suelos teniendo ya ciertos caracteres, pero muy atenuados, los hidrandepts, al menos en ciertos niveles, caracteres que se acentúan con el tiempo.

El perfil en conjunto parece que se trata de UNBRANDEPTS definidos así : "El horizonte de superficie es espeso, oscuro, del tipo epipedon umbric o mollic y está o no asociado a un pedon cambic. Incertidumbres concernientes al estado de saturación en bases (variable según el método) y de la dominación de alofanos y de cenizas considerada como preponderante no es posible dissociar epipedon umbric y mollic que están aquí combinados.

Los horizontes A enterrados son frecuentes, separados a veces por lechos de cenizas más groseras. El contenido en M.O. es elevado y la densidad aparente puede bajar hasta 3".

Se ha de señalar,, que en regiones tropicales húmedas, los suelos bien drenados, con la excepción de algunos cms de superficie, tienen raramente de C/N superiores a 10 o 12 incluso cuando son ácidos y desaturados. C/N de 17 requerido por la definición del epipedon umbric, por otra parte relativamente espeso y poco frecuente? Esta "confusión" hecha en los UMBRANDEPTS - a pesar del nombre - entre los epipedons umbric y mollic nos permite incluir los suelos poco alofanicos del Ecuador. Al motivo "saturación en bases débil e imprecisa" tendría que añadirse "C/N relativamente bajo, 10 a 12 aunque el contenido en M.O. elevado, proporción en cation bivalente a menudo débiles (2 a 5 me %) y pH relativamente ácido, (5 a 5,8) en superficie. A falta de los términos precisos, hemos creído bueno indicar "UMBRANDEPTS C/N = 10", para distinguirlos de orthic-umbrandepts C/N elevado superior a 17 probablemente formados en climas más fríos.

Los suelos poco alofanicos mejor provistos en bases (pH sup. 6,8 a 12 me BE) así que los suelos de transición alofanos haloisita serían de MOLLIC-UMBRANDEPTS definidos por "C/N = 10 a 12, un pH superior a 6 bien provisto de Ca y K, pero variable de saturación en bases, según los métodos y análisis mecánicos sin significación". El carácter epipedon mollic, M.O. formado en presencia de cationes divalentes lleva ventaja sobre epipedon umbric a pesar de un estado de saturación incierto.

En resumen, los suelos poco alofanicos pueden ser clasificados de dos maneras :

- si tenemos sobre todo en cuenta los caracteres hídricos, tenemos entonces ENTIC-HYDRANDEPTS,
- si los otros caracteres del suelo tienen más ventaja se debe entonces distinguir los términos los más ácidos en UMBRANDEPTS C/N = 10 o aún con las más recientes definiciones en "Hydric-tropic-normandepts - (tropic significando y a un C/N más bajo que el de los normandepts, y los términos poco ácidos, relativamente bien saturado en bases que serían mollic-umbrandepts o hydric-tropic-entrandepts (el término tropic significando entonces aquí solamente una capacidad de cambio un poco más débil que para los entrandepts púpicos.

No parece posible unir los suelos de transición alofanos haloisita del Ecuador a los ochrandepts. Hay demasiada M.O. para que pueda tratarse de un horizonte ochric y la restricción : horizonte A, oscuro, pero menos oscuro que C es difícil de aplicar del hecho de los sucesivos niveles enterrados a menudo poco espesos. El concepto de los ochrandepts parece aplicarse a los suelos cuya evolución arcillosa es más avanzada, e a los situados en regiones más secas como se ve en las Antillas. Estos, constituidos de cenizas relativamente poco alteradas, pardas o rojizas, serían de entic, los más evolucionados y con una proporción apreciable de caolín de ultic, y los ricos en hidróxidos de oxi. Los ochrandepts serían en suma los intermediarios entre los suelos de transición alofanos haloisita del Ecuador aun muy jóvenes que hemos descrito y los suelos arcillosos

Es una gama de suelo bien representado en las Antillas pero que no hemos podido ver en el Ecuador, aunque existe probablemente.

Los suelos de transición alofanos haloisíticos serían pues tropio-entrandepts por la mayoría, los contenidos en arcillas identificables a los rayos X siendo aún la más veces débiles.

Suelos de altura - Valle interandino - (Ensayo sobre los pocos perfiles vistos)

Puede pensarse a los ochrandepts enciertos suelos de cenizas, pero puede observarse que el colar habano o muy claro en suelo seco se vuelve mucho más oscuro en suelo húmedo.

En las regiones relativamente secas en que los perfiles espesos e uniformes, modificados por el viento, la erosión y el cultivo, podría pensarse a los ANDEPTIC-HAPLUDEPTS - gran grupo de los USTENTS del orden de los ENTISOLS - "suelos sin horizonte de diagnóstico netamente diferentes, no pudiendo tener ni mollic ni umbric epipedon sino solamente de ochric. "La ausencia de horizontes diferenciados sería atribuida a la falta de tiempo para su formación, el suelo pudiendo haber sido en otro tiempo un mollisol o un brunizem, erodado o transformado por el cultivo. En su concepto el orthic-hapludent es un suelo de menos de 60% de ceniza o de alofanos. El andeptic-hapludent es pues un intergrado. Ciertos de esos suelos podrían ser relacionados con los "aridisols", otros más ricos en carbonato de calcio secundario serían USTROEPTS.

Los suelos que presentan niveles enterrados más negros que en superficie, a menos de 60 cms. de profundidad, parecen excluidos del grupo precedente y la restricción horizonte Al menos oscuro que el horizonte C inaplicable en casi todos los casos. Este horizonte más negro que en superficie es un horizonte spodic "revestimientos amorfos de humus y de alofanos, con más de 0,3 % de C, sin estructura de conjunto C/N superior a 12 en suelos vírgenes. No puede afirmarse que se trata de un nivel muy orgánico habiendo evolucionado poco desde su hundimiento o de un nivel constituido al menos parcialmente por los procesos pedogenéticos. Ciertos suelos de las Antillas presentan también horizontes más negros en profundidad, en particular los que han sido afectados por las últimas erupciones de la pelee (1902). En la ausencia de cifras que permitan hablar de nivel spodic, los términos mollic-Umbrandepts o Umbrandepts parecen todavía convenir mejor - suelos poco ácidos. La expresión más reciente de "Thapto-tropio-entrandepts" tiene en cuenta de los niveles sucesivos a menos de 1 m. de profundidad y de las escasas variaciones anuales de la temperatura del suelo.

.../...

Los aluviones de la región de Quevedo, profundamente humíferos, serían por el contrario de MOLLIC-UMBRANDEPTS.

Suelos pardos arcillosos con halosita.

El gran grupo de los RHODOCHRULTS del orden de los ULTISOLS - suelos de horizonte arcílico con algunos minerales alterables, estado de saturación inferior a 15 disminuyendo en profundidad" parece convenir mejor. Los rhodochrults "presentan por otra parte de estrechas relaciones con los oxisuelos, la distinción entre ochric, mollic y umbric epipedon tiene poca significación en los suelos cuyos horizontes arcílicos son de color oscuro secos o húmedos". Si el contenido en M.O. puede ser importante en superficie, es débil en profundidad aunque el color cambia poco. Sin embargo, la concepción del pedon arcílico formado en parte por acumulación de arcilla que proviene de niveles superiores es molesta aunque por sus caracteres el horizonte B de estos suelos pueda relacionarse : Contenido en arcilla de 50 % en superficie y de 80 en B, superficies brillantes (pero puede tratarse de hidróxidos....), así no hemos tenido en cuenta este término de clasificación. Los perfiles menos desaturados en regiones más secas con aumento de las bases cambiables en profundidad serían de Rhodustalfs.

C A P I T U L O I I

L O S S U E L O S S O B R E A L U V I O N E S

1) - LAS ALUVIONES FLUVIALES LIGERAS -

1) ORIGEN

Se concibe que con los inmensos depósitos de cenizas volcánicas que han recubierto los altos macizos de los Andes y los flancos de las montañas, los aluviones bordean los ríos en las llanuras, ^{bajas} conteniendo una importante cantidad de estos finos elementos, llevados, y depositados después a lo largo de las márgenes de los ríos, con frecuencia incluso bastante lejos del lecho principal, en el curso de las inundaciones.

a) En la región de QUEVEDO y al NORTE, es decir, en las zonas de vastos depósitos de cenizas que hemos estudiado, los valles no son muy anchos y la pendiente de los ríos aún relativamente importante, limitados los desbordamientos. Se trata de suelos excelentes para bananas.

Los depósitos de cenizas que se produjeron en las mesetas (restos de la industria del hombre encontrados a menudo a 1 m. de profundidad lo muestran) ^{no han excep-} tuado los llanos aluviales. Es ^{mucho} difícil, en este caso, decir que se trata de aluviones en el sentido de partículas transportadas por las aguas o ^{algunas} veces de depósitos volcánicos aéreos. En cuanto un depósito de cenizas acaba de tener lugar, las lluvias provocan en seguida en estos elementos ligeros, no consolidados, una erosión muy activa y las arrastran hacia las partes bajas situadas, con frecuencia a poca distancia. Puede hablarse entonces de coluvionamiento.

Un criterio valable para caracterizar, en estas regiones, los aluviones sea un contenido en arcilla más elevado en superficie, del orden de 20-25 %, disminuyendo rápidamente en profundidad ^{cerca de los} 40 cms. Esto indica, que a los depósitos relativamente ^{grandes} seros aéreos (arena fina), han sucedido partículas muy finas de arcilla y de limo finos (inf. a 20 micrones) traídas por los desbordamientos de los ríos.

b) Al SUR DE QUEVEDO, hacia el Golfo de Guayaquil, la altura se vuelve muy escasa. La topografía muy suave es la de una extensa zona deltaica - descubriendo en lugares puntos rocosos. Los ríos tienen ^{ampliamente} numerosas curvas y desbordan en épocas lluviosas. El fenómeno clásico de la orilla de los ríos más elevado, sobre algunas decenas de metros de anchura, seguidas de zonas más bajas es muy neto. Las partículas de limo y arena se depositan primero, constituyendo suelos excelentes y ligeros para bananas, poco inundadas. Los limos muy finos y las partículas de arcilla que quedan todavía en suspensión en las aguas tranquilas, van a posarse más lejos ^{en} las llanuras arcillosas más bajas, e inundadas durante largos meses del año.

En estas regiones situadas fuera de las zonas de depósitos de cenizas importantes, la composición mineralógica de la arena certifica un origen en parte volcánico. A Ventanas, la fracción pesada está ya en parte alterada: 25 % de minerales opacos. Entre la fracción transparente, la hornblenda verde domina ampliamente (75 %), luego se encuentra el hipersthene, epidote, y zoisita. Entre los minerales ligeros que constituyen más del 95 % de la fracción arenosa superior a 50 micras, el cuarzo es el elemento esencial (60 %) con feldspaths calco sódicos y algunos raros feldspaths potásicos. Pequeñas lentejuelas de micas negras, a menudo cloritizadas (biotitas) se ven con frecuencia y explicaría la riqueza de estos suelos en potasa.

2) CLIMA -

La pluviometría disminuye mucho al Sur de Quevedo, cuando se aproxima de Guayaquil, pasando de 2,2 m. a 1,1 m (Fig). Entre estas dos ciudades, por el contrario aumenta acercándose a los Andes, yendo de 1 m. en Daule, en la carretera de Guayaquil-Quevedo, a 2 m. en Babahoyo y 2,5 m. en Clementina.

Fig - de Norte a Sur -

QUEVEDO	- 17 años	- 513-482-421-399-128-43 = 36-7-11-23-22-113	= 2200 mm
GUAYAQUIL	- 49 años	- 226-304-296-192-53-16 = 3 - 0 - 2 - 3 - 4 - 32	= 1131 mm
<u>de Oeste a Este</u>			
DAULE	- 4 años	307-260-200-112-46-19 = 42-0-0-1-1-80	= 1070 mm
BABAHoyo	- 7 años	343-498-511-398-157-13 = 2 -1-1-6-3-61	= 2000 mm
CLEMENTINA	- 15 años	533-568-605-408-156-34 = 24-6-8-13-14-95	= 2500 mm

En la extensa zona bananera de aluviones de Vinces, Babahoyo tiene una pluviometría de 1500 a 2000 mm con estación seca, muy pronunciada, de varios meses.

Tal pluviometría sería insuficiente sin la presencia de una capa de humedad casi permanente, cerca de 1 m. a 1,5 de profundidad, incluso en plena estación de sequía.

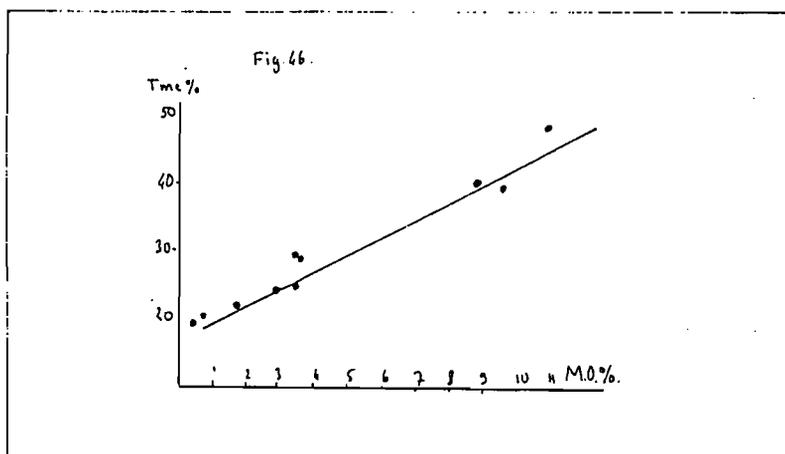
3) LOS SUELOS -

1) Zona de Quevedo -

En las regiones húmedas de Quevedo, en donde los depósitos aéreos recientes de cenizas han podido mezclarse o cubrir en parte los aluviones, la alofanización o la formación de haloisita tiene lugar como en los suelos de las mesetas cercanas. Muy a menudo, hablamos de aluviones por que se trata de zonas llanas en posición baja. Los suelos son con frecuencia profundamente himíferos, ligeramente ácidos (pH 5,5 a 6). El contenido en M.O. alcanza de 8 a 10 % en los 15 primeros cms. y son todavía importantes en profundidad. Las proporciones en K. cambiables y en P Truog a menudo son altas y muy altas. El contenido en P total es elevado en todas partes (400 a 500 mgr P²O⁵%).

nido en M.O. disminuye con frecuencia más rápidamente en profundidad. Los suelos son generalmente poco ácidos pH 6 a 6,8, ricos en potasa cambiáble (1 a 3 me), en P Truog y en P total en superficie y en profundidad.

La capacidad de cambio es elevada para suelos tan arenosos y parece proporcional al contenido en M.O. (Fig. 46)



2) Zona de Vinces - Babahoyo -

El horizonte húmico es más delgado - 10 cms. aproximadamente - con un fieltro muy denso de raíces. Es una arena fina, algo agregada, arcillosa y ligeramente dura al estado seco. Las proporciones en M.O. son del orden de 4 a 6 %.

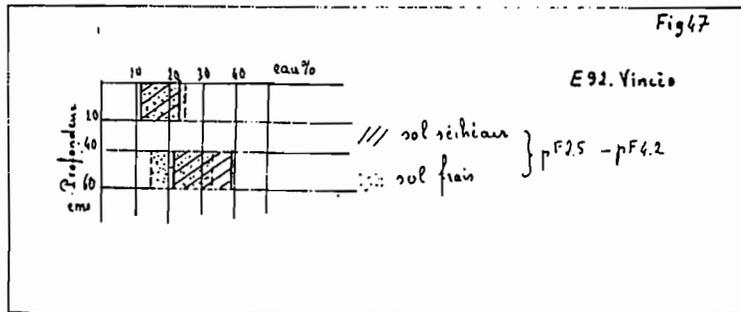
En seguida el suelo se vuelve havanao claro, limoso o arenoso, a veces todavía un poco duro al estado seco hasta 30 cms. de profundidad. El contenido en M.O. excede raramente 1 %.

Hacia 1 m. de profundidad o más, se encuentran lechos alternados muy arenosos o areno-arcillosos, a veces incluso de niveles muy arcillosos hidromorfos.

La granulometría en los primeros metros es muy variada, aunque las fracciones de arena gruesa y arcilla están poco representadas.

La capacidad de cambio vecina de 20 me % en superficie es aún importante en profundidad, en los niveles arenosos, así que el contenido en bases cambiábles. Tales proporciones son asombrosas para elementos tan débiles de la M.O. Los suelos son poco ácidos (pH 6,3 a 7), el contenido en K cam. son generalmente moderados (0,5 me % en superficie) las proporciones en P Truog son por todas partes muy buenas y en el conjunto del perfil, a veces. El contenido en P total es correcto (150 a 200 mg P² O⁵), pero inferiores a la de los aluviones o de los suelos de transición de la región de Quevedo.

La capacidad de agua útil en la superficie es del orden de 10 a 15 % (pF 2,8 - pF 4,2), pero la importancia de este valor es muy relativa, puesto que incluso a fines de la estación de sequía, la humedad se hace sentir ya a 1 m? y que los niveles de 2 m de profundidad están mojados. La humedad de pF medida en muestra secada al aire o fresca, es... las mismas en superficie, pero diferencias aparecen en profundidad, en ciertos niveles.



En resumen, se trata de excelentes tierras a bananas, bien drenadas, constantemente alimentadas en agua en profundidad, bien provistas en P. Un cierto agotamiento en K parece sentirse. La insolación mejor que en las regiones más al Norte, hacia Quevedo, la proximidad del puerto de Guayaquil, las anchas vías de penetración fluvial, han en otro tiempo contribuido al rápido desarrollo de la banana en esta región que es considerada aún por la calidad, rendimiento, y precio de coste, como una de las mejores regiones bananeras.

3) SUELOS DE BANANEROS DE LA PROVINCIA DEL ORO - MACHALA -3 - 1 - GEOMORFOLOGIA -

Al Sur del país, la llanura costera se estrecha entre el golfo de Guayaquil y las abruptas vertientes de la Cordillera de los Andes. En muchos lugares la anchura no pasa de 20 a 30 kms.

A la latitud de Machala, el importante río Jubones baja directamente de los Andes hacia el mar y ha cubierto la región con sus aluviones.

Los altos macizos de los Andes en la parte posterior del país no son volcánicos, sino constituidos principalmente de formaciones cretáceas sedimentadas excesivas, así pues, las partículas arrastradas tienen probablemente en parte un origen bien distinto de este de los aluviones de las provincias de Guayaquil y Quevedo. Pueden ser posibles algunas mezclas de cenizas. No ha sido efectuado ningún examen detallado de la arena.

3 - 2 - CLIMA -

Es una región seca. La pluviometría anual varía entre 300 y 600 mm., la mitad de las precipitaciones caen durante dos meses. Todos los plataneros son irrigados por gravedad por las aguas del Río Jubones. La insolación es mucho mejor que en la región de Quevedo y esto sería una de las causas de la calidad de sus frutos.

Al Sur del llano aluvial de Machala, las colinas de estribaciones de los Andes se aproximan de las de la costa. La región es más seca, con una pequeña selva xerofita; los suelos son a menudo cortos, corroidos, duros, dejando ya prever las regiones desiertas del Norte del Perú.

3-3 - LOS SUELOS -(cf: Colmet-Daâge 1961)A) - Granulometría

Estos son suelos limo-arcillosos a limo-arenosos, en los cuales pueden encontrarse importantes diferencias de textura en el primer metro. Son también frecuentes horizontes de espesor variable, a veces simples lentes más arcillosos o más arenosos.

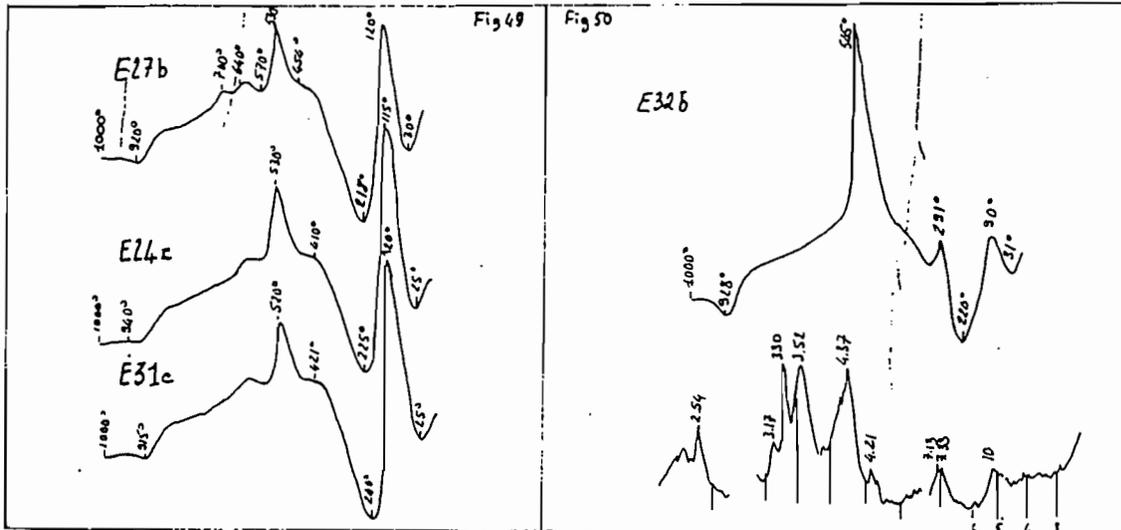
El contenido en arcilla disminuye a menudo de la superficie (30 %), hacia la profundidad. El porcentaje del limo es netamente superior. La arena gruesa está poco presente - inferior a 1 % - Ciertos niveles profundos son ligeramente arenosos, casi sin arcilla (10 %), otros muy arcillosos (50 a 60 %).

Esta riqueza en arcilla de los niveles superficiales demuestra un aluvionamiento suave. Significa un elemento favorable para la irrigación. Finas tiras arcillosas lenticulares provocan, a menudo, por lugar, en profundidad, una disminución del drenaje interno y la aparición de manchas grisáceas u oxidadas.

B) Mineralogía -

La arcilla parece ^{Fig. 49} sobretodo constituida principalmente de montmorillonita con un poco de caolinita u haloisita. Ciertos terraplenes de suelos más antiguos parecen ^{Fig. 50} formados en particular demetahaloisita con algo de gibsite. Se trata verdaderamente de aluviones salidos de suelos ferralitzados del bajo vertiente muy húmedo de los Andes.

La arena no ha sido examinada en detalle, sin embargo, lentejuelas de mica son con frecuencia visibles en cantidades a veces muy importantes.



C) Otras propiedades -

El contenido en M.O. total es del orden de 3 a 4 % en los 15 a 20 primeros cms., pero disminuye rápidamente en profundidad como el examen del perfil lo ^{bien} deja suponer. La relación C/N es a menudo inferior a 10 en superficie, lo que indica una humidificación bastante fuerte.

La capacidad de cambio de base es elevada, comprendida entre 40 y 50 me% en superficie y disminuye en los niveles más arenosos de profundidad. Eso se debe principalmente al contenido de arcilla y es relativamente independiente del porcentaje de M.O. en los suelos de montmorillonita. Es más débil en los suelos ^{de terrazas} más antiguos.

El calcio es ampliamente la cación cambiante principal. El contenido es en general 10 veces más elevado que el del Magnesio, con excepción de ciertos suelos salados. El contenido de Na cam., raramente excede de 1 % del total de las bases cambiables, lo que es muy satisfactorio para los suelos inundados, a veces, por aguas algo salobres.

Las proporciones en potasa cambiante son elevadas, a veces incluso muy fuertes, 2 - 3 ó hasta 5 me % de suelo. Tales elementos son muy raros en los suelos tropicales, aún para aquellos que diferentemente de estos, reciben gran cantidad de abonos potásicos. Si añadimos 1 T de K_2O por año, los suelos bananeros de las Antillas contienen raramente más de 1,5 a 2 me K % de suelo. Proporciones de 0,5 a 0,7 me en profundidad, pueden todavía ser consideradas como ^{muy} satisfactorias en los niveles donde el porcentaje de arcilla no pasade 20%

En ciertos perfiles, el contenido en K cambiante puede ser superior

al de Mg cambiabile. En ciertos suelos de las Antillas, esto es un caso que se ve con frecuencia, después de mucho abono potásico, y aunque los porcentajes de Mg cambiabile sean mucho más flojos que aquellos de Machala, la aportación de magnesio consigue a penas una mejoría. La riqueza de K de estos suelos está quizás unida a la abundancia de partículas de mica.

El contenido en sales solubles es flojo y en la mayoría de los perfiles no pasan de 0,1 gr de Na Cl por 100 gr de suelo.

En ciertos casos, el estado salado tiene un origen marino evidente: antiguos aluviones inundados por las mareas y subida de las aguas salobres, cuando hay mareas fuertes. No parece que el desalamiento pueda presentar alguna dificultad. La comparación del perfil 23 aún sin explotar con su vegetación baja indica un estado muy salado, y, el perfil 22 situado a un centenar de metros, en una zona recuperada hace un año e inundada varias veces por agua dulce, antes de la plantación, muestra la rápida desaparición de la sal. El relación Na/S ha bajado mucho en superficie (10 a 3), y la estructura inicial cúbica se ha mejorado mucho. El mismo relación Na/S es aún bastante fuerte en profundidad (20 %), pero puede pensarse que en estos suelos arenosos en profundidad, estos valores podrán disminuir con las irrigaciones. Los platanales dan actualmente 1200 racimos. por Ha con racimos de 40 kGs. como término medio.

En muchos platanales situados en el interior, el origen de la sal es discutible. En período de sequía, se ven numerosas florescencias blancas que cubren los bordes de las cunetas y, con frecuencia incluso forman grandes manchas en el suelo, al interior de los platanales. Hemos escarbado con un cuchillo estas florescencias, procurando extraer lo menos posible de tierra (1 cm. máximo).

El cuadro, a continuación, en el extracto 1/10^o, muestra que el contenido de sal es poco y probablemente viene de las bases cambiabiles. Las cationes solubles más importantes son Ca y K., la más débil Na. Se trata probablemente de carbonatos. Se puede notar también el porcentaje importante de P soluble Truog (N/500).

No	Bases cambiabiles me p. 100 g. suelo							v%	P ^o mg%		N mg%	pH Eau
	Ca	Mg	K	Na	S	T	Total		Truog			
08	26	3,48	2,92	0,26	33	41	80	205	22	320	7,7	
09	30	4,41	2,06	0,36	36,8	44	86	187	22			
No	Sales solubles: cations mé%					Anions mé%				Total	Electric conductivity millimhos/cm	
	Ca	Mg	K	Na	Total	CO ₃	CO ₃ H	Cl	SO ₄			
08	0,80	0,50	0,65	0,19	2,13	0	1,20	1	0,10	2,3	0,15	
09	1,40	0,50	0,50	0,25	2,65	0	0,96	0,80	0,90	2,7	0,24 extrac. 1/10	

Estas florescencias desaparecen con las primeras lluvias. Muchos platos presentan un color marrón oscuro alrededor del limbo de las hojas, parecidas a las que se encuentran en terrenos salados. ¿Se trata de un exceso de sal o de ciertas cationes, K por ejemplo, en ciertas épocas del ciclo? Es difícil averiguarlo, pero se puede notar que los débiles valores de Na Cl hacen pensar mas a un desequilibrio mineral que a una acción de la sal.

Fosforo -

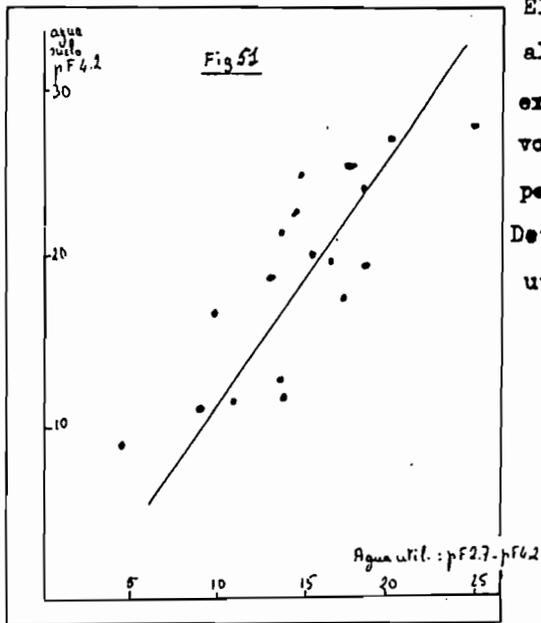
Muy ricos en potasa estos suelos lo son también en Fósforo. Las cantidades en P Total no son considerables : 120 a 150 mgr P^{205} % de suelo, pero una gran proporción -30 a 40 % de este P - existe bajo una forma facilmente soluble, poco fijada, extraída por el reactivo Truog (N/500). Es interesante notar que la M.O. no parece tener influencia en la proporción P Truog/ P total. Esta proporción es a menudo mas elevada en los horizontes de profundidad pobres en M.O. Además, no parece haber muy clara con la proporción de arcilla. El fósforo esta netamente menos fijo en los suelos de montmorillonita que en las facies más antiguas de haloisita y gibsitita.

Capacidad para el agua - Numerosas determinaciones de pF en placas porosas han sido efectuadas. Recordemos que la humedad pF 4,2 es sensiblemente la de un suelo próximo del punto en que la planta se seca, es decir que cuando el agua está fuertemente retenida por el suelo que no es utilizable por la planta que empieza a marchitarse. La humedad pF 2,7 estaría próxima de la de un suelo resaca 24 horas después de haber llovido, lo que quiere decir un suelo en el cual el agua no está en movimiento. Este valor parece menos preciso que el precedente. La humedad de un suelo resaca no corresponde siempre al mismo pF según que el suelo sea arenoso o más o menos arcilloso.

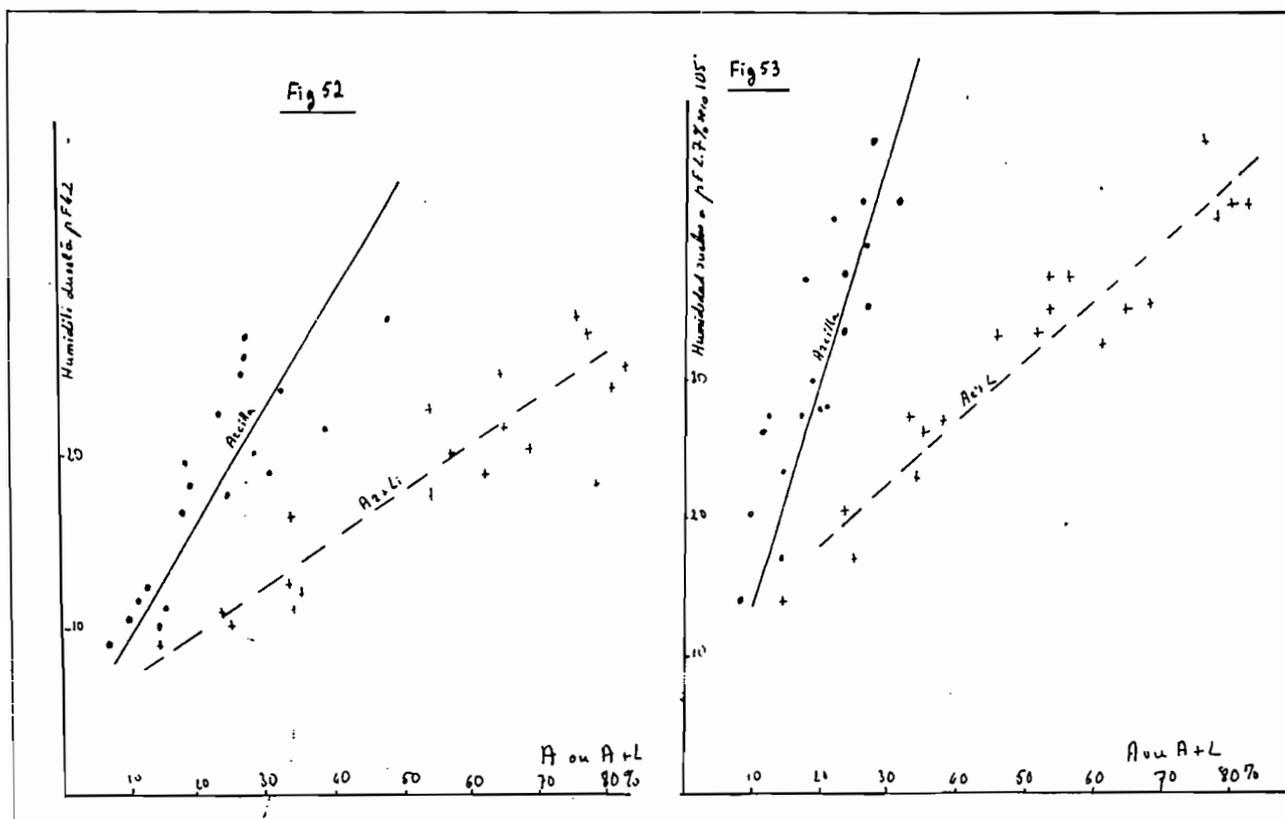
El agua "utilizable" definida por la diferencia de la humedad a pF 2,7 y 4,2 sería pues probablemente demasiado débil en los suelos arenosos (menos de 15 % de arcilla) y demasiado fuerte en los suelos muy arcillosos (50 a 60 % de arcilla). Para los suelos muy arcillosos formados de arcillas que se hinchan la cantidad de agua absorbida por el suelo en el laboratorio es más elevada que en el terreno en que dificultades limitan su expansión. La diferencia pF 4,2 - pF 2,5 es más reducida.

El agua útil está dentro de una cierta medida unida al valor de pF 4,2. El gráfico 61, indica que puede ser reducida por la relación aproximada : Agua "útil" = pF 4,2 x 0,72.

Existen relaciones también entre la humedad pF 4,2 y pF 2,7 y las proporciones en arcilla y arcilla + limo. La M.O. no parece tener importancia, gráficos 52-53.



El conocimiento del agua "utilizable" puede ayudar al cálculo de la dosis de irrigación y evitar el exceso de agua inconsiderado que podría provocar un atasco en agua encima del nivel menos permeable que se encuentra a menudo en profundidad. Determinaciones más precisas en el terreno serían útiles.



Conclusión : Se trata pues de suelos particularmente bien provistos e P y K en los cuales ninguna fertilización, excepto el N., es necesaria. La conducción de las irrigaciones son los dos principales puntos de estudio. Las manchas que se ven alrededor del limbo de las hojas de las bananas están todavía mal definidas. Es que son debidas a la concentración de sal local en superficie... o a un desequilibrio cationico? El analisis folial podra probablemente precisarle con mas seguridad.

CAPITULO TERCERO

ESTUDIOS AGRONOMICOS PARTICULARES

Durante nuestra misión de Noviembre-Diciembre 1963, un programa de estudios susceptible de interesar por sus resultados la economía de la banana, ha sido establecido en colaboración con el Sr. CUCALON, Jefe de la Sección de suelos de la D.N.B. y el Sr. MOREAU, Director de la I.F.E.I.A.

La ejecución de este programa ha sido tomado a cargo por el Sr. CUCALON y su adjunto el Sr. SOTOMAYOR;

I - ESTUDIO DE LA POTASA EN LAS REGIONES HUMEDAS DE SANTO DOMINGO -

La visita del Sr. COLMET-DAAGE en 1961, ha mostrado una cierta relación entre el porcentaje de K cambiable y la pluviometría por un mismo tipo de suelo. Suelos poco alofánicos.

Los contenidos muy elevados de las regiones moderadamente regadas de Quevedo, contrastaban con el porcentaje débil de los alrededores de Santo Domingo, en zona muy húmeda, en platanares sin embargo recientemente ~~desmontados~~. Los estudios de Noviembre - Diciembre 1963 han confirmado estos primeros resultados, y ha sido interesante de extenderlos a un centenar de platanares.

El mapa, que sigue, lleva la indicación del contenido en K. camb. expresado en 10^2 me por 100 gr de suelo, de 0 a 20 cms. Se observa netamente los valores muy escasos próximos de Santo Domingo y los números más elevados cuando se acerca de las regiones más secas hacia Quevedo y Quinindé (Análisis de la Universidad de Quito)

Algunas dosis de potasa total - extracción de ácido nítrico hirviendo - indican que las reservas no son importantes : 1 a 1,4 me por 100 entre 0-20 y 20-40 cms

Si no es todavía posible basarse en el Ecuador ^{con certidumbre} sobre el análisis del suelo para determinar un abono potásico, se puede sin embargo por comparación con los suelos parecidos de bananeras de las Antillas, decir, sin equivocarse mucho, que con porcentajes tan pobres como 0,08 a 0,2 me de K % cambiable de suelo en superficie y aún más débil en profundidad, los platanares no podrán subsistir varios años sin abono, después del ~~desmontado~~ de la selva. Es muy probable, que desde ahora, la falta se deja sentir y limita el rendimiento de las bananeras donde la densidad es correcta.

De abonos potásicos, primero modestos y fraccionados los primeros años de cultivo, luego más importantes después de 6 o 7 años, parecen pues necesarios. A falta de experimentación, las pruebas del análisis de las hojas lo dirán probablemente.

A N E X OContenido en Ca y Mg intercambiables - Suma Ca + Mg + K + Na de cambio

Aprovechando la extracción de la potasa de cambio, se dosifico al mismo tiempo sobre las soluciones de acetato, Ca, Mg, y Na. Estas indicaciones permitiran de hacer comparaciones con los contenidos de otras regiones bananeras cuando habran sido estudiadas.

- Mg - Se notan debiles contenidos en Mg de cambio proximos de 0,5 mé % y con frecuencia incluso inferiores a este valor en la region muy humeda de Santo Domingo; estos valores crecen netamente hacia Quinde menos regada. Aunque estas cifras sean debiles, no parece (segun ensayos realizados en suelos semejantes de las Antillas y analizados en el mismo laboratorio ORSTOM Antillas), que aportaciones en Mg sean necesarias en el estado actual del abono general (Guillemot). Ninguna respuesta clara se observa en los contenidos de 0,15 mé % las otras condiciones siendo semejantes excepto un abono mas importante en potasa y de los niveles mas altos. Recordemos que todos estos suelos todavia jovenes contienen numerosos elementos limosos y arenosos mas o menos en via de alteracion, ricos en Mg cuyas cantidades puestas a la disposicion de la planta no pueden casi ser determinadas.

- Ca - Los contenidos en Calcio de cambio son a menudo debiles pero sin embargo suficientes para la nutricion en calcio del banano. No es aconsejable poner Ca en estos bananos sin previa experimentacion. En suelos parecidos de las Antillas, mas acidos y a menudo desaturados, la aportacion de cal no ha sido significativa sino mas bien de tendencia depresiva (Guillemot). En cambio es aconsejable escoger formas con calcio para los abonos fosfatados.

II - ESTUDIO DEL FOSFORO EN LA REGION DE SANTO DOMINGO

Como para la potasa, se constata una neta disminución del contenido en P Truog (N/500) y P total cuando se va de las regiones relativamente secas de Quevedo a las regiones muy húmedas de Santo Domingo, o cercanías de la Cordillera.

Estas disminuciones en P Truog y P total corresponden verdaderamente a una lixiviación del P y un arrastramiento. Las proporciones en P_2O_5 total pasan así en superficie de 250 a 300 mg, cerca de Quevedo a 120 - 150 mg hacia Santo Domingo. Las de P Truog de 8 a 10 mg o más a 1 o 2 mg de superficie con valores nulos más en profundidad.

No parece que el P sea fijado bajo formas poco solubles excepto las formas orgánicas. Los suelos son aún jóvenes, ricos en sílice, sin hidróxidos individualizados en los niveles superiores.

En las Antillas en suelos análogos, la parte más grande de abonos está bajo una forma fácilmente soluble. En cambio, en los suelos alofánicos de gibsita, el P está fijado y aunque las proporciones encontradas por P Truog sean muy débiles, esto no significa necesariamente que el suelo esté falto de P (ver Dabin 1964). Suelos sin gibsita de leves proporciones están en general unidas a una deficiencia.

Ha parecido interesante probar de unir los valores de P Truog a los efectos dados por abonos fosfatados. El 29 de Abril 1964, 1000 Kg-Ha de superfosfato a 46 %, ha sido esparcido en las parcelas situadas cerca de Santo Domingo. La tabla resume los resultados medianos obtenidos en 1965 y en 1966 por los métodos Truog clásico N/500 y Truog Ayres N/50 (muestras medianas de varias parcelas y de valor mediano de 5 a 6 tomas mensuales). La lixiviación del fósforo y su fijación bajo formas poco solubles parecen muy leves. Pues no hay inconvenientes en elevar los niveles juzgados muy bajos en la tierra por una sola aportación importante.

Un estudio sistemático del P en 100 platanares ha sido igualmente llevado a cabo. Los resultados expresados en 10^3 me de PO_4 (extracción por el método Bray a Quito), y en mg por 1000 de P_2O_5 Truog N/500 figuran en el mapa siguiente. Los resultados 10 a 20 veces más débiles que en la región de Machala (250 a 400) pero las diferencias en la región mencionada no son muy netas. Aproximándose a Quevedo pero más cerca del km. 50, el contenido aumenta sensiblemente y aumentará ciertamente más a proximidad de dicha ciudad.

En las Antillas en suelos bananeros semejantes, sin hidróxidos individualizados, las proporciones en P Truog N/500 bajan raramente por debajo de 5 a 10 mg. Un abono de base o abonos repetidos, permiten de realzar el nivel del suelo en P parece pues una precaución útil en las regiones más húmedas donde las proporciones en P Truog de superficie bajan de 1 o 2 mg % y son casi nulas más en profundidad. (P_2O_5 total - 120 a 150 mg % en superficie y 70 a 90 en profundidad más allá de 30 cms, región de Santo Domingo hacia Quininde.

TABLA

Parcela sin et con fosforo -Evolucion en el tiempo

Lugar Carretera Sto Domingo a Quevedo Km 3o Hacienda Menche
Suelos escasamente alofanicos Lluvias 3 a ano

D A T O S	P205 Truog N/500 clasico			
	Testigo sin P		Con 1T Superfosfato 46% Ha le 29 - 4 - 1964	
	0-20	20-40	0-20	20-40
Mayo a Dec 1965 moy 5 datos	4,1	1,7	9,6	1
Marzo a Agosto 1966	3,1	0,7	10	1,1

P205 Truog-Ayres N/50

Mayo a Dec 1965	15,1	6	22,7	8
Marzo a Agosto 1966	15,2	5,5	29,2	5,5

En 40 cms de espesor la elevacion de los contenidos en P205 Truog Clasico es de 7,5 mg % sea cerca de 150 Kg Ha y de 16 mgr % en P205 Ayres sea 320 Kg P205 Ha. Los valores en Kg Ha son demasiado valorizados pues el abono no ha sido desdichadamente espaciado uniformemente sobre toda la superficie del suelo como lo preveia el protocolo pero alrededor de un banano segun las practicas usuales. Asi no es posible hacer un balance preciso. Una grande parte del P puesto en el suelo queda disponible para la planta y el nivel asi realizado cerca del nivel de la mayoria de las buenas bananeras de las Antillas, ya no parece variar sensiblemente.

Anejo - Detalles de los resultados

mgr p 100 gr de suelos secados al
aire.

D A T O S	P205 Truog N/500				P205 Truog Ayres N/50			
	con P		testigo		con P		testigo	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
6-5-65	9,9	1,4	4	1	23,1	6,7	20,7	5,8
4-8-65	9,4	1,8	4	0,7	21,3	7,1	13,1	5,1
7-10-65	7,5	1,8	3,9	1	19,8	8,5	13,3	7,1
4-11-65	8,3	1,4	4,5	1,2	21,3	8,2	14,7	5,6
1-12-65	12,7	2,3	4,2	1	28	9,8	13,9	6,2
9-3-66	7,5	1,3	3,5	0,9	20,7	7,5	12,8	5,5
13-4-66	11,7	1,3	3,6	0,8	39,2	8	13,4	6,3
13-5-66	9,1	0,9	3,5	0,7	24,2	6,5	12,9	5,8
8-6-66	10,2	1,4	2,4	0,4	31,8	8,4	12,6	5,7
4-7-66	9,9	1,3	2,7	0,8	28,9	7,5	13,5	6,2
4-8-66	11,7	0,5	2,7	0,6	30,8	7,3	13,2	5,5

LES PHOSPHATES DANS LA REGION
DE Sto DOMINGO-QUININDÉ

de 0 à 20 cm

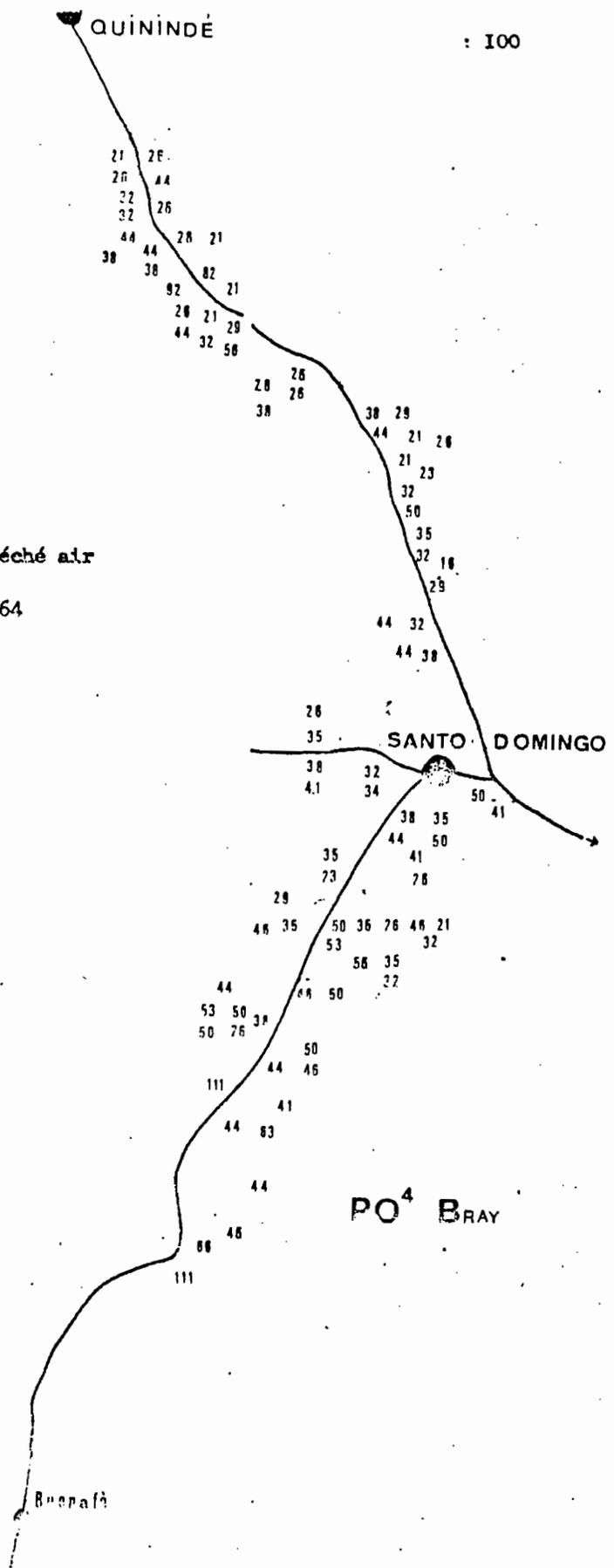
TENEURS EN P_2O_5 BRAY

en $mg \times 1000$ p.100 gr de sol séché air

Prélèvements de F.Cucalon - 1964

Analyses : Université de Quito

Echelle: 1/500.000



III - ESTUDIO DE LA POTASA EN LOS SUELOS DE ALUVIONES DE MACHALA -

La visita del Sr. COLMET-DAAGE en 1961, había confirmado, por una quince na de bananeras, las cifras muy altas en potasa cambiante, encontradas por el Sr. CHAMPION en dos lugares de esta región.

Como por la región de Santo Domingo y por razones inversas, ha parecido interesante de extender este estudio a un centenar de platanales.

Las muestras han sido tomadas por el Sr. CUCALON en 1964, y los análisis llevados a cabo en las Antillas.

La carta, siguiente, en la cual estan anotados los valores de K cambiables (Acetato de Amonio) de 0 a 20 cms. en me por 100, muestra bien las proporciones elevadas, a veces considerables, halladas en la mayoría de los bananeras (alrededor de 2 a 6 me %).

Contenidos más débiles agrupados (inferiores a 1 me %) aparecen en el conterno de la llanura aluvial, en la parte Sudoeste, al Este y al Norte, probablemente en terrazas más antiguas de arcillas caolínicas. Algunos contenidos débiles se encuentran aislados, y sería interesante precisar la naturaleza del suelo, ciertamente en relación con estos valores.

Tales cifras confirman las conclusiones anteriores acerca de la necesidad de abonos potásicos muy débiles con frecuencia nulo, ya que pueden ser perjudiciales a veces para la planta.

Por lo tanto, la irrigación de todas las bananeras de estas regiones, de debida pluviometría (500 mm), han obligado a los agricultores a cuidar más sus plantaciones, densidad, escarda, etc...; el uso de los abonos ha tomado en esta región, un desarrollo más importante que en las otras zonas plataneras.

Importantes préstamos se han concedido, o examinado para ayudar a los agricultores a mejor fertilizar sus suelos, este estudio muestra pues que una diversificación de las fórmulas es indispensable. Fórmulas sin potasa serán aconsejables para la zona Central y Sur, muy rica en potasa. Serán aconsejables para las terrazas más pobres del conterno, o estratos terranos; fórmulas que incluyan este elemento. Es probable que en un mapa pedológico al 1/10.000, reforzado de algunas centenas de dosificaciones tan sencillas como K cambiante, permitirá de establecer con seguridad y detalle, el plano de abono de esta región para varios años.

IV - ESTUDIO DEL FOSFORO EN LOS SUELOS DE ALUVIONES DE MACHALA -

La misión del Sr. COLMET-DAAGE en 1961 había mostrado el contenido, con frecuencia considerable, de fósforo en los suelos, fácilmente soluble (reactivo Truog N/500), aunque las proporciones en P total alcanzan sólo un término medio para suelos de bananaz (150 a 200 mg $P^{20} 5$ %). Una gran proporción de P, y ésto es lo importante, está pues baja una forma fácilmente absorbible por la planta. Estas grandes cantidades parecen estar en relación con los suelos jóvenes de montmorillonita. En las terrazas mas antiguas de caolinita, el P esta mucho mas ebergicamente fijado por el suelo.

Es interesante notar que la razón en P/Truog P/Total es a menudo más elevada en profundidad que en superficie, lo que en va en contra de todas las observaciones corrientes. El objeto moderador de la M.O. para la fijación de P. es pues débil.

En las mismas muestras de las 100 bananeras que han servido a la dosificación de la portasa, el fósforo ha estado determinado por dos métodos : método BRAY (Universidad de QUITO) de 0 a 20 y 20 - 40 cms. y método TRUOG (N/500 - ORSTOM, Antillas, de 0 a 20 cms. Se ha juzgado inútil precisar por dilución los valores superiores a 20 mg de $P^{20} 5$).

Se nota en los mapas, las cifras elevadas obtenidas casi en todas partes, a excepción de las zonas en ^{el} torno ~~de~~ Sudoeste, del Este y del Norte. En conjunto, excelentes proporciones en K acompañadas de P, pero no es siempre exacto.

Parece pues, ser inútil, todo abono fosfatado en la parte más grande de la cuenca de Machala.

V - EXAMEN A CERCA DEL ORIGEN DE LA GRAN CANTIDAD DE K Y P EN LOS SUELOS DE MACHALA -

El gran contenido de K y P, y particularmente los valores elevados de P solubles, observados en profundidad, hacen pensar que las irrigaciones por las aguas del río Jubones, nacidas en los terrenos cretáceos de los Andes, son quizás responsables de estos valores. Ciertas regiones del alto valle interandino son muy secas y la primeras lluvias pueden arrastrar sustancias disueltas en importantes cantidades.

Dos muestras del agua han sido ~~sumadas~~ analizadas en el Río Jubones por el Sr. MOREAU y analizadas por la ORSTOM en Guadalupe.

Los resultados son malos. Suponiendo una zanja de irrigación de 2 m de agua por año, sin drenaje, pues con una evaporación en el mismo lugar de toda el agua esparcida, la contribución de las sustancias disueltas no pasarían de 70 kgs. Ha de K., 220 kgs Ha de Ca y 2 a 3 Kgs Ha de P.

Parece ser difícil sacar una conclusión y que otras muestras de agua, más sistemáticas, sean necesarias en el curso del año. Si estos resultados se confirman, los agricultores tendrán que tener cuidado en evitar los excesos inconsiderados de agua, exponiéndose a agotar, con el tiempo, el potencial químico particularmente elevado de esos suelos.

		Cl	P	K	Ca	Mg	Na	
Agua del	1)	0,10	0,10	2,20	10,8	1,04		Resultados en mg por litro de agua bruto
Río Jubones ¹⁹⁶⁴	2)	0,10	0,14	3,63	11,2	1,02		
Dec 1965	3)	-	0.087	1.70	2.4	tr	10.90	
Abril 1966	4)	-	0.072	1.24	2.63	tr	7.26	

VI - ESTUDIO DEL NITRÓGENO EN LA REGIÓN DE QUEVEDO.a) INTRODUCCION

El nitrógeno es muy a menudo en el Ecuador el sólo elemento dado a las bananeras por los abonos minerales, después de varios años de roturación. Dos problemas se ponen : la fecha de abono y dosis anuales.

La experiencia adquirida en Guadalupe por el Bureau de Sols des Antilles (ORSTOM) y la I.F.A.C, por el estudio de 15 bananeras, durante dos años, permiten de resolver el problema de las fechas del abono gracias a las muestras sistemáticas de los suelos, todos los 15 días, a veces todos los 8 días, para el abono del nitrógeno nítrico y amoniacal.

Es en efecto posible de determinar los períodos de altos niveles en nitrógeno nítrico, en el suelo, durante los cuales las necesidades de la planta parecen satisfechas, puesto que un excedente importante queda disponible y los períodos de bajas proporciones, durante el cual la planta es susceptible de carecer de azote. Decimos bien "susceptible", pues se puede muy bien que incluso con débiles proporciones, la rapidez de renovación del N sea suficiente para que la planta se alimente normalmente. Se puede, sin embargo, ensayar de arreglarse para que estos períodos durante los cuales las deficiencias son posibles, no se produzcan.

En ciertas regiones, las lluvias empiezan de golpe después de un largo período de sequía. Es generalmente en esta época que los plantadores ponen el abono. Es también en estos intervalos de lluvias que el N "premineralizado" acumulado, si puede decirse, durante la estación de sequía, se mineraliza en cantidad importante. El abono nuevo puesto, es expuesto a no servir y a ser arrastrado, cuando más tarde faltara una vez las reservas fácilmente mineralizables del suelo habrán sido agotadas. Todos estos fenómenos son muy complejos y no se conocen todavía muy bien las necesidades de la planta en estos suelos poco soleados. El estudio de los mecanismos de las transformaciones de N en el suelo y de las causas, etc...., se exponen a ser ilusorias cuanto a las aplicaciones y parece preferable de tenerse a los resultados globales que traducen el equilibrio entre los fenómenos complejos del suelo y las necesidades de la planta. Los resultados de experiencias realizadas en las Antillas, han mostrado que estos niveles eran muy reproducibles en distintas bananeras de una misma región, recibiendo los mismos abonos, en las mismas fechas. El espacio entre las fechas de las muestras, fijado a 15 días, parece suficiente cuando las causas de variación no son frecuentes, y quizás llevado a 8 días al principio de las lluvias.

Para determinar la dosis anual, la comparación con las Antillas es más delicada : el sol no es mismo y la variedad es diferente : Gros Michel.

Como Recurrir a pruebas clásicas, fuera de la estación IFEIA parece imposible, se ha decidido completar los estudios de las variaciones del nivel del N, por los análisis de las hojas en diversas regiones, en bananeras establecidas desde hace al menos 5 años, después del desmonte. Ningún resultado es conocido todavía, así que nos limitaremos al estudio del N- del suelo.

b) PROTOCOLO

La variedad de los suelos y de los climas habna justificado los estudios regionales. Para comenzar, ha parecido preferible de limitarse a varios sitios situados a menos de 30 kms. del laboratorio de Pichilingue (Quevedo). Es preferible tener los resultados de muestras regularmente tomadas, secadas y analizadas en buenas condiciones, más bien que resultados fragmentarios y dudosos.

Tres lugares han sido retenidos y estudiados a partir de Marzo 1964.

- Suelos de aluviones - cultivados desde hace varias decenas de años
 - Estación de Pichilingue - IFEIA
 - a) Parcela recibiendo abonos azotados (250 Grs por pie)
 - b) Parcela sin abono
- Suelo alofánico de transición reposando sobre una arcilla pardada haloisita.
 - Hacienda Mopa - Suelo vírgen en selva (Este de Quevedo)

A finales de 1964, otros tres lugares han sido escogidos y estudiados. Las muestras, en estación de sequía, han sido tomadas todos los meses
- Suelos alofánicos de transición.
 - Hacienda de Sta. Beatriz (Quevedo, Empalme)
 - Hacienda Tres Coronas (Este de Quevedo)
- Suelos poco alofánicos.
 - Hacienda : Carretera de Quevedo - Santo Domingo Km :

Las muestras sacadas a 30 cms. de profundidad con la sonda tubular. Cada muestra corresponde a la mezcla de 12 tomas sacadas en torno a 2 bananos. (6 por banano). Hay 6 bananos escogidos por estación.

Ciertos cambios de bananeros tienen lugar después de algunos meses. En las Antillas se ha mostrado que estos cambios eran sin efecto. Las muestras después de sacadas son inmediatamente extendidas a la corriente del aire, después analizadas al día siguiente. El N nítrico y amoniacal es extraído por el Cl K y destilado en presencia de magnesia calcinada, antes y después reducción al Dewarda.

Es posible que el N dosificado englobe también las formas fácilmente transformables en amoníaco, sea en el curso de secamiento, sin embargo, rapido, sea principalmente en el curso de la dosificación.

La comparación de los análisis efectuados en muestras frescas, inmediatamente después de ser sacadas o después de 24 horas de secamiento, no muestra de diferencias sensibles.

c) RESULTADOS Y DISCUSION -ESTACION I.F.E.I.A.1) Parcelas sin abono

El estudio empezó en Marzo, así pues, en plena estación de lluvias, ésta habiendo empezado con algunas raras aguaceros en el curso del mes de Diciembre.

En la parcela sin abono, el nivel de N nítrico ^{quedase} es vecino de 1 mg %, sea alrededor de 30 kgs/ha hasta finales de Junio, elevándose después progresivamente con la disminución de las lluvias, hasta alcanzar 2 mg % (60 Kgs de N/Ha). Se mantiene aún en las primeras lluvias de Diciembre-Enero, con tendencia a una aumentación, disminuyendo después, quedando en conjunto superior a 1 mg. El año 1965 habiendo sido anormalmente húmedo, las lluvias han durado hasta Septiembre, es normal en estas condiciones, que las cifras de Julio-Agosto sean algo más débiles que las del año anterior, así como los niveles de la estación de lluvias siguiente.

2) Parcelas con abono

El primer abono puesto en el mes de Marzo provocó una neta ^{algo atenuada} subida sin embargo Este abono fué suficiente para mantener hasta ~~fin~~ ~~del~~ ~~período~~ de lluvias en el mes de Junio, un nivel correcto de 1,5 mg N nítrico (45 kgs/ha). En Julio se observa una neta subida, después el nivel se mantiene toda la estación seca, algo por encima del de la parcela sin abono a 2 mg (60 kgs.).

En las primeras lluvias de los meses Diciembre-Enero 1964, se notan puntos de nitrificación seguidos de bajadas, después una decrecimiento general, como en la parcela sin abono, bajada que es parada ^{con brusquedad} por la puesta de abono de Febrero. La elevación es considerable y muy superior a la dosis puesta (no puede atribuirse valores a las cifras absolutas). Este abono ha permitido mantener un nivel superior a 1,5 mg, hasta el final de las lluvias.

Discusion La época de abono del N a fines de Enero, después de 1 o 2 meses de lluvia, parece pues favorable y evita la baja del N del suelo, que se produce hacia esta época (Marzo 1964). El abono del mes de junio permite mantener un nivel elevado del N nítrico, demasiado alto, durante toda la estación de sequía que fue sin embargo en 1965 anormalmente lluviosa. El abono de finales de diciembre a principios de las lluvias provoca una gran subida del N mineral que no dura mas de un mes, volviéndose después los niveles mas bajos.

Parece que hubiese sido preferable de reducir la mitad de la dosis de abono reemplazando la de Junio por otras dos en Mayo y finales de Noviembre, o primeros de Diciembre, esta segunda siendo necesaria a causa de la lluvia anormal entre estos dos peridos. El abono de finales Diciembre hubiera podido reemplazarse por otros dos, uno para remediar la gran caída que habra sin duda tenido lugar en Enero y la otra para poder remediar a una caída ulterior eventual hacia Abril o Mayo. En un ano normal 3 abonos de 50 Kg N/ha parecen ser suficientes, y 4 en ciertos anos.

Comparación con los resultados de las Antillas

Hemos unido, a título comparativo, los gráficos de variación del N. Nitrico y amoniacal de diversas plantaciones de bananas de la Guadalupe estudiadas por la IFAC y el Bureau des Sols des Antilles (ORSTOM).

En ciertas plantaciones (trazos finos) una corrección del abono nitrogenado y aportaciones complementarias de Sulfato de Amoniaco, además del abono normal, evita las proporciones en azote nítrico inferiores a 1,5 mgr de N %. Sólo la aportación de 50 kgs/Ha de N esta bien marcada y su efecto dura a veces varias semanas. Los abonos ternarios estan hechos por los plantadores con dosis y datos usuales.

Los contenidos en N nítrico en estas plantaciones recibiendo mucho abono son a menudo muy elevado, demasiado elevado. Sin la aportación del abono, bajadas rápidas a menos de 1 mg % pueden producirse y mantenerse varias semanas. El estudio examinado tiene por objeto ensayar de mantener un nivel de alimentación ~~en N~~ no suficientemente elevado para evitar molestias vegetativas debidas a las deficiencias en ciertos períodos del ciclo, teniendo tal vez una repercusión en la calidad de los frutos, y evitar los excesos, resultantes de un desperdicio inútil y muy costoso del abono.

Señalemos a título indicativo, que en los campos de caña de azúcar de las Antillas, excepto los 1 o 2 meses que siguen a la puesta del abono anual, el porcentaje de N nítrico no pasa por mas de 0,5 a 1 mg de N Nitrico %.

DISCUSION -

Podría esperarse, de la parcela recibiendo abono, despues de varios meses sin llover, a una verdadera explosión del N. a la llegada de las lluvias. El fenómeno esta muy atenuado. Pueden darse dos explicaciones :

- 1º) La aparición del N mineral corresponde a una renovación activa de la vegetación de los plátanos y una ^{muy} intensa absorción.
- 2º) Las ^{fuertes} puntas del N que se observan en las Antillas son principalmente atribuibles a las formas del N que provienen de los abonos aportados y reorganizados. Así pues, aquí, las dosis anuales son considerablemente más débiles. La M.O. que interviene en la mineralización es probablemente más estable que la que se constituye en las Antillas, bajo la influencia y a partir de grandes cantidades de abono.

En la mayoría de los suelos de las Antillas, recibiendo mucho abono, el porcentaje de N amoniacal es superior y a veces muy superior al porcentaje de N nítrico. Esto sería en parte, a menudo, atribuible a ciertas sustancias ~~nitrogenadas~~, no minerales, destruidas cuando la destilación.

En los suelos recibiendo poco, o nada de abono, en las Antillas, como en el Ecuador, el porcentaje de N nítrico es ligeramente más elevado que el porcentaje de N amoniacal.

El N llevado por los abonos está en parte absorbido por la planta, en parte fijado por el suelo (Amoniaco) y en parte absorbido por los micro-organismos que lo forman ^{lo organizan bajo formas} fácilmente destruidos y mineralizables, si las condiciones de micro-clima del suelo son favorables. Fuertes lluvias llegando durante o despues de un período

importante de mineralización, pueden provocar una pérdida apreciable de N del suelo, y tener poco efecto en otros momentos. Todos estos fenómenos son muy complejos y están bajo la dependencia de numerosos factores y sólo un resultado tal que lo observamos por las determinaciones del N mineral del suelo, puede guiarnos de manera aproximada. Una aportación de Urea puede traducirse por una fuerte elevación de los porcentajes de N amoniacal y nítrico o ser a penas sensible. Los dos casos han sido observados en Pichilingue en 1964 y 1965. ¿Se trata de una brutal pérdida del abono o de una reorganización rápida? No es fácil saberlo.

Hemos constatado en las Antillas que una aportación de abono en los suelos que no lo han recibido desde hace varios años, provocaría una aparición del nitrógeno mineral mucho más importante que la cantidad aportada. La aportación del abono ocasiona probablemente una proliferación de la población microbiana, rompiendo así un equilibrio establecido. Si esta hipótesis es exacta, aportaciones demasiado importantes e inútiles de abono serían susceptibles de desperdiciar inutilmente el potencial inicial del suelo.

En una plantación de las Antillas de alofanos, (Matouba), con clima de poco sol y relativamente fresco, presentando pues ciertas analogías con el del Ecuador (Quevedo), aunque mucho más húmedo, el nivel general de N tiene tendencia a no bajar de 1,5 mmg de N % y ser bastante constante, incluso sin aportaciones regulares de abono, a la diferencia de otras regiones de las Antillas donde el porcentaje muy bajo aparece tan pronto se descuida la aportación frecuente del abono.

Estos estudios muestran la posibilidad de controlar el nivel de las reservas del suelo en N mineral, a fin de asegurarse que no le falta a la planta este elemento durante la época de las grandes lluvias, donde su crecimiento es muy activo y el arrastre en profundidad del N mineralizado, rápido en suelos tan arenosos.

Los ensayos practicados en la estación IFEIA no han traído ninguna mejora de rendimiento por las aportaciones de abono nitrogenado, no parece oportuno procurar alcanzar valores como los que observamos en las Antillas: gráficos anexos. Como lo hemos indicado, los fenómenos de mineralización y de desaparición del N son más intensos. El nivel medio en 1964-1965 parece haber sido, por otra parte, elevado.

Parecería normal esforzarse en mantener un porcentaje de N nítrico, próximo de 2 mg % de suelo, de Diciembre a Junio, este porcentaje parece después mantenerse sin otras aportaciones, los años normales.

OTRAS ESTACIONES

-Parcela en bosque - 17 km² S.E de Quevedo

El estudio de la parcela ^{bajo} la selva completa bien nuestras precedentes conclusiones. Se nota, después de los niveles relativamente bajos de la estación de lluvias Marzo-Abril 1964, una subida muy neta en Mayo, el porcentaje de N se mantiene por encima de 2 mmg durante toda la estación de sequía, para bajar de golpe a finales de Enero principios de Febrero, época que es reconocida propicia para la puesta de abonos.

Los niveles relativamente bajos se sitúan en Febrero, Marzo, Abril. La subida de Mayo 1965 no ha sido tan sensible como en 1964. Las lluvias habiendo durado hasta en Septiembre, época en la cual los niveles de la precedente estación de sequía han sido de nuevo alcanzados.

Para los otros tres lugares estudiados, no disponemos aún de un año completo.

2) - Hacienda Santa Beatriz - Alofanos de transición)

Los porcentajes de principios de Diciembre son débiles, luego en Enero suben mucho y quedan sensiblemente constantes : 1,5 a 2 mg.

Es la bajada de Agosto es debida a la prolongación anormal de la estación de lluvias?. Parece, sin embargo, vista las débiles proporciones de Diciembre 1964, que hay interés a levantar algo el nivel del N de estas plantaciones.

3) - Hacienda Tres Coronas - Hacia la Mana

El nivel de N nítrico ~~se~~ ^{se} baja netamente en plena época de lluvia (Marzo-Abril) . Misma observación para Sta Beatriz.

4) - Hacia Santo Domingo -

Pueden hacerse las mismas observaciones que para la Hacienda Santa Beatriz. La temporada de lluvias en Diciembre 1964 empieza ^{con} porcentajes relativamente débiles de N nítrico. En Enero-Febrero tiene una ligera subida, llegando a de porcentajes medios, vecinos de 1,3 a 1,5 mg. El nivel del N ~~se~~ tendría que ser ligeramente aumentado.

En estas tres plantaciones, los bajos valores de fines de Agosto ^{son} algo anormales. en 1965.

4). CONCLUSIONES GENERALES -

Resulta de este primer estudio que las necesidades en N no parecen todavía muy importantes en la región de Quevedo. El nivel del N nítrico baja raramente por debajo de 1,2 a 1,5 mg de N %, sea 40 a 50 kgs/ha de N, incluso en plena estación de lluvia. Es sin embargo en esta época cuando los porcentajes de N están mas bajos y el crecimiento del banano mas activo, que es necesario mantener los porcentajes correctos que podría fijarse a 2 mg mínimo del N nítrico por 100 g de suelo en los 20 primeros centímetros (alrededor de 60 kgs de N/ha al cual ha de añadirse 40 a 50 kgs. de N amoniacal.)

No parecen siempre necesarios los abonos de principios de lluvias en Noviembre. Estas provocan una mineralización que permite mantenerse ciertos años, como en 1965, hasta fines de Enero. Algunos puntos seguidos regularmente permitirían apreciar la época óptima de fertilización, variable según la repartición de las primeras lluvias. La dosis de abono de finales Enero 1965, parece suficiente hasta el fin de la estación lluviosa, ^{1965. Cosa semejante no ha existido en 1966.} por ^{por} dosis de abono más importantes podrían provocar el crecimiento de la población microbiana, una pérdida inútil de N procediendo de las reservas orgánicas del suelo. El fraccionamiento en tres o cuatro veces tiene por objeto principalmente remediar una bajada eventual del contenido de azote nítrico durante este período, provocada por la llegada de la lluvia en un período de mineralización particularmente propicio a la lixiviación del N en profundidad. Podría considerarse Diciembre - Enero y después Marzo y Mayo con un eventual abono complementario de corrección en época muy lluviosa. Las dosis no pueden fijarse todavía, pero 40 kg N Ha parecen suficientes para cada uno de los cuatro abonos al Norte de Quevedo.

El mantenimiento durante todo el año de un nivel constante del nitrógeno mineral no constituye sólo que una primera etapa. La elección del mejor nivel deberá resultar de experimentaciones comparando los rendimientos de las bananeras en que diferentes niveles del nitrógeno mineral serán mantenidos en el suelo. No parece casi posible deducir sobre este punto los resultados de las Antillas donde la insolación es dos veces superior y las necesidades en N probablemente más importantes.

Si los estudios efectuados en las Antillas acerca de la evaluación de diferentes épocas del suministro de N por el suelo dan resultados interesantes, la aplicación de estas técnicas podrá ser examinada.

El estudio de las variaciones del N mineral del suelo de bananeras situadas en las regiones menos privilegiadas en cuanto a riqueza del suelo en substancias orgánicas (Machala) o más regadas con una lixiviación constante del N (Santo Domingo), sería ciertamente útil.

CONSECUENCIAS DE ESTOS ESTUDIOS EN LOS PROGRAMAS DE FERTILIZACION K et P

En 1964, un programa de fertilización de 25.000 Ha y beneficiando de préstamos muy importantes del Estado, fue establecido teniendo en cuenta los primeros resultados disponibles. Las investigaciones efectuadas después por el Sr. CUCALON sólo pueden confirmarlo.

Sin embargo, parece que los aluviones de las regiones de Vinces - Babahoyo, según muestras exploraciones, son muy ricas en fósforo, incluso en profundidad, teniendo solamente cantidades mediocres en potasa. Una investigación sistemática análoga a la de Santo Domingo y Machala, parece necesaria para precisar las exigencias en potasa. Los suelos son muy arenosos y relativamente poco orgánicos, más abajo de los 30 cm., los abonos tendrán que ser fraccionados. Un estudio de la ~~habilitación~~ ^{habilitación} de la potasa en pequeñas parcelas podría ser efectuada en los suelos mas arenosos en la superficie.

Recordemos las recomendaciones adoptadas por la Dirección Nacional del ~~banco~~ ^{banco}

- 1) Regiones al Norte del 40 km. de Quevedo - Santo Domingo y al Este hacia la cordillera
- Suelos de cenizas en regiones húmedas de ~~debil~~ ^{debil} contenido en K camb. y P Truog, ^{recientemente}
 - incluso en los horizontes de superficie relativamente roturados, donde las reservas se exponen a agotarse pronto.:

Abono [?] 180 - 90 - 90/Ha en plantaciones de más de 4 años.

- 2) Regiones al Sur del Km 40 de Quevedo - Santo Domingo

- Suelos de cenizas generalmente ricos en K y P:

Abono - de base de [?] 180 = 45 - 45 con tal vez [?] 240 kgs. de N en las partes muy erodadas o arcillosas - Poner N en 3 veces.

- En los suelos de aluviones de Vinces - Babahoyo, el abono podría ser [?] 240 - 45 - 90, y quizás más de K.

- 3) Machala

- Suelos excepcionalmente [?] ricos en P y K, pero menos bien provistos en M.O.

Abono - sobre la base de [?] 240 - 0 - 0. Fraccionamiento de N a estudiar con las irrigaciones. Excepto las terrazas antiguas más pobres para delimitar.

Un estudio sistemático podría efectuarse en numerosas plantaciones de

1) - la región de aluviones de Vinces - Babahoyo, para conocer las deficiencias posibles en potasa.

2) - en la región de Quevedo, en un círculo de 30 a 40 kms. para confirmar las ~~antiguas~~ ^{antiguas} cantidades en P y K.

VII - PERFILES HIDRICOS

Aun que nos sea a lo menos posible de sacar conclusiones, puede sin embargo hacerse algunas observaciones preliminares. Hemos creído oportuno hacer figurar los primeros resultados.

Dispositivo :

Cuatro puntos fueron escogidos para seguir las variaciones del perfil hídrico, en el curso del año. Estos lugares se encuentran situados en la estación a distancias cada vez mas grandes del río.

Es un suelo aluvionario ligermante arcilloso en superficie, arenoso en profundidad.

Primitivamente cada punto correspondía a un sprinkler de riego, pero, por causas técnicas, los riegos previstos no pudieron ser realizados. Se juzgo interesante sin embargo, seguir las variaciones del agua en el suelo, desde el principio de las lluvias en Diciembre 1964 hasta ahora (Septiembre). Recordemos que el período de Junio a Septiembre 1965, fué excepcionalmente lluvioso en dicho año.

Observaciones :

Se observa en el grafico 1 que en Diciembre Enero, con las primeras lluvias es el horizonte superior el más húmedo. A partir desde Febrero Marzo, en plena época lluviosa, son los horizontes profundos que se vuelven los mas húmedos. En Junio, hay una disminución general, el nivel profundo rompe el primero a continuación de un buen drenaje, luego en Septiembre, es el nivel 20 - 40 - el nivel de superficie, con algunas lluvias, conserva los valores más elevados.

La acción de "pompa" por la plante no parece pues como podría pensarse, ejercerse principalmente en el nivel de superficie.

En el grafico 2, se nota muy bien que es el perfil situado más cerca del río que presenta los valores más bajos, en los tres niveles 0 - 20/ 20 - 40/ 40 - 60 cms.

Los otros puntos más alejados, se comportan sensiblemente de la misma manera, con una tendencia del punto B, el más cercano del precedente, a ser más débil.

La acción de drenaje interno, provocada por el río, parece pues bastante neta.

VII - CARTOGRAFIA

La orientación económica actual del cultivo del banano en el Ecuador, reside principalmente en una política de calidad y precio de coste que en una política de cantidad, la oferta depasando mucho la demanda y una gran parte de la producción quedándose sin vender.

Ante la concurrencia de otros países más favorecidos por la distancia a los consumidores, el mantenimiento y la extensión de las ventas necesitan la presentación de productos competentes de buena calidad.

Es necesario prever :

- 1 - una intensificación del cultivo en las zonas más propicias al coste y la calidad, gracias a los métodos culturales más cuidados, la fertilización con los elementos necesarios y eventualmente la irrigación.
- 2 - una extensión del cultivo en las zonas propicias por su suelo, clima y las distancias a los puertos de embarque, aunque poco cultivadas por causa de vías de acceso defectuosas o de arreglos insuficientes (irrigación, drenaje).
- 3 - una reconversión hacia otros cultivos de las zonas marginales (coste demasiado alto o calidad mediocre).

Un mapa de los suelos indicando las superficies y calidad de los suelos, su potencialidad, las necesidades aproximativas de abono actuales e ulteriores, permite el cálculo de los investimentos necesarios (carreteras, puentes, arreglos hidráulicos), de los servicios (créditos.....), y su rentabilidad. Así es posible escoger entre las distintas soluciones de cada región (cultivos intensivos, extensivos, reconversión).

Si el conocimiento detallado de los principales tipos de suelo, y este es el objeto de este informe, es el fundamento de toda experimentación, principalmente acerca de las técnicas de fertilización e irrigación, la carta geográfica permite escoger los lugares de ensayos más representativos y la extrapolación racional de los resultados en que es valable. El mapa puede guiar también los meteorólogos e hidrólogos en la elección de los sitios de observación para que sea posible disponer de estos resultados muy largos a obtener en lugares en que serán útiles.

La carta de los suelos debe adaptarse, por cada región, a los objetivos buscados. Varios grados sucesivos pueden considerarse. La cartografía de las zonas de extensión y de reconversión no requiere la misma precisión que la de las zonas a irrigación por costosos investimentos.

En estas últimas regiones, la superficie fotográfica aérea a 1/20.000 y el establecimiento de cartas topográficas a 1/20.000 o 1/50.000 (o escalas semejantes) parecen una primera necesidad. Ahora bien, la mayoría de las regiones bananeras no disponen aún de fotos ni de carta. En las zonas de reconversión, o de reconocimiento en vista de una eventual extensión, las fotografías aéreas al 1/50.000 podrían convenir en un primer grado

A falta de mapas y de fotos, no ha sido posible establecer un programa de trabajo. Hemos indicado las zonas en que la superficie aérea parece más útil. El cielo constantemente nublado una gran parte del año y en particular durante toda la estación de sequía, no permite poder contar con la certidumbre de los cultivos cuya obtención es problemática y el coste difícil a calcular (inmovilización de los aviones en el suelo).

Un estudio agronómico preliminar de las zonas irrigables del proyecto de la Mana ha podido ser sin embargo realizado por los Sres. CUCALON et SOTOMAYOR en 1964-65. Un mapa esquemático como continuación de la falta de fondos de plan preciso, indica la repartición de los principales tipos de suelos : suelos alofánicos, suelos alofánicos de transición, suelos aluviales, suelos hidromorfos arcillosos.

El examen estereoscópico de fotos al 1/20.000 permiten disponer de un mapa muy preciso de los diversos suelos. La distinción de los suelos de transición en las mesetas y de los suelos arcillosos en las vertientes es generalmente muy neta en ciertas regiones.

