

TOMO

I

SUELOS DE CUBA

SUELOS DE CUBA



SUELOS

Scanned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact soil.isric@wur.nl indicating the item reference number concerned.

OS DE CUBA • SUELOS DE CUBA • SUELOS DE

SUELOS

2836

© EDITORIAL ORBE

Calle 17, N.º 903 entre 6 y 8, vedado, La Habana

Hecho el depósito que marca la ley

Depósito legal: BI. 2984-1975

I.S.B.N.: 84-399-4653-8

Impreso en España

por

Artes Gráficas Grijelmo, S. A.

Uribitarte, 4. Bilbao (España)

Printed in Spain

1975

UBA • SUELOS DE CUBA • SUE

TOMO I

Resumen de los trabajos investigativos

Marzo 1964 - Marzo 1968

DIRECCION NACIONAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES INRA



EDITORIAL ORBE
INSTITUTO CUBANO DEL LIBRO
LA HABANA, 1975

SUELOS

Prefacio

El trabajo que se expone en este libro ha sido realizado con el asesoramiento y la colaboración del doctor Andor Klimes-Szmik, técnico húngaro, especialista en Física de suelos, la doctora Eموke Nagy de Szebenyi, técnica húngara, especialista en Química de suelos y otros técnicos de la República Popular de Hungría; también se contó con la valiosa colaboración de técnicos cubanos de la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes del INRA.

La obra se presenta en dos tomos, el Tomo I, que corresponde a Química de Suelos y el Tomo II, a Física de Suelos.

Los estudios se han realizado en los suelos de mayor importancia agropecuaria del país; se utilizó la clasificación morfológica empleada por los doctores H. H. Bennett y R. V. Allison por ser la más conocida y utilizada en Cuba.

Se caracterizaron perfiles típicos de las series de suelos cubanos y según éstos se hicieron los estudios y se establecieron los índices físicos y químicos.

Debido a su contenido, este trabajo puede servir como:

- Guía para las investigaciones de laboratorio y las evaluaciones de los análisis de los suelos.
- Como base parcial, para continuar recopilando datos para la planificación de la fertilización y el regadío.
- Como ayuda a la enseñanza de la Física y la Química de suelos a nivel universitario.
- Como ayuda en el aumento de los rendimientos en la producción agropecuaria del país.

Glosario

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DE ABREVIATURAS

Acidéz hidrolítica, y_1 . La determinación de este índice permite establecer la presencia de H adsorbido al complejo del suelo; es una acidez que se produce de una interacción entre el suelo y soluciones de sales de ácidos débiles (orgánicos). Ésta es una de las características que se deben tomar en cuenta para una recomendación de encalado. Las unidades que se emplean para expresarla son los *me* de $H \times 100$ g de suelo (*me/100 g*).

Acidez cambiabile, y_2 . Se define como aquélla producida en la interacción del suelo con soluciones de sales neutras; este índice se determina en los suelos cuyo pH, en CIK, sea inferior a 5,5. Esta característica define la presencia de cationes (Fe, Al, Mn); estos cationes, usualmente por hidrólisis, producen acidez; el daño de estos cationes a las especies de interés económico, no es tanto por la acidez que producen, como por su presencia en forma iónica, tóxica para las plantas, cuando rebasan determinados tenores. Ésta es una de las características a tomar en cuenta para una recomendación de encalado; y se expresa en *me* de $H \times 100$ g de suelo.

Aluminio móvil. Es un término convencional, adoptado internacionalmente para expresar aquella parte de los oxihidratos de Fe y/o Al que se disuelven en el reactivo (solución 1N de EDTA), en las circunstancias prescritas en las técnicas y se expresa en *me/100 g* de suelo.

En los suelos, el hierro y el aluminio se encuentran en diferentes formas: minerales, oxídicas, en forma de hidróxidos precipitados en diferentes épocas y por eso pueden ser precipitados viejos o recientes; los precipitados viejos se deshidratan, y principalmente se cristalizan, y por ello se encuentran mezclados en forma de oxihidratos que, dependientes de su edad y su forma, su solubilidad es diferente. En los suelos muy ácidos se puede encontrar el hierro y el aluminio en forma iónica en pequeñas cantidades.

Hay diferentes métodos para su determinación.

Análisis elemental. Se realiza sobre una muestra de suelo, después de la destrucción de la materia orgánica con agua oxigenada, en nuestro caso, y después atacada con agua regia. La razón de destruir la *M.O.* con H_2O_2 en lugar de incinerar es para no provocar insolubilizaciones de los óxidos hidratados y algunos minerales del hierro, inatacables después por el agua regia.

Los datos que aportan sirven:

- a) para la identificación de los materiales de los distintos horizontes del suelo;
- b) para determinar sus relaciones con la roca basal;

- c) para determinar el tipo de la mineralización en los procesos de formación del suelo;
- d) para ayudar en la clasificación genética de los suelos.

Los resultados se expresan en forma oxídica, en tanto por ciento base suelo seco.

Cala. Es un hueco de dimensiones variables cuya función es darnos la certeza de que en una región, los suelos mantienen las características descritas en la trinchera.

Carbonatos. Reportados como CO_3Ca %, es determinado por el método del calcímetro de Scheibler como CO_2 , calculado y reportado como carbonato de calcio en tanto por ciento de la muestra, base seca. Los carbonatos presentes en el suelo, en la mayoría de los casos, son cálcicos, pero los puede haber magnésicos, y también de hierro; en el caso de los suelos salinos, salinoalcalinos, pueden estar presentes los carbonatos de sodio.

El carbonato de calcio tiene distinta solubilidad, que depende de su estado cristalino o amorfo. Las diferencias en la solubilidad de los carbonatos, pueden influir en la determinación de los cationes de calcio y magnesio cambiables y, por tanto, utilizamos el método de Menlich, donde los errores que se cometen por esta causa son mínimos. Un perfil de suelo, no disturbado por la erosión, no suele contener más de 5 % de CO_3Ca en su capa superficial.

Cationes cambiables. Es aquella parte intercambiable de los elementos químicos que se encuentran adsorbidos a la superficie del complejo coloidal.

Se expresan en *me*/100 g de suelo, en *kg/ha* y en tanto por ciento de valor de S.

Concepto de miliequivalente (me). El equivalente químico de un elemento cualquiera, es el peso en gramos de éste, que es capaz de reaccionar con, o desplazar, a, 1 008 g de hidrógeno u 8 g de oxígeno. El miliequivalente es la milésima parte de aquél. Se obtiene al dividir el peso atómico del elemento por la valencia con la cual actúa en una reacción química determinada. Este concepto se amplía para los radicales químicos también, por ejemplo, el radical fosfato PO_4^- , cuyo equivalente es: $94.98/3 = 31.66$.

Concepto de suelos salinos. Un suelo se considera salino cuando su contenido de sales solubles en agua es mayor que 0,2 %.

Desde el punto de vista de la fisiología de las plantas, es un concepto relativo, que depende de la especie vegetal: un suelo tiene una salinidad tóxica para una especie, que no necesariamente lo es para otra especie.

Véase el capítulo VII, de la parte I de esta obra.

Enmienda de los suelos. ¿A partir de qué valores del complejo de saturación por bases, según el tipo de suelo, debemos comenzar a trabajar para enmendarlo?

Las enmiendas a realizar en un suelo pueden clasificarse en dos tipos: a) de índole química y b) de índole física.

Ambas tenderán a mejorar el suelo como habitat de las plantas, desde el punto de vista de la fisiología de ellas y, al mejorarse el comportamiento físico del suelo, indirectamente, se engloban mejoras fisiológicas para aquéllas.

Se remite al lector al capítulo correspondiente en este texto.

Las labores a realizar, generalmente implican la utilización de sustancias químicas, que mejoran el suelo como habitat de las plantas. Remitimos al lector al capítulo VI, del tomo I de esta obra.

Fósforo asimilable (P_a). Hay distintas formas del fósforo en el suelo. Aquí se toma como la materia fosforada disponible para las plantas, extraíble por análisis químicos determinados, que se asume reproducen las condiciones mediante las cuales esa materia fosforada es asimilada por las plantas en condiciones de campo. Utilizamos para suelos ácidos el método de *Bray* y *Kurtz*, y para suelos alcalinos o neutros, el método de *Olsen*. Se expresa en mg/100 g de suelo.

Hierro móvil (Véase aluminio móvil).

Horizontes. En general, son las capas, diferenciadas por su naturaleza fisicoquímicas, existentes en un perfil.

Horizonte A. Es la capa superficial del perfil, su primera capa, donde se acumuló la mayor parte de la materia orgánica; donde la meteorización actuó más intensamente y donde se efectúan, desde el punto de vista nutricional de los vegetales, la mayor parte de los intercambios.

Horizonte B. Es la capa transicional entre los horizontes *A* y *C*; es la capa de acumulación de materiales provenientes de las capas, encima o debajo de la considerada, o formados *in situ*.

Horizonte C. Es el material basal, descompuesto o semidescompuesto.

Materia orgánica (M.O.). Expresada en tanto por ciento. Fue determinada colorimétricamente. Para su oxidación se utilizó dicromato de potasio en un medio fuertemente acidificado mediante ácido sulfúrico.

Nitrógeno asimilable (N_a). Es el disponible para la nutrición vegetal; se calcula como el 3 % del nitrógeno total.

Nitrógeno total (N_t). Constituye una fracción de la materia orgánica e incluye también pequeñas y variables cantidades de nitratos, amoníaco, etc., de la solución del suelo y se encuentra disponible para las plantas, solamente una pequeña porción del mismo. La destrucción de la materia orgánica la realizamos por el método de *Kjeldahl* y la determinación del N se realizó por el método de *Parnass-Wagner*. Se expresa en tanto por ciento en peso de la muestra original de suelo.

pH. Es la concentración de hidrogeniones (H^+) filtrada de una suspensión de suelo en agua o en una solución 1 *N* de cloruro de potasio. Es un hecho que $K = H^+ \times OH^-$ en soluciones acuosas, en general; en agua destilada purísima $K = 10^{-14}$, eso quiere decir que $H^+ \times OH^- = 10^{-14}$; matemáticamente esto puede ser expresado:

$$\frac{1}{10^7} \cdot \frac{1}{10^7} = 10^{-14}$$

obviamente, una solución neutra, tiene la misma concentración de los dos iones iguales a 10^{-7} ; por último, de esta igualdad resulta que al variar la concentración de uno de los iones, el otro variará proporcionalmente para mantener la constante. Es por ello que, según una escala única, que es la escala de la concentración de H^+ , podemos expresar la alcalinidad, la neutralidad, y la acidez de una solución acuosa. Por razones prácticas, y por convenio, el pH es el exponente con signo cambiado de la base 10.

Ejemplo: sea una solución de $pH = 4,19$, esto expresado matemáticamente quiere decir:

$$H^+ = \frac{1}{15\,500} = \frac{1}{10^{4,19}} = 10^{-4,19}$$

Nótese que a cambios aritméticos de la escala de los valores de pH, corresponden cambios logarítmicos en el valor de la concentración de hidrogeniones.

Desde el punto de vista de suelos, ofrece más información la determinación de pH en ClK, que en agua; la razón es la siguiente: que se recibe información sobre la acidez potencial de los suelos.

Pérdida por ignición (*P.p.i.*). Es la pérdida de peso en una cantidad de suelo determinada, cuando se eleva la temperatura hasta una definida (en nuestro caso 900 °C, aproximadamente). Se expresa en tanto por ciento del

peso original. Sirve, aproximadamente, como control del análisis mecánico y en la determinación del SiO_2 en el análisis elemental.

Perfil. Es la sucesión de capas, de arriba hacia abajo, con diferentes características: color, morfología, características químicas y fisicomecánicas prominentes.

Perforación (o punto de control). Se efectúa con barrena; nos permite establecer la frontera aproximada de las diferenciaciones de los suelos; permite, también, establecer la sucesión de los horizontes y, por ende, la identificación del suelo.

Relación C/N, relación carbono: nitrógeno. En general, se considera igual a 10:1.

Sales solubles totales (SST). se define como la cantidad total de sales inorgánicas, presentes en el suelo, que se pueden disolver en agua; nosotros las determinamos en una solución de 1:5, suelo: agua, se expresan como tanto por ciento en peso de la muestra. Un control sobre el resultado hallado, es expresar también el resultado de los aniones y cationes determinados, en *me*/100 g, y deberán coincidir aproximadamente la suma de los *me* de los cationes, con la suma de los *me* de aniones.

S, valor de. Valor de la suma de los cationes Na, K, Ca, Mg, intercambiables, expresados en *me*/100 g.

Sesquióxidos. En el texto se refiere siempre a la suma de Al_2O_3 y Fe_2O_3 y los representamos por R_2O_3 .

Suelos minerales y suelos orgánicos. La diferencia principal entre un suelo mineral y uno orgánico es el contenido de materia orgánica que exista en *c/u*; un suelo se considera mineral, cuando su contenido de materia orgánica es inferior a 20 %. En el texto, cada vez que se exprese suelos, en general, se sobreentenderá que nos referimos a los suelos minerales.

Suelo seco. Este término es convencional y con él se expresa el peso constante del suelo en el estado definido que adquiere cuando una muestra es mantenida un tiempo lo suficientemente largo a una temperatura de 105-110 °C, en una estufa.

T, valor de, valor de intercambio catiónico. Es la capacidad que tiene el suelo para intercambiar cationes, incluso el hidrógeno, con una solución que está en contacto con el suelo. Se expresa en *me*/100 g.

T-S, valor de. Usualmente representa el H intercambiable; en ocasiones, puede incluir, Fe, Al, Mn, cambiables. Teóricamente, puede incluir, otros cationes en suelos fuertemente ácidos.

Trinchera. En suelos, esta acepción se aplica para definir un hueco cuyas dimensiones aproximadamente son de 70 *cm* de ancho, 200 *cm* de largo y una profundidad máxima de 200 *cm*, y esta última variará según la profundidad del nivel freático o de la roca basal. Una de sus caras está expuesta hacia el este, de modo de tener una buena iluminación por las mañanas; es en estas trincheras donde se procede a la descripción del perfil y se toman muestras para análisis químicos y muestras no disturbadas, por horizontes, para las determinaciones físicas.

V, valor de. Es el grado de la saturación del complejo coloidal por la suma (*S*) de los cationes básicos cambiables, expresado en tanto por ciento del valor de *T*, o sea, tanto por ciento sobre *T* de saturación por bases

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100.$$



Índice

Prefacio	5
Glosario de términos y abreviaturas	7

Capítulo I

Métodos utilizados en las investigaciones químicas.	23
Métodos de campo.	25
Métodos de laboratorio.	25
Métodos de la evaluación de los resultados	25
Clasificación genética de los suelos de Cuba	33

MAPA DE CUBA

Presentación del material en la parte química. Tablas. Gráficas.	34
Sobre el nivel de los macronutrientes en el suelo	38

Capítulo II

Características químicas de las arcillas limosas y arcillas rojas y rojo parduscas	45
1. Suelos ferríticos (aluviales sobre serpentina)	45
Suelo NIPE.	45
Descripción del perfil 11	49
Descripción del perfil 41	49
Suelo LIMONES	51
Descripción del perfil 22	52
2. Suelos ferralíticos	53
a) Sobre caliza cristalizada	53
Suelo CUYAGUATEJE	53
Descripción del perfil 14	54
b) Sobre caliza dura.	56
Suelos PERICO, MATANZAS, TRUFFIN y NAVAJAS	56
Descripción del perfil 1.	60
Descripción del perfil 2.	62
Descripción del perfil 30	63
Descripción del perfil 3.	66
Descripción del perfil 24	68

3. Suelos ferralíticos calcáreos (sobre cocó)	70
Suelo FRANCISCO	70
Descripción del perfil 10	71
Descripción del perfil 56	72
4. Suelos cuarzosos ferralíticos.	73
Suelo CEIBA	73
Descripción del perfil 28	74
Resumen, conclusiones y recomendaciones primarias sobre los suelos rojos y rojos parduscos	77
Anexo 1	81
Variaciones en las características químicas de los suelos « <i>Truffin</i> » en un área relativamente pequeña.	81
Anexo 2	87
Variaciones de las características químicas del suelo « <i>Matanzas</i> », en un área relativamente pequeña	87

Capítulo III

Características químicas de las arcillas y loams negros y pardos calcáreos	95
1. Con subsuelo friable	97
a) Suelos sustentados por caliza o cocó	97
Suelos ORIENTE y CAMAGÜEY	97
Descripción del perfil 45	98
Descripción del perfil 21	100
Suelo HABANA	102
Descripción del perfil 8.	103
Suelos SANTA CLARA, NAZARENO y PALMARITO.	105
Descripción del perfil 9.	106
Descripción del perfil 43	107
Descripción del perfil 7.	109
Descripción del perfil 17	111
Suelos TINGUARO y JICOTEA	113
Descripción del perfil 27	114
Descripción del perfil 34	116

a) Suelos desarrollados sobre arenisca y/o conglomerados estratificados	118
Suelo PALMA	118
Descripción del perfil 25	120
2. Suelos con subsuelo firme	121
a) Desarrollados sobre caliza. Suelos salinos	121
Suelo ALTO CEDRO	121
Descripción del perfil 36	123
Descripción del perfil 47	124
Suelos HERRERA y JÚCARO	128
Descripción del perfil 6.	131
Descripción del perfil 4.	134
Suelo CAONAO	137
Descripción del perfil 57	138
Resumen, conclusiones y recomendaciones primarias sobre los suelos pardos y negros, sustentados por carbonato de calcio o cocó	143

Capítulo IV

Características químicas de las arcillas negras y pardas sobre material aluvial	145
1. Suelos con subsuelo firme	147
Suelo YAGUAJAY	147
Descripción del perfil 44	149
Suelo BAYAMO	151
Descripción del perfil 46	152
Descripción del perfil 40	156
Descripción del perfil 48	159
2. Suelos con subsuelo friable	161
Suelos RÍO CAUTO y ALUVIAL GÜINES	161
Descripción del perfil 38	163
Descripción del perfil 26	165
Suelo BACUNAGUA	167
Descripción del perfil 20	168
Resumen, conclusiones y recomendaciones primarias sobre las arcillas pardas y negras sobre material aluvial	171

Capítulo V

Características químicas de las arcillas negras y pardas sobre rocas ígneas.	175
Suelos LA LARGA, MARTÍ	177
Descripción del perfil 18	179
Descripción del perfil P1	182
Descripción del perfil P4	182
Descripción del perfil 37	184
Anexo 3	185
Variaciones en las características químicas de los suelos « <i>La Larga</i> », en un área relativamente pequeña.	185

Capítulo VI

Características químicas de los suelos arenosos, loams y sabanas. .	189
a) Suelos sobre material de arrastre de regiones silíceas. .	191
1. Suelos, color gris, gris oscuro	196
Suelos SANTA LUCÍA, MABOA	196
Descripción del perfil 42	198
Descripción del perfil 32	199
Suelos SCRANTON, COXVILLE	200
Descripción del perfil 35	202
Descripción del perfil 39	204
Descripción del perfil 51	206
Descripción del perfil 52	209
2. Suelos color pardo.	210
Suelos HERRADURA, NORFOLK	210
Descripción del perfil 16	211
Descripción del perfil 5.	214
Suelo COROJAL.	216
Descripción del perfil 33	216
3. Suelos color pardo rojizo.	218
Suelo PINAR DEL RÍO	218

Descripción del perfil 15	219
Suelo VIÑALES	222
Descripción del perfil 12	223
<i>b)</i> Suelos sobre material residual de esquistos silíceos	225
1. Suelos color pardo, pardo grisáceo	225
Suelo GUANE	225
Descripción del perfil 13	226
Suelos SANTA BÁRBARA, NUEVA GERONA	228
Descripción del perfil 49	230
Descripción del perfil 53	232
Descripción del perfil 50	234
Descripción del perfil 54	236
Descripción del perfil 55	237
<i>c)</i> Suelos de las sabanas	239
Suelo MOCARRERO	239
Descripción del perfil 31	240
Suelo HATUEY	242
Descripción del perfil 23	243
Suelo ESTRELLA	245
Descripción del perfil 58	246
Suelo TACO-TACO	249
Descripción del perfil 29	249
Suelo SAN CRISTÓBAL	252
Descripción del perfil 19	253
Resumen, conclusiones y recomendaciones primarias sobre los suelos de esta asociación	256
Anexo 4	260
Variaciones en las características químicas del suelo « <i>San Cris- tóbala</i> », en un área relativamente pequeña.	260

Capítulo VII

La enmienda de los suelos	263
La encañadura de los terrenos agrícolas	265
Las formas de cal empleadas en las enmiendas calizas.	277

La experiencia de campo	278
Suelos salinos y alcalinos	278
Suelos salinos en Cuba	282
Suelos magnésicos	286
Resumen	289

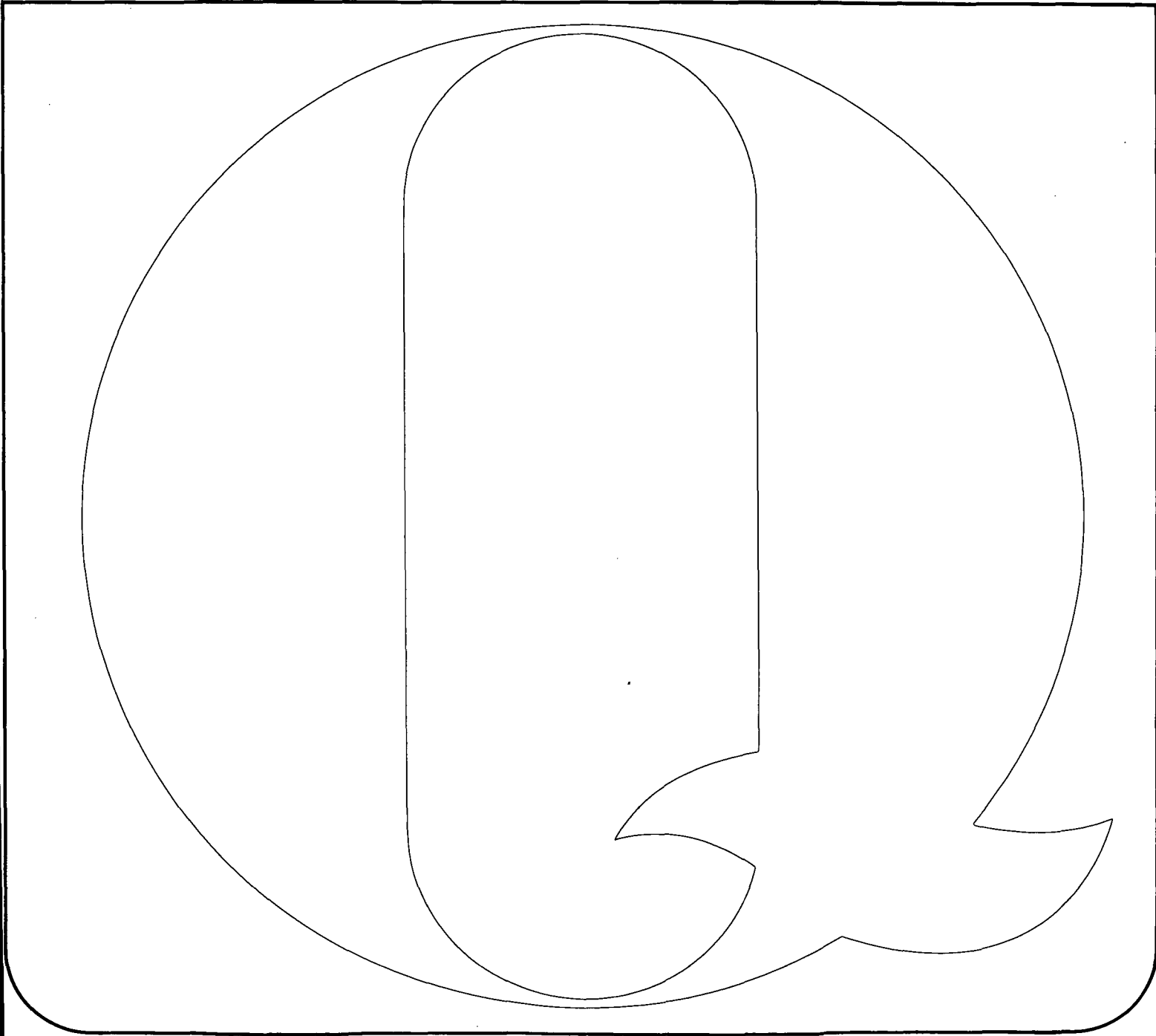
Capítulo VIII

La fertilidad de los suelos y los factores que influyen en la misma.	291
El suelo como factor productivo.	293
Factores que influyen en la capacidad productiva de los suelos.	293
Factores energéticos	294
Factores sustanciales	294
Factores biológicos	295
Los elementos componentes de los suelos	295
Sustancias orgánicas de los suelos	295
Los componentes inorgánicos de los suelos	296
Significado de las sustancias nutritivas minerales en la nutrición de las plantas	296
Elementos necesarios para la nutrición de las plantas	298
Los macroelementos presentes en las plantas y su significado	298
1. Nitrógeno (N).	298
2. Fósforo (P)	300
3. Potasio (K).	301
4. Azufre (S)	303
5. Magnesio (Mg).	304
6. Calcio (Ca).	305
7. Sodio (Na)	306
8. Hierro (Fe).	307
Los oligoelementos más importantes de los suelos	307
Factores inhibidores del desarrollo de las plantas	308
1. La textura de los suelos	308
2. La reacción del suelo	310
3. Proporción desfavorable de los elementos nutrientes	310
4. Organismos inferiores y plantas superiores que viven en el suelo.	310

Apéndice

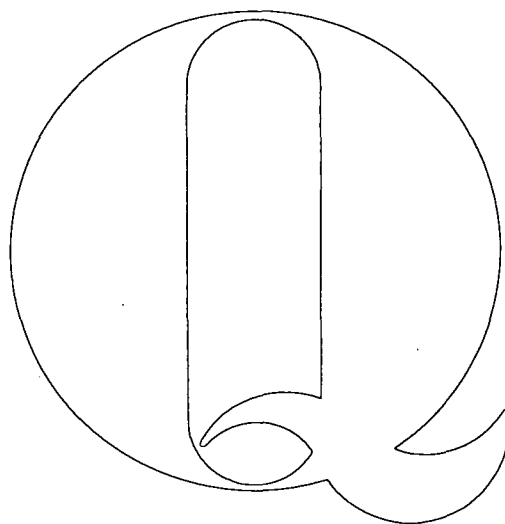
Resumen de ensayos de diferentes niveles de nutrición.	311
1. En suelo <i>Estrella</i> con cultivo Sorgo Amack R-10	314
2. En suelo <i>Truffin</i> con cultivo Sorgo Amack R-10	321
Lote con regadío	321
Lote de secano	327
3. En suelo <i>Estrella</i> con el cultivo Maní	332
4. En suelo <i>Estrella</i> con el cultivo Soya	333
5. En suelo <i>Santa Clara</i> con el cultivo Girasol.	339
6. En suelo <i>Estrella</i> con el cultivo Frijol colorado.	341
7. En suelo <i>Estrella</i> con el cultivo Frijol colorado.	343
Conclusiones.	346
Bibliografía	347

TOMO I QUIMICA DEL SUELO



Capítulo I

*Métodos utilizados en
las investigaciones
químicas*



Métodos de campo

En todos los casos se hizo un recorrido en la región para buscar el lugar más apropiado para realizar la trinchera. La excavación del perfil la hicimos hasta llegar al material basal, el nivel freático, y/o como máximo hasta los 2-2,5 m de profundidad. En la descripción del perfil se tomaron en cuenta las siguientes características del suelo: el color, la textura, la estructura (compacidad), pedregones, concreciones, manchas, consistencia, contenido de humedad, presencia o ausencia de cal. Además, se observó el desarrollo de la red radicular de las plantas. Se hicieron observaciones sobre la topografía, el drenaje del suelo, la vegetación nativa y el aspecto general de los cultivos de la región en cuestión.

Después de haber evaluado los resultados de las observaciones mencionadas arriba, se separaron en el perfil las capas u horizontes y subhorizontes, y se hizo el muestreo del suelo. Se tomó 1,5-2,0 kg de suelo, de cada una de las capas, en bolsas de polietileno, para llevarlas al laboratorio. De las capas más importantes, se tomaron muestras de suelo no disturbadas, en cilindros, para las investigaciones físicas (en cuanto a los detalles, se remite al lector al capítulo I, del segundo tomo de esta obra). De cada una de las capas seleccionadas se tomaron de 10 a 25 muestras replicadas.

Después de terminar el muestreo se tomó un monolito del perfil por el método (las técnicas) de la película de nitrocelulosa (en lo que se refiere a los

detalles de las técnicas utilizadas, véase el folleto *Método de la investigación de suelos*, INRA, 1968).

El monolito fue cuidadosamente estudiado en el laboratorio y según los resultados obtenidos fueron ajustados algunos detalles en la descripción del perfil, hecha en el campo. Así, resultó la descripción final de cada uno de los perfiles que se ofrecen en los capítulos correspondientes.

Métodos de laboratorio

A continuación se ofrecen los métodos utilizados, sin entrar en los detalles de las técnicas. Se recomienda al lector vea el glosario de términos.

1. pH en H₂O y ClK, determinados en el filtrado de la suspensión.
2. Acidez hidrolítica (y_1), según Kappen.
3. Acidez cambiante (y_2), según Dai-kuhara y en el mismo filtrado también se determina:
4. El contenido de Al.
5. Carbonatos, según Scheibler.
6. Materia orgánica (M.O.), por el método colorimétrico.
7. El valor de S (la suma de los cationes Ca, Mg, K y Na intercambiables), según Mehlich. Se considera que las cantidades determinadas de estos cationes sean iguales a aquéllas utilizables para las plantas.
8. El valor de T (la capacidad del intercambio catiónico), según Mehlich.
9. $T-S$, por diferencia.

10. El valor de V (el tanto por ciento de la saturación por bases).
11. Nitrógeno total (N_t), según Kjeldahl, y por las técnicas de Parnas Wagner (en forma de amoníaco).
12. Relación: nitrógeno (C/N), por cálculos basados en los puntos 6 y 11.
13. Nitrógeno asimilable (N_a), por cálculos basados en el punto 11.
14. Fe y Al móvil es, según Stefanovits.
15. Pérdidas por ignición ($P.p.i.$).
16. Análisis elementales del suelo o de la parte arcillosa del mismo.
17. Fósforo asimilable (P_a) para las plantas: a) en suelos ácidos (por las técnicas de Bray y Kurtz), b) en suelos neutros y/o calcáreos (por las técnicas de Olsen).
18. Relaciones moleculares
 SiO_2/R_2O_3 SiO_2/Al_2O_3 y
 SiO_2/Fe_2O_3 por cálculos basados en el punto 16.
 En suelos salinos se determinaron además:
19. Las sales solubles en agua: a) los cationes: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , b) los aniones: HCO_3^- , CO_3^{--} , SO_4^{--} , Cl^- .

Al evaluar los resultados obtenidos según los puntos 1 al 19 se tomaron en cuenta algunos resultados de los análisis físicos, que son los siguientes:

- a) La humedad del suelo seco al aire (h_y).
- b) Elevación capilar en 5 horas (EC).
- c) Límite superior de plasticidad (LSP), según Atterberg.
- d) Análisis mecánico por las técnicas de la pipeta.
- e) Densidad aparente (d).

Métodos de la evaluación de los resultados

Desde el punto de vista agrícola, el suelo, como producto de la naturaleza constituye el soporte natural de las plan-

tas, al que se fijan mediante sus raíces, las cuales extraen de él buena parte de los elementos que necesitan para su subsistencia y desarrollo. Por tanto, la ciencia llamada *Edafología* estudia el suelo desde el punto de vista de los vegetales que produce, mientras que la *Pedología*, aunque toma en cuenta entre otros agentes formadores de distintos tipos de suelos, al factor vegetal, también enfoca, en primer lugar, aquellos que actuando sobre la porción superficial del *regolith* producen una serie de transformaciones fisicoquímicas (los procedimientos de la descomposición de distintos tipos de rocas y los productos de la descomposición): Hicimos un trabajo más edafológico que pedológico pero queremos también contribuir algo a esta ciencia, en relación con los suelos cubanos.

La tarea a cumplir por nosotros fue la de determinar los índices numéricos de distintas características químicas de «algunos suelos de importancia agropecuaria para Cuba» y presentarlas en una forma sistematizada. Los suelos cubanos los agrupamos en cinco asociaciones prácticas basadas en sus características siguientes:

1. el color
2. la textura (la composición granulométrica)
3. el material basal, que sustenta el perfil de suelo
4. su fertilidad natural.

En la subdivisión, dentro de los grupos de suelos, intervinieron algunas otras características, como la consistencia del subsuelo, la topografía, etc. En la primera asociación de suelos la subdivisión fue basada en los distintos tipos de la meteorización. A este grupo incorporamos aquellos suelos arcillosos rojos y rojos parduscos en los cuales, de los factores formadores, predominan los procedimientos de la latosolización. La característica común de este grupo de suelos es que la cantidad del Al más Fe móviles, expresada en $me/100 g$, es superior a 20 en

la primera sección del perfil. Los suelos rojos fueron parcialmente caracterizados al tomar en cuenta dos relaciones moleculares más, son éstas la $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Al elaborar el programa de las investigaciones de laboratorio planteamos dos grupos de características del suelo para determinar los índices numéricos de las mismas. Ambos grupos de características sirven para definir el tipo genético del suelo, pero al primer grupo pertenecen aquellas que no cambian, o cambian relativamente poco en el tiempo y, por esto, vamos a llamarlas básicas o constantes. Al segundo grupo de características incorporamos aquellas que cambian o pueden cambiar con el tiempo, aunque estos cambios no sean abruptos. Los cambios se pueden provocar, lo que es el caso más frecuente, como consecuencia de las actividades del hombre: suelos vírgenes se convierten en suelos cultivables, se realiza una enmienda del suelo (por ejemplo: encladura, disminución del nivel freático, regadío, etc.), cambio del tipo de la explotación de la tierra (forestación) etc. Este grupo de características la incluiremos en el grupo de las características cambiables de los suelos. Sigue la enumeración de las características de los suelos en esta agrupación:

A. Características básicas o constantes:

1. La textura (la composición granulométrica).
2. El contenido de materia orgánica (*M.O.*) y su distribución en el perfil, por lo menos, la parte humificada.
3. La higroscopicidad (*hy*).
4. El límite superior de la plasticidad (*LSP*).
5. La elevación capilar en 5 horas (*EC*).
6. Los análisis elementales.
7. La capacidad del intercambio catiónico (el valor de *T*).

B. Características cambiables (del dinamismo de los suelos):

1. Contenido de carbonatos y su distribución en el perfil.
 2. Características de la acidez de los suelos:
 - a) pH en agua y en ClK.
 - b) La acidez hidrolítica (y_1).
 - c) La acidez cambiante (y_2).
 - d) El valor-*T* - *S*.
 - e) El % de la saturación del suelo por bases (el valor de *V*).
 3. La suma de los cationes Ca, Mg, K y Na cambiables (el valor de *S*).
 4. Características del nitrógeno (*N*), y del fósforo (*P*), en el suelo:
 - a) Nitrógeno total (*N*)
 - b) Nitrógeno asimilable (N_a)
 - c) La relación C/*N*
 - d) El fósforo asimilable (P_a)
 5. Sales solubles en agua.
- C. Como transitorios entre ambos grupos de características:
1. El Al y el Fe móviles.

Las características básicas sirvieron en esta parte química para resolver dos problemas:

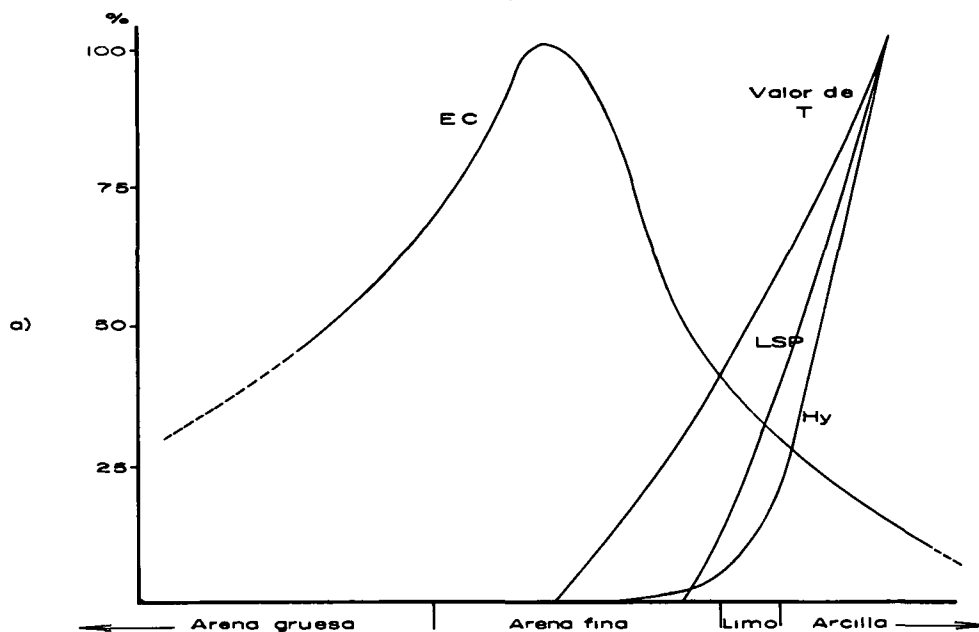
1. La agrupación de los suelos investigados.
2. Unir unas capas dentro del mismo perfil, debido a la circunstancia de que el muestreo fue hecho algunas veces más detalladamente de lo necesario.

La fracción arcilla es la parte más activa de la fase sólida del suelo. De la naturaleza y la cantidad de la misma dependen, en alto grado, numerosas características físicas y químicas de los suelos. La materia orgánica y las fracciones limo y arena modifican solamente las relaciones establecidas. Esto se demuestra esquemáticamente en la gráfica 1a/I.

En el eje de las abscisas pusimos el diámetro de las partículas sólidas del suelo, en *mm*, por los grupos texturales y en el eje de las ordenadas, los valores numéricos en por ciento de la fracción arcilla. Las curvas representan la relación entre las fracciones mecánicas y la *hy*, *LSP*, *EC* y el valor de *T*. Se ve muy bien que una

de estas curvas (la de la *EC*) tiene un mínimo y las demás un máximo en la fracción arcilla. De esta circunstancia se deriva que el valor numérico de las características dependa en alto grado del contenido de la fracción arcilla en los suelos.

porción inversa al contenido de la fracción arcilla; cuanto mayor es la última, tanto menor es la primera. Los cationes cambiables Mg y Na influyen en alto grado el valor numérico de la *EC*. En suelos salinos y alcalinos la *EC* tiene casi siempre un valor numérico más bajo que



Gráfica 1a/1

RELACION DE LAS CLASES TEXTURALES DE LOS SUELOS CON DISTINTAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS.

La más estrecha relación con la fracción arcilla la tiene la *higroscopicidad (hy)*. Su valor numérico lo influye la materia orgánica, que lo aumenta apreciablemente en los suelos arenosos, y moderadamente en suelos más pesados. Casi no lo afectan los cationes cambiables.

El valor numérico del *LSP* depende también en alto grado del contenido de la fracción arcilla; entre ellos también existe una proporción directa. Esta proporción es modificada por el Mg y el Na cambiables, que incrementan el *LSP*.

La elevación capilar (*EC*) está en pro-

porción inversa al contenido de la fracción arcilla. También sucede lo mismo cuando en suelos calcáreos (sobre todo en las capas más bajas) la cal está finamente dividida y tapa los poros capilares; de este modo impide, parcialmente, la elevación del agua en la columna de suelo.

El valor de *T* depende, en general, del contenido de la fracción arcilla; pero la relación con la última ya no es tan estrecha como en los casos anteriores. Esto se debe en primer lugar, a la circunstancia de que la fracción limo tiene también un

moderado valor de T y lo influyen los distintos minerales presentes en esta fracción granulométrica.

No tocamos en las discusiones anteriores el problema del tipo del mineral arcilloso presente en los suelos. Esto se discute detalladamente en relación con

zación y por esto también, el tipo genético del suelo. Si en el caso de la uniformidad del perfil, la relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ es mayor en el suelo que en el subsuelo, se efectuó un enriquecimiento relativo en SiO_2 que indica podzolización o lixiviación de la arcilla hacia abajo.

Tabla 1/I

ÍNDICES NUMÉRICOS DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE DISTINTOS TIPOS DEL MINERAL ARCILLOSO

Tipo del mineral arcilloso	K	Mg	T me/100 g	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
	%			
Caolín	<1	—	10-20	2
Illita	4-5	—	40-50	3
Montmorillonita	<1	5<	80	4

distintas características de los suelos en el segundo tomo de esta obra.

De los resultados de los análisis elementales para caracterizar el tipo de suelo, frecuentemente se utilizan los valores numéricos del contenido de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 .

Se suele calcular las relaciones moleculares entre sí.

Los cálculos se realizan del siguiente modo:

Los por ciento de cada uno de los óxidos mencionados se dividen entre su peso molecular, es decir:

$$\frac{\text{SiO}_2 \%}{60}, \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 \%}{102}, \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \%}{160}$$

y basado en lo que resulte, se calculan las relaciones moleculares:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} \text{ (donde } \text{R}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3\text{)}$$

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}, \frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

El cambio de estas relaciones moleculares en el perfil del suelo caracteriza los distintos procedimientos de la minerali-

zación y por esto también, el tipo genético del suelo. Si en el caso de la uniformidad del perfil, la relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ es mayor en el suelo que en el subsuelo, se efectuó un enriquecimiento relativo en SiO_2 que indica podzolización o lixiviación de la arcilla hacia abajo.

Al revés, cuando se observa que en un horizonte esta relación es menor que en la superficie, se puede concluir que sucedió una acumulación.

Las dos relaciones moleculares restantes sirven para estudios genéticos más detallados.

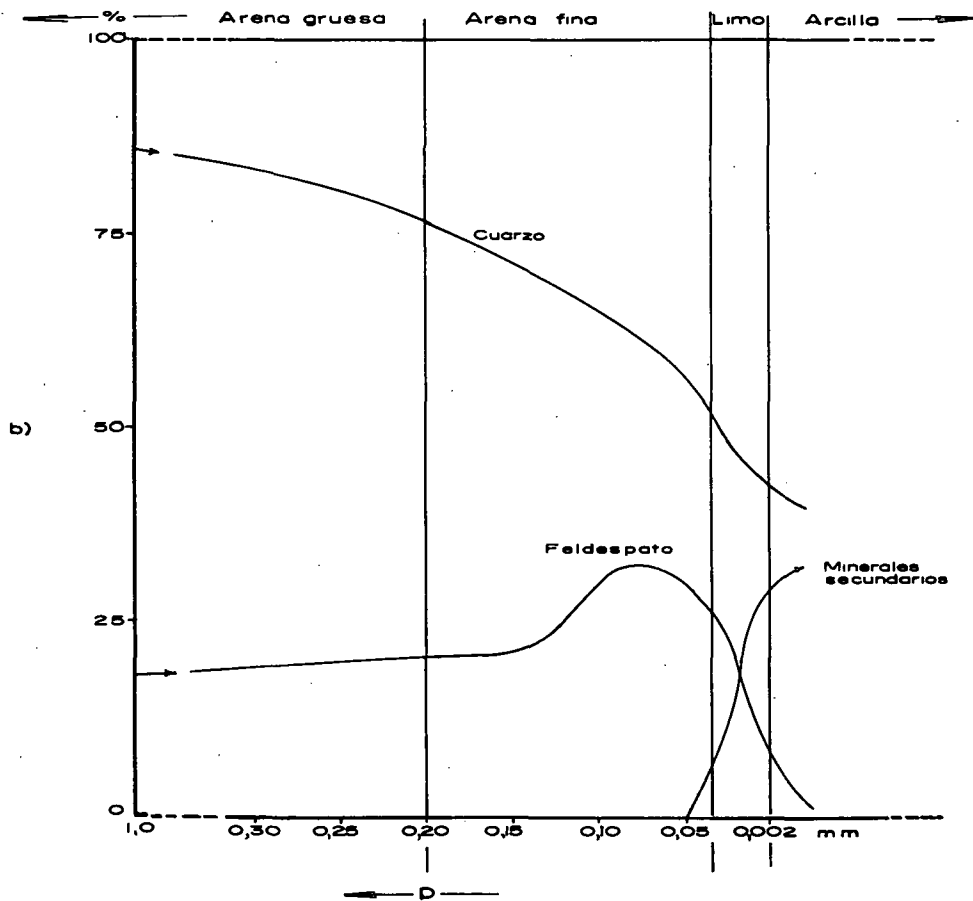
Los óxidos de los cationes Ca, Mg, K, Na, no nos dicen mucho, salvo que, según los por ciento del K_2O y MgO , se puede asumir la presencia de determinado tipo de mineral arcilloso. Si la cantidad de K_2O es elevada se supone la presencia de las hidromicas (illitas) y en el caso de relativamente alto contenido de MgO , la de los montmorillonoides.

En esta evaluación se toman en cuenta los índices numéricos que se refieren a los tipos principales de mineral arcilloso, que figuran en la tabla 1/I.

Vale la pena realizar los análisis totales solamente en muestras de suelos arcillosos, porque en suelos más ligeros debido al alto contenido de la fracción arena el SiO_2 modifica tanto los cálculos y estimaciones cuantitativas que casi es imposible concluir algo basado en los índices numéricos obtenidos en los análisis totales.

Todo esto resulta claro al mirar la gráfica 1b/I que es la representación esquemática de la distribución de los minerales presentes en los suelos, entre las fracciones mecánicas. Tomamos la gráfica de la obra de P. M. MELA.

llega a su máximo en la fracción arcilla. Mientras que la mayor parte de las fracciones arena son resultantes del cuarzo (SiO_2), y distintos feldespatos que están también presentes, cuyos componentes químicos intervienen asimismo en los re-



Gráfica 1b/I

ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LA VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE LOS MINERALES NATIVOS Y SECUNDARIOS SEGÚN EL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS. (TOMADO DE LA OBRA DE P. M. MELA)

Se ve muy bien que la cantidad de los minerales secundarios, que son los más importantes desde el punto de vista de los procedimientos genéticos, aumenta bruscamente desde la fracción limo y

sultados de los análisis elementales y adicionalmente complican las evaluaciones cuantitativas.

Por todo lo anteriormente dicho es preferible, en trabajos investigativos pe-

dológicos, hacer los análisis elementales en la parte arcillosa (las fracciones mecánicas arcilla más limo) del suelo.

El Fe y el Al móviles son, parcialmente, características del tipo de suelo. Según se ha convenido, representan aquella cantidad de ellos que una solución de verseno 0,1 N disuelve mediante la formación de quelatos. La determinación se hace solamente en suelos que no contienen cal. Este reactivo disuelve la mayor parte de los oxihidratos de Fe y de Al todavía no envejecidos o transformados en minerales.

Una parte de los minerales primarios que constituyen el material inorgánico de los suelos contienen hierro como lo indican los datos representados en la tabla 2/I.

Tabla 2/I

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNOS MINERALES PRIMARIOS PRESENTES EN LOS SUELOS, SEGÚN MC CAUGHEY

Minerales	Óxidos contenidos
Cuarzo	Si
Hornblenda	Ca-Mg-Fe-Si
Ortoclasa	K-Al-Si
Epidoto	Ca-Fe-Al-Si-H
Biotita	K-Mg-Fe-Al-Si-H
Muscovita	K-Al-Si-H
Clorita	Mg-Fe-Al-Si-H
Plagioclasa	Na-Ca-Al-Si

En los procedimientos de la descomposición se liberan parcialmente, el aluminio y el hierro. Dependiendo de las condiciones de la reacción (valor del pH) del medio, oxidación, reducción, y de algunos fenómenos de la química coloidal (el más importante entre ellos la acción estabilizadora del material orgánico disuelto en la solución del suelo) el aluminio y el hierro se quedarán *in situ* (en el lugar de su formación) o migrarán hacia abajo en el perfil, para acumularse en uno de los horizontes en forma de precipitado.

El hierro y el aluminio móviles resultan entonces consecuencia de una serie

de procedimientos químicos, microbiológicos y fisicoquímicos ocurridos durante el desarrollo del perfil del suelo y cuya distribución dentro del mismo permite determinar aquellos procedimientos que les dieron origen.

Reflejan principalmente las condiciones del clima. Los suelos abundantes en aluminio y en hierro móviles tienen alta capacidad para fijar los fosfatos solubles en agua y, por tanto, disminuyen la eficiencia de estos fertilizantes.

Por otro lado, el contenido de Fe y de Al móviles está o puede ser sometido a distintos cambios como consecuencia de alteraciones en algunos de los factores formadores del suelo o de la actividad del hombre. En el caso de la arcilla, la disminución del nivel freático, o una enmienda, puede disminuir la descomposición que ocurre en la parte arcillosa de este suelo. Esto quiere decir que el Fe y el Al móviles son, parcialmente, características cambiables. No se relacionan estrechamente con las características de la acidez de los suelos (véase la tabla 2/I).

Entre las características cambiables de los suelos lo primero que debe mencionarse son los carbonatos. Los suelos contienen en varias formas, como calcita, aragonita (CO_3Ca), dolomita ($\text{CO}_3\text{Ca}\cdot\text{CO}_3\text{Mg}$), magnesita (CO_3Mg), siderita (CO_3Fe), en formas cristalinas y amorfas también, cuando se precipitan de la solución del suelo (al secarse este último, o cuando cambia la presión del CO_2 en el aire del suelo).

El que predomina es el CO_3Ca . También son muy frecuentes las distintas concreciones de cal. Por tanto, la solubilidad de la cal es muy variable; y algunas veces es muy difícil en las determinaciones químicas separar el Ca cambiable de las formas carbonatadas.

Por regla, los suelos calcáreos tienen un valor de pH igual o superior a 7. Los suelos ácidos no contienen cal. Se observaron algunas excepciones con respecto a esto; algunos suelos cubanos, débilmente

ácidos, contienen cal en forma de nódulos muy duros. La cantidad de carbonatos, relativamente pequeña, llega a la muestra preparada en el laboratorio por la molienda del material.

Las distintas características de la acidez no están cuantitativamente relacionadas entre sí, lo que se discute detalladamente en el capítulo VII de esta parte de la obra. En general, se puede hacer constar lo siguiente:

Mientras que la y_1 se manifiesta ya en suelos moderadamente ácidos ($\text{pH} = 6,8 - 5,5$) la y_2 lo hace solamente en suelos fuertemente ácidos ($\text{pH} < 5,5$). Si en las capas superficiales (en el suelo) la y_1 es relativamente muy alta, la misma se origina principalmente de la materia orgánica.

Si el valor del pH determinado en agua es igual al determinado en CLK, el suelo está saturado, no hay H cambiante.

El valor de $T-S$ y de V expresan el contenido de H cambiante en dos formas distintas y, por tanto, hay una relación estrecha entre las dos.

Por lixiviación de los carbonatos ocurre en varios tipos de suelos, la acidificación del perfil, casi en todos los casos acompañada por un enriquecimiento del complejo adsorbente en Mg y en algunos casos en Na cambiante también (en % del valor de S). Esto ha sido observado igualmente en suelos cubanos:

Los cationes Ca , Mg , K y Na cambiables considerados utilizables por las plantas han sido calculados en kg/ha , hasta la profundidad de 15 cm aproximadamente. Son elementos que se incorporan al suelo con los fertilizantes y mediante enmiendas (el calcio). Por la gran importancia que tienen en la fertilidad de los suelos, abajo se presenta una tabla de conversión de distintas unidades (unas a otras) en las cuales suele expresarse sus cantidades presentes.

La proporción que tienen estos elementos adsorbidos entre sí (en % del valor de S) influye en las condiciones de

las plantas y, además, sobre las propiedades físicas del suelo. Si el contenido de Na es superior al 5 % del valor de S del suelo, como regla aumenta el valor del pH y si no contienen sales solubles, el suelo se peptiza, lo que resulta una compactación no deseable. El Mg adsorbido, junto con el Na baja la friabilidad, y cuando la cantidad de ambos es superior a 20 % del valor de S , el suelo tiene consistencia firme. El Mg incrementa en cantidades elevadas el agua no disponible (AND) para las plantas.

También son características de la nutrición de las plantas el N asimilable y el P asimilable. El primero está presente en muy pequeñas cantidades representando, en promedio, 1,5 % del total. Así calculamos los valores numéricos que figuran en las tablas correspondientes a este tomo I. El P asimilable ha sido determinado por dos métodos distintos, suponiendo que los disolventes utilizados corresponden respectivamente a la dinámica de los dos grupos de suelos establecidos: 1. neutros y de reacción alcalina y 2. de reacción ácida. Según las observaciones nuestras, los suelos cubanos contienen una parte considerable de su P en forma orgánica.

En la caracterización del tipo del suelo tiene papel importante la relación C/N . Su valor numérico es igual a 10 aproximadamente en suelos minerales, aunque varía, por regla general, de 8 a 12. Es un índice de la humificación de la materia orgánica en los suelos. Si la materia orgánica se encuentra en un estado poco humificado la relación C/N resulta ser muy alta; es el caso de los suelos orgánicos (suelos turbosos, turbas, ciénagas).

De la distribución de las sales totales en el perfil se puede llegar a conclusiones, en relación con la dinámica de la humedad en el suelo. Basado en la composición aniónica y catiónica se distinguen varios tipos de salinidad.

En cuanto a los detalles véase el capítulo VII de esta parte de la obra.

Clasificación genética de los suelos de Cuba

La profundización de los estudios e investigaciones sobre la génesis y clasificación de los suelos es una tarea fundamental para el desarrollo de la ciencia del suelo de un país; asimismo, representa la base para las posteriores investigaciones de las diferentes ramas que deben desarrollarse, ya sean de orden puramente científicas como de aplicación práctica.

Desde el año 1965 se vienen dando los primeros pasos en Cuba en el estudio de la clasificación genética de los suelos. El Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba inició esta línea, con la confección del Mapa Genético en escala 1:250 000 de los suelos del país. En este mapa se plantea la 1.^a aproximación de la clasificación genética, donde se destacan 11 grandes grupos de suelos, con 14 subgrupos y un gran número de géneros y especies, en las categorías inferiores.

En 1966, el doctor Zonn conjuntamente con los ingenieros cubanos García Vázquez y Cabrer Mestre desarrollaron un «Ensayo de clasificación genética de

los suelos de Cuba», trabajo éste que sirvió de base para el mapa de la Agrupación Genética de las Series de Suelos de Cuba, que se publicó en el Atlas Nacional de Cuba editado en 1970.

En este trabajo se dividen los suelos en Tipos, Subtipos, Géneros y Especies de suelos.

Entre ambos trabajos existen puntos de coincidencia y de discusión; no obstante, es un paso de avance en la profundización de las características diagnósticas de los suelos de Cuba.

En estos momentos se puede decir que el desarrollo de la clasificación genética en Cuba está en evolución dinámica. Nuevas investigaciones se plantean, principalmente por el Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de Cuba, donde se programa para el año 1974 una 2.^a Aproximación.

Por estas razones, a modo de ofrecer un sentido más completo de este trabajo, hemos querido establecer una correlación bastante general entre las series de suelos investigados y la clasificación genética del Instituto de Suelos, publicada en enero de 1971.

GRANDES GRUPOS	SUBGRUPOS	SERIES
Latosol (I)	Latosol típico (IA)	<i>Nipe</i>
Latosólico (II)	Latosólico típico (IIA)	<i>Matanzas Cuyaguatije Ceiba</i>
	Latosólico plástico (IIM)	<i>Perico Navajas</i>
	Latosólico hidratado (IIK)	<i>Truffin</i>
	Latosólico menos evolucionado (IIJ)	<i>Limonas</i>
Amarillo tropical (III)	Amarillo tropical típico (IIIA)	<i>Santa Bárbara Pinar del Río Nueva Gerona Viñales</i>
	Amarillo tropical pseudohidromórfico (IIIL)	<i>Scranton Coxville Estrella Herradura Hatuey</i>

GRANDES GRUPOS	SUBGRUPOS	SERIES
Pardo tropical (IV)	Pardo tropical típico (IVA)	<i>La Larga</i> <i>Palma</i> <i>Río Cauto</i> <i>Santa Clara</i>
	Pardo tropical pseudo-hidromórfico (IVL)	<i>Camagüey</i> <i>Jicotea</i>
	Pardo tropical humificado (IVF)	<i>Martí</i>
Negro tropical (V)	Negro tropical típico (VA)	<i>Bayamo</i>
Calizo (VI)	Calizo rojo (VID)	<i>Francisco</i>
	Calizo pardo (VIE)	<i>Palmarito</i> <i>Nazareno</i>
Caliza humificado (VII)	Caliza humificado típico (VIIA)	<i>Habana</i> <i>Oriente</i> <i>Tinguaro</i>
Gley tropical (VIII)	Gley tropical suavemente gleizado (VIII Cs)	<i>Bacunagua</i> <i>Corojal</i>
	Gley tropical medianamente gleizado (VIII Cm)	<i>Alto Cedro</i> <i>Júcaro</i> <i>Herrera</i> <i>Yaguajay</i> <i>Maboa</i>
	Gley medianamente gleizado y humificado (VIII Cm + F)	<i>Caonao</i>
Mocarrero (IX)	Mocarrero típico (IXA)	<i>Mocarrero</i> <i>Taco-Taco</i>
	Mocarrero formado inferiormente (IXN)	<i>San Cristóbal</i>
Arenoso (X)	Arenoso típico (XA)	<i>Norfolk</i>
	Arenoso cuarcítico graviloso (XO)	<i>Santa Lucía</i>
Esquelético (Z)	—	<i>Guane</i>

Nota: Las series *Nueva Gerona* y *Santa Bárbara*, en sus fases gravilosa pertenecen al subgrupo Amarillo Tropical erosionado. La serie *Yaguajay* fase costero pertenece al subgrupo Gley Tropical fuertemente gleizado.

En la tabla anterior son indicadas todas las series de suelo investigadas. Por razones prácticas no hicimos uso de la clasificación genética de los suelos cubanos pero, en la agrupación de éstos está reflejada por el número del gran grupo genético al cual pertenecen, y que aparece entre paréntesis después del nombre de la serie.

Completa la presentación del material investigado el *mapa de Cuba* compuesto de las hojas cartográficas del país con la si-

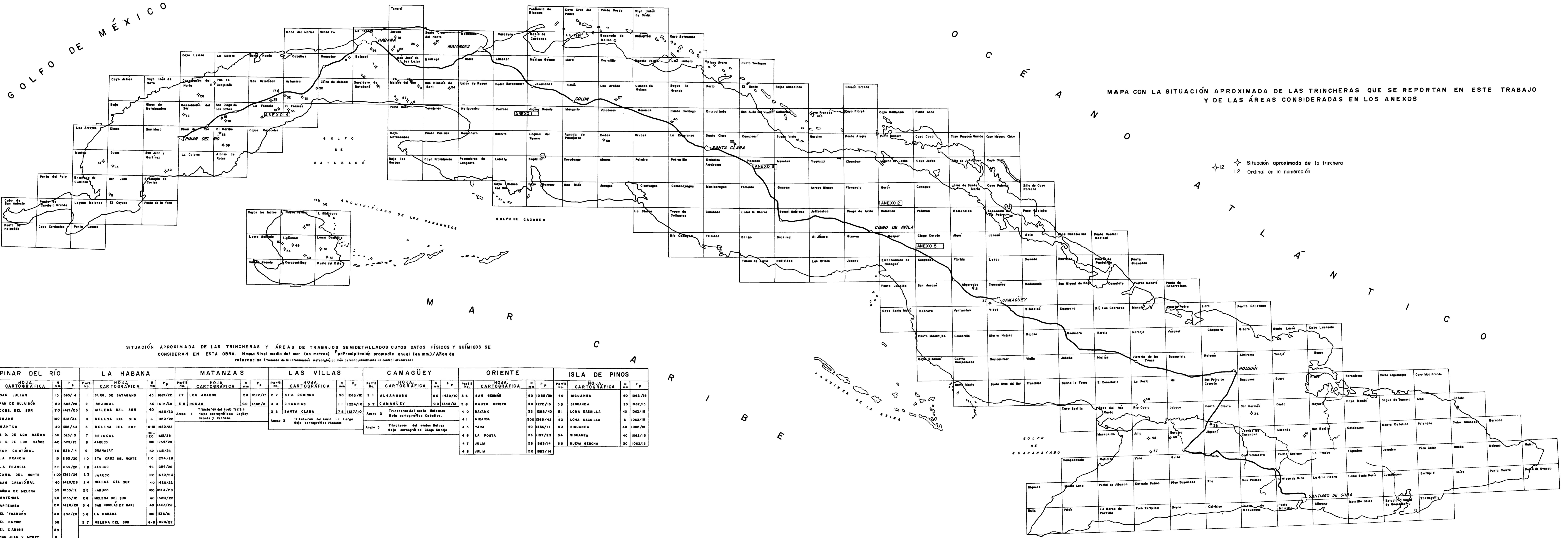
tuación aproximada de las trincheras que se reportan en este trabajo.

Presentación del material en la parte química. Tablas. Gráficas

Debido a que la toma de las muestras para las investigaciones químicas fue realizada detalladamente en el campo, según evaluaciones cuidadosas una vez analizadas, fueron reunidas en horizontes genéticos, y fueron identificadas,

GOLFO DE MÉXICO

MAPA CON LA SITUACIÓN APROXIMADA DE LAS TRINCHERAS QUE SE REPORTAN EN ESTE TRABAJO Y DE LAS ÁREAS CONSIDERADAS EN LOS ANEXOS



12 Situación aproximada de la trinchera
12 Ordinal en la numeración

SITUACIÓN APROXIMADA DE LAS TRINCHERAS Y ÁREAS DE TRABAJOS SEMIDETALLADOS CUYOS DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS SE CONSIDERAN EN ESTA OBRA. Nmm= Nivel medio del mar (en metros) P=Precipitación promedio anual (en mm.)/Años de referencias (Tomada de la información meteorológica más cercana, usualmente un central caucero)

PINAR DEL RÍO				LA HABANA				MATANZAS				LAS VILLAS				CAMAGÜEY				ORIENTE				ISLA DE PINOS																																																																											
Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P	Perfil No.	HOJA CARTOGRÁFICA	N	P																																																																								
5	SAN JULIAN	15	1385/14	1	SUR. DE BATABANÓ	45	1667/22	27	LOS ARABOS	50	1265/12	2	STO. DOMINGO	50	1429/10	3	SAN GERMAN	80	1035/29	49	SIGUANEA	60	1082/19	1	PAN DE AZÚCAR	50	1388/26	2	BEJUCAL	50	1615/29	5	LOS ARABOS	50	1265/12	2	STO. DOMINGO	50	1429/10	3	SAN GERMAN	80	1035/29	49	SIGUANEA	60	1082/19																																																				
11	PAN DE AZÚCAR	50	1388/26	2	BEJUCAL	50	1615/29	5	LOS ARABOS	50	1265/12	4	CHAMBAS	11	1224/10	3	CAMAQUÉY	90	1348/13	8	CAUTO CRISTO	40	1272/13	50	SIGUANEA	20	1042/15	3	MELENA DEL SUR	40	1420/22	6	MELENA DEL SUR	50	1420/22	7	BEJUCAL	50	1615/29	5	LOS ARABOS	50	1265/12	2	STO. DOMINGO	50	1429/10	3	SAN GERMAN	80	1035/29	49	SIGUANEA	60	1082/19																																												
12	CONS. DEL SUR	70	1471/28	3	MELENA DEL SUR	40	1420/22	6	MELENA DEL SUR	50	1420/22	7	BEJUCAL	50	1615/29	8	JARUCO	100	1254/28	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	4	MELENA DEL SUR	40	1420/22	7	BEJUCAL	50	1615/29	5	LOS ARABOS	50	1265/12	2	STO. DOMINGO	50	1429/10	3	SAN GERMAN	80	1035/29	49	SIGUANEA	60	1082/19																																																
13	GUANE	100	1312/34	4	MELENA DEL SUR	40	1420/22	7	BEJUCAL	50	1615/29	8	JARUCO	100	1254/28	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22	8	JARUCO	100	1254/28	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22	8	JARUCO	100	1254/28	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																								
14	MANTUA	40	1312/34	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22	8	JARUCO	100	1254/28	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																																				
15	S. D. DE LOS BAÑOS	50	1523/13	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																																								
16	S. D. DE LOS BAÑOS	42	1523/13	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22	9	GUANAJAY	82	1615/28	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	5	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																												
17	SAN CRISTÓBAL	70	1128/14	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																																
18	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																								
19	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																																
20	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																								
21	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																				
22	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22																
23	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22												
24	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	22	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22								
25	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	19	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	22	LA FRANCIA	50	1133/20	23	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22				
26	LA FRANCIA	50	1133/20	17	LA FRANCIA	50	1133/20	20	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	22	LA FRANCIA	50	1133/20	23	LA FRANCIA	50	1133/20	24	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	16	LA FRANCIA	50	1133/20	15	LA FRANCIA	50	1133/20	14	LA FRANCIA	50	1133/20	13	LA FRANCIA	50	1133/20	12	LA FRANCIA	50	1133/20	11	LA FRANCIA	50	1133/20	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	13	LA FRANCIA	50	1133/20	9	GUANAJAY	82	1615/28	12	LA FRANCIA	50	1133/20	8	JARUCO	100	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	7	BEJUCAL	50	1615/29	10	STA. CRUZ DEL NORTE	110	1254/28	11	LA FRANCIA	50	1133/20	6	MELENA DEL SUR	40	1420/22
27	LA FRANCIA	50	1133/20	18	LA FRANCIA	50	1133/20	21	LA FRANCIA	50	1133/20	22	LA FRANCIA	50	1																																																																																				

Las gráficas que aparecen en este tomo I son, en general, de dos tipos; en el caso de los suelos salinos, hay adición de dos gráficas más.

Las gráficas generales son:

1. En el lado izquierdo los sesquióxidos, en %; en el lado derecho, el Fe y el Al móviles en me/100 g.
2. En el lado izquierdo, expresado en %, la arcilla y la M.O. En el lado derecho, los me de los cationes cambiabiles más el valor de T-S, en 100 g de suelo.
3. En los suelos salinos, al lado izquierdo, los aniones; y al lado dere-

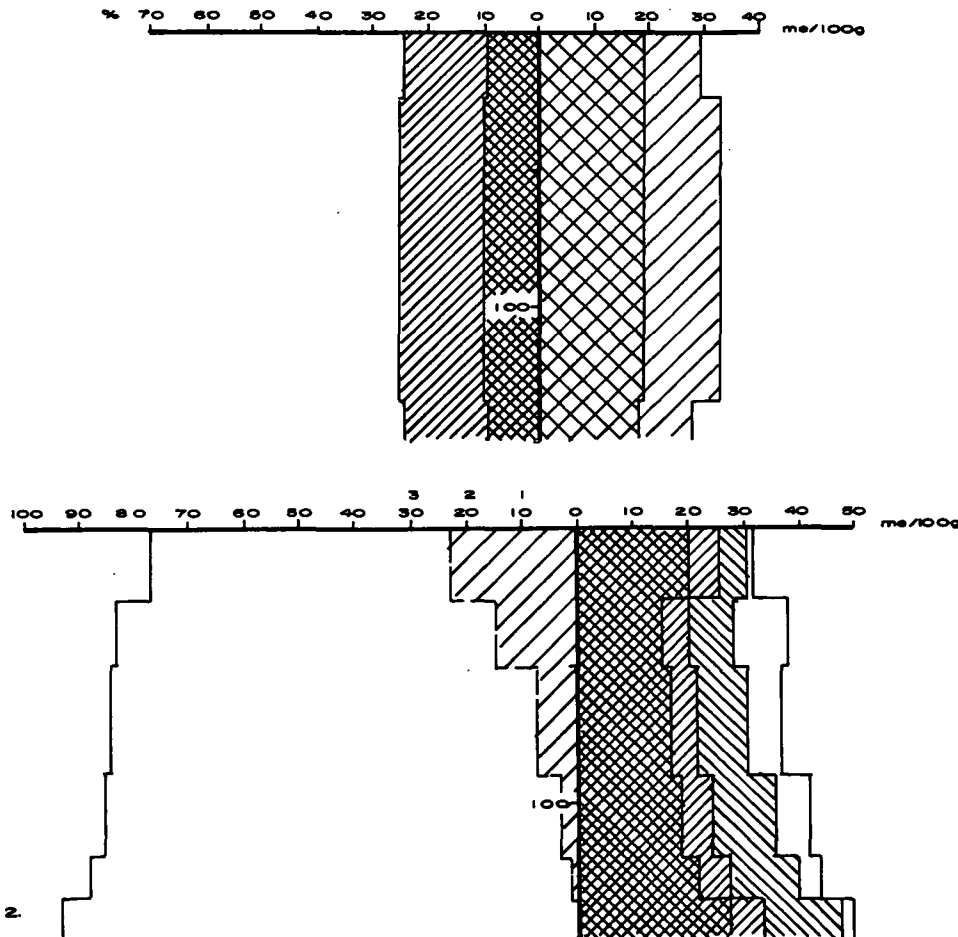
cho, los cationes, ambos expresados en me/100 g.

4. En los suelos salinos, representando el mismo valor a ambos lados del eje central, las sales solubles totales, en %.

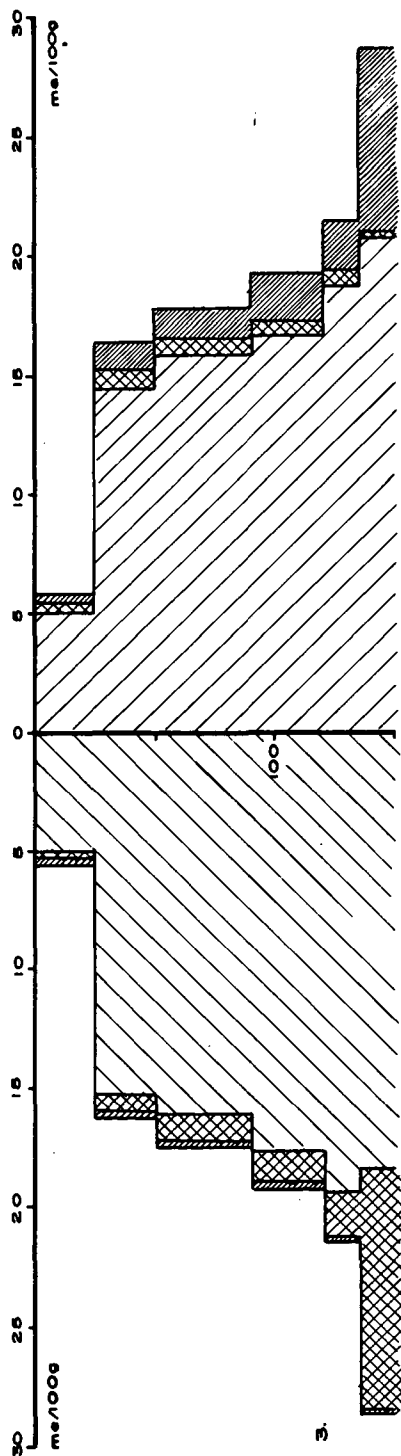
No figuran en la gráfica los aniones CO_3^{2-} y SiO_3^{2-} y el catión K^{1+} por estar en muy pequeñas cantidades.

Nótese que en la gráfica que corresponde al enumerado 2 en el lado izquierdo, el % de M.O. está contenido dentro de los valores graficados para el % de arcilla. Como ejemplo, y para evitar la repetición de las leyendas en las gráficas,

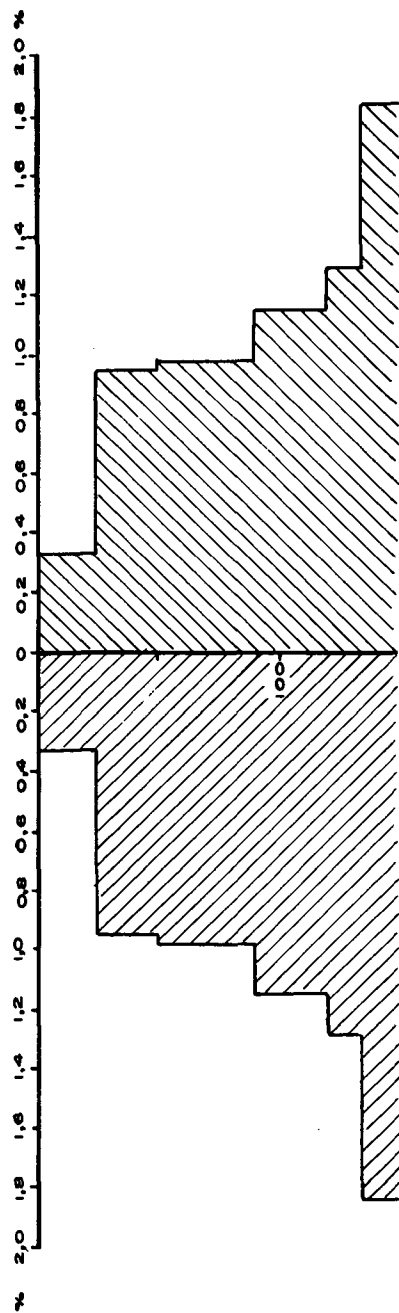
HERRERA 6



HERRERA 6



3.



4.

se muestran aquí las referentes al suelo *Herrera*.

En la identificación de las gráficas utilizamos la notación, por ejemplo, Gráfica 5/IV-3, esto quiere decir que el 5 significa el ordinal de las gráficas del capítulo cuarto que se indica en romanos (IV); por último, el número arábigo final (-3) identifica el carácter de los índices representados, en el caso del ejemplo actual, que es la gráfica de un suelo salino

macronutrientes anteriormente señalados. Se distinguen también tres gamas distintas para el valor de *T*: hasta 15 *me/100 g* de suelo, de 16-40 y más de 40 *me/100 g*; y corresponde, aproximadamente, a la clasificación textural de arenas, loams y arcillas, respectivamente. De los cálculos surge que la densidad aparente (*d*) es 1,5 si se toma como peso de la hectárea-surco de 15 *cm* la cantidad de 2,2 millones de *kg*.

Tabla 3/I

EL ESTADO DE DISPONIBILIDAD PARA LA ALIMENTACIÓN VEGETAL

Macronutrientes	Valor de <i>T</i> <i>me/100 g</i>	Niveles			
		Muy bajo	Bajo	Mediano	Alto
Calcio (Ca) <i>kg/ha</i>	Hasta 15	< 800	800-1600	1600-2400	> 2400
	16-40	< 1800	1800-3600	3600-5600	> 5600
	más de 40	< 2930	2930-5863	5865-8800	> 8800
Magnesio (Mg) <i>kg/ha</i>	Hasta 15	< 80	80- 160	160- 240	> 240
	16-40	< 180	180- 360	360- 560	> 560
	más de 40	< 300	300- 600	600- 900	> 900
Potasio (K) <i>kg/ha</i>	Hasta 15	< 100	100- 200	200- 300	> 300
	16-40	< 130	130- 260	260- 400	> 400
	más de 40	< 200	200- 400	400- 600	> 600
Sodio (Na) <i>kg/ha</i>	Hasta 15	< 200	200- 400	400- 600	> 600
	16-40	< 320	320- 640	640-1000	> 1000
	más de 40	< 460	460- 930	930-1400	> 1400
Cloruro (Cl) <i>kg/ha</i>		100	100- 200	200- 400	> 400
Nitrógeno asimilable (N _a) <i>kg/ha</i>		45	45- 90	90- 150	> 150
Fósforo asimilable (P _a) <i>kg/ha</i>		10	10- 20	20- 30	> 30

donde en el lado izquierdo se representan los aniones y en el derecho los cationes, ambos expresados en *me/100 g*.

Sobre el nivel de los macronutrientes en el suelo

En la discusión que sigue sólo se toman en cuenta los siguientes macronutrientes: Ca, Mg, K, Na, N y P.

En uso general en nuestro país existe la tabla anterior.

En esta tabla tenemos cuatro niveles para caracterizar el estado de disponibilidad para la alimentación vegetal de los

Tomando lo anterior como base, y expresando en *me/100 g* los cuatro niveles de disponibilidad de los referidos macronutrientes, se puede confeccionar la tabla de la página siguiente.

Evaluamos, por ofrecer la posibilidad la tabla anterior, el estado de los cationes básicos en % del valor de *S*, y resulta que los por ciento relativos de esos cationes permanecen casi constantes, independientes del nivel considerado, e indican, pues, que las relaciones entre esos cationes se estimaron como óptimas.

Se señala, ahora, que la saturación

por sodio es muy alta, y que corresponde a la de los suelos alcalinos. Se remite al lector al capítulo VII.

En la tabla 3/I también aparecen los límites para el cloruro.

Aparentemente, en la cantidad de sodio indicada está incluida la cantidad equivalente del catión que acompaña al

Nótese que la cantidad de sodio equivalente a la señalada para el cloruro, en forma de $ClNa$, es siempre menor, en todos los niveles, que 0,2 %, lo cual es el límite superior de la cantidad de sales solubles todavía admisibles en suelos no salinos.

Para uso en Cuba se recomienda la

Tabla 4/I
LOS MACRONUTRIENTES Ca, Mg, K y Na EXPRESADOS EN $me/100 g$ DE SUELO Y EN % DEL VALOR DE S

Valor de T $me/100 g$	Nivel	Macronutrientes				Valor de S		
		Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	a	b	
<i>A. me/100 g</i>								
Hasta 15	Muy bajo	1,78	0,29	0,11	0,39 (0,26)	2,57	2,44	
	Bajo	3,56	0,59	0,23	0,78 (0,52)	5,16	4,90	
	Mediano	5,35	0,88	0,34	1,17 (0,67)	7,74	7,24	
16-40	Muy bajo	4,00	0,66	0,15	0,62 (0,49)	5,43	5,30	
	Bajo	8,00	1,32	0,30	1,24 (0,98)	10,86	10,60	
	Mediano	12,50	2,06	0,46	1,94 (1,44)	16,96	16,46	
Más de 40	Muy bajo	6,53	1,10	0,23	0,89 (0,76)	8,75	8,62	
	Bajo	13,00	2,21	0,46	1,81 (1,55)	17,48	17,22	
	Mediano	19,60	3,31	0,68	2,72 (2,27)	26,30	25,80	
<i>B. en % del valor de S</i>								
Hasta 15	En todos los niveles	a:	69,10	11,40	4,40	15,10		
		b:	72,90	11,90	4,50	10,70		
16-40	En todos los niveles	a:	73,60	12,20	2,80	11,40		
		b:	75,50	12,50	2,80	9,20		
Más de 40	En todos los niveles	a:	74,40	12,60	2,60	10,40		
		b:	75,70	12,80	2,70	8,80		
	Promedio	a:	72,40	12,00	3,30	12,30		
		b:	74,80	12,40	3,30	9,50		

cloruro, por lo que si se le resta, disminuirá el 10 de la saturación por sodio, y se obtendrá una cifra más lógica.

Estos estudios que resultaron de la corrección aparecen en la tabla 4/I, entre paréntesis, en la columna del sodio. Obviamente, de este modo resultan dos valores para S ; a y b , el primero basado en los datos de la tabla original, y el segundo, después de haber realizado la corrección del sodio que acompaña al ion cloruro.

tabla 5/I confeccionada por nosotros, que sirve para calificar los resultados analíticos obtenidos, a la cual se le han introducido algunos cambios, aunque mantiene los principios de la tabla original.

Los cambios realizados fueron:

Relacionar los valores de T con los correspondientes a las tres clases texturales principales (arenas, loams y arcillas). Esto permitió utilizar las densidades aparentes (d) correspondientes a las dife-

rentes clases texturales principales (arenas, $d = 1,5$; loams, $d = 1,3$ y arcillas, $d = 1,1$, respectivamente, basado en las investigaciones nuestras). Como quiera que en las arcillas tenemos una gran variabilidad en el valor de T , se introdujeron tres subgrupos, y corresponde el (x) y el (xx) a algunos suelos rojos y rojos parduscos, porque en estos suelos, aunque texturalmente corresponden a las arcillas pesadas, sus valores de T son bajos por la presencia de mineral arcilloso caolinitico y de sesquióxidos.

Explicación de la tabla 5/I.

En todas las agrupaciones, desde el punto de vista de su clasificación textural, expusimos la calificación del nivel de nutrientes en kg/ha y debajo en $me/100 g$; estos últimos datos permiten evaluar inmediatamente los resultados analíticos.

Por último, la tabla 6/I, permite, fácilmente, convertir los resultados obtenidos en $me/100 g$, en kg/ha en la parte superior; la parte inferior, la conversión de $mg/100 g$ y $\%$ en kg/ha , especialmente referidos al nitrógeno asimilable (N_a), y fósforo asimilable (P_a) la materia orgánica ($M.O.$) y el nitrógeno total (N_t).

Tabla 5/I

CALIFICACIÓN DE LOS MACRONUTRIENTES EN RELACIÓN A SU DISPONIBILIDAD PARA LAS PLANTAS

Clase textural	d	Valor de T, me/100 g	Elemento nutriente	Niveles			
				Muy bajo	Bajo	Mediano	Alto
Arenas	1,5	< 10	<i>kg/ha</i>				
			CALCIO	< 800	800-1600	1600-2400	> 2400
			MAGNESIO	< 80	80- 160	160- 240	> 240
			POTASIO	< 100	100- 200	200- 300	> 300
			SODIO	< 135	135- 270	270- 340	> 340
			<i>me/100 g</i>				
			CALCIO	< 1,80	1,80-3,55	3,55-5,35	> 5,35
			MAGNESIO	< 0,30	0,30-0,60	0,60-0,90	> 0,90
			POTASIO	< 0,10	0,10-0,25	0,25-0,35	> 0,35
			SODIO	< 0,25	0,25-0,50	0,50-0,65	> 0,65
<i>kg/ha</i>							
P asim.	< 10	10-20	20- 30	> 30			
N asim.	< 45	45-90	90-150	> 150			
<i>mg/%</i>							
P asim.	< 0,45	0,45-0,90	0,90-1,35	> 1,35			
N asim.	< 2,00	2,00-4,00	4,00-6,70	> 6,70			
Loams	1,3	10-30	<i>kg/ha</i>				
			CALCIO	< 1800	1800-3600	3600-5600	> 5600
			MAGNESIO	< 180	180- 360	360- 560	> 560
			POTASIO	< 130	130- 260	260- 400	> 400
			SODIO	< 255	255- 505	505- 740	> 740
			<i>me/100 g</i>				
			CALCIO	< 4,60	4,60-9,20	9,20-14,30	> 14,30
			MAGNESIO	< 0,75	0,75-1,50	1,50- 2,35	> 2,35
			POTASIO	< 0,17	0,17-0,35	0,35- 0,50	> 0,50
			SODIO	< 0,55	0,55-1,15	1,15- 1,65	> 1,65

Tabla 5/I (continuación)

Clase textural	d	Valor de T, me/100 g	Elemento nutriente	Niveles				
				Muy bajo	Bajo	Mediana	Alto	
				<i>kg/ha</i>				
			P, asim.	< 10	10-20	20- 30	> 30	
			N, asim.	< 45	45-90	90-150	> 150	
				<i>mg-%</i>				
			P, asim.	< 0,50	0,50-1,00	1,00-1,50	> 1,50	
			N, asim.	< 2,30	2,30-4,60	4,60-7,70	> 7,70	
Arcillas	1,1	> 30		<i>kg/ha</i>				
			CALCIO	< 2930	2930-5865	5865-8800	> 8800	
			MAGNESIO	< 300	300- 600	600- 900	> 900	
			POTASIO	< 200	200- 400	400- 600	> 600	
			SODIO	< 395	395- 800	800-1140	>1140	
				<i>me/100 g</i>				
			CALCIO	< 8,85	8,85-17,75	17,75-26,60	>26,60	
			MAGNESIO	< 1,50	1,50- 3,00	3,00- 4,50	> 4,50	
			POTASIO	< 0,30	0,30- 0,60	0,60- 0,95	> 0,95	
			SODIO	< 1,50	1,05- 2,10	2,10- 3,00	> 3,00	
			*		<i>kg/ha</i>			
				CALCIO	< 1800	1800-3600	3600-5600	>5600
	MAGNESIO	< 180		180- 360	360- 560	> 560		
	POTASIO	< 130		130- 260	260- 400	> 400		
	SODIO	< 255		255- 505	505- 740	> 740		
		<i>me/100 g</i>						
		CALCIO	< 5,50	5,50-11,00	11,00-16,50	>16,50		
		MAGNESIO	< 0,90	0,90- 1,80	1,80- 2,70	> 2,70		
		POTASIO	< 0,20	0,20- 0,40	0,40- 0,60	> 0,60		
		SODIO	< 0,70	0,70- 1,35	1,35- 1,95	> 1,95		
	**		<i>kg/ha</i>					
		CALCIO	< 1200	1200-2400	2400-3600	>3600		
		MAGNESIO	< 120	120- 240	240- 360	> 360		
		POTASIO	< 150	150- 300	300- 450	> 450		
		SODIO	< 200	200- 400	400- 500	> 500		
			<i>me/100 g</i>					
		CALCIO	< 3,60	3,60-7,20	7,20-10,80	>10,80		
		MAGNESIO	< 0,60	0,60-1,20	1,20- 1,80	> 1,80		
		POTASIO	< 0,25	0,25-0,50	0,50- 0,75	> 0,75		
		SODIO	< 0,55	0,55-1,10	1,10- 1,30	> 1,30		
			<i>kg/ha</i>					
		P, asim.	< 10	10-20	20- 30	> 30		
		N, asim.	< 45	45-90	90-150	> 150		
			<i>mg/100 g</i>					
		P, asim.	< 0,60	0,60-1,20	1,20-1,80	> 1,80		
		N, asim.	< 2,70	2,70-5,40	5,40-9,10	> 9,10		

*Suelos Perico, Matanzas, Truffin.

**Suelos Nipe, Cuyaguaje, Viñales.

Todo lo calculado fue realizado según la fórmula general siguiente:

$$N = a \cdot d \cdot F \cdot x \text{ kg/ha}$$

donde:

- N = la cantidad del elemento nutriente expresada en *kg/ha*.
- d = la densidad aparente de la capa arada, *cm*.
- F = el factor de la conversión figurada en la parte superior de la Tabla 6/I.
- x = el número de los *me* del macronutriente.

Se llega a la fórmula si se toma en cuenta, que de cualquier catión cambiante 1 *me/100 g* = 10 *kg/ha* para el caso

que la *d* = 1,0 y la altura de la capa a = 10 *cm*.

Se llama la atención al lector respecto a que la interpretación de la calificación del estado de los nutrientes tiene el alcance de la definición de «fertilidad» que aparece en la página 13 de la traducción al castellano de la obra de BENNETT y ALLISON *Los suelos de Cuba* realizada por la Comisión Nacional Cubana de la Unesco.

Para tener una recomendación precisa en cuanto a un nivel de fertilización mineral adecuada para una explotación agrícola en tipo de suelo definido, de acuerdo con el estado nutricional del suelo, es necesario una experimentación previa controlada, con el desarrollo de una red nacional de ensayos sistemáticos.

Tabla 6/I

TABLA DE CONVERSIÓN:
VALORES DE MACRONUTRIENTES: DE *me/100 g* EN *kg/ha* A DISTINTAS DENSIDADES

a, cm	d	1 <i>me/100 g</i>					
		H	NH ₄	Ca	Mg	K	Na
		(F) <i>kg/ha</i>					
10	1,0	10,0	180,4	200,4	121,6	391,0	230,0
	1,1	16,5	297,6	330,6	200,6	645,2	379,5
15	1,3	19,5	351,8	395,8	237,1	762,5	448,5
	1,5	22,5	405,9	450,9	273,6	879,8	517,5

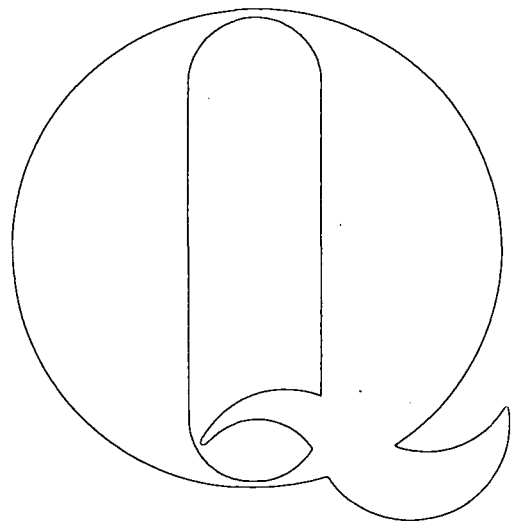
Valores de P_a, N_a, M.O.: de *mg/100 g* y % en *kg/ha* a distintas densidades

<i>mg/100 g</i>		
		<i>kg/ha</i>
10	1,0	10,0
	1,1	16,5
15	1,3	19,5
	1,5	22,5
		10 000,0
		16 500,0
		19 500,0
		22 500,0

Nota: La base de la conversión de cualquier elemento expresado en *me/100 g* es que, si la *d* = 1,00, la ha-surco de 10 *cm* pesa 1 × 10⁶ *kg* (suelo seco).

Capítulo II

***Características
químicas de las arcillas
limosas y arcillas rojas
y rojo parduscas.***



La subdivisión de estos suelos ha sido basada en dos factores principales de la edafización, son éstos: 1. el material basal y, 2. el carácter de la meteorización. Así resultan los siguientes grupos de suelos:

1. Ferríticos (sobre serpentina):

Nipe, (I)
Limonas, (II)

2. Ferralíticos: a) sobre caliza cristalizada:

Cuyaguatije, (II)

b) sobre caliza dura:

Perico, (II)
Matanzas, (II)
Truffin, (II)
Navajas, (II)

3. Ferralíticos calcáreos (sobre cocó):

Francisco, (VI)

4. Cuarzosos ferralíticos:

Ceiba, (II)

Los perfiles de los suelos investigados son de diferente profundidad y los profundos, poco diferenciados en el sentido genético.

La mayor variación en la profundidad del perfil la manifiesta el suelo *Matanzas*, el cual tiene también numerosas fases. Las fases gravilosas y pedregosas no las hemos estudiado.

I. Suelos ferríticos (aluviales sobre serpentina)

Suelo *Nipe*.

El suelo *Nipe* es una arcilla roja laterítica, es un suelo maduro.

La roca basal es serpentina cristalina, verdosa. El suelo aparentemente se deriva de esta roca. Es un material friable de color rojo oscuro, altamente ferruginoso.

Para entender mejor la composición química de este suelo, comparemos los análisis de la roca madre con el suelo (perfiles 11 y 41). La composición química de la serpentina originaria, según BENNETT Y ALLISON, es la siguiente:

SiO ₂	41,93 %
Al ₂ O ₃	2,00 %
Fe ₂ O ₃	7,84 %
MgO	34,02 %
CaO	0,50 %

En la tabla I/II, se ofrecen los resultados de los análisis elementales hechos por nosotros:

Tabla I/II

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO NIPE

Horizonte	A	B ₁	B ₂₋₃	BC
SiO ₂	16,10	16,37	10,68	7,84
Al ₂ O ₃	25,69	10,59	5,85	1,31
Fe ₂ O ₃	46,72	47,97	62,40	69,86
P.p.i.	11,30	10,98	11,11	12,63
Si ₂ /R ₂ O ₃	0,52	0,70	0,39	0,52
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,10	2,63	3,13	9,84
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,93	0,91	0,49	0,30

Como los resultados de los análisis químicos nos indican, durante el proceso

de la meteorización, la roca originaria perdió por lixiviación la mayor parte de la sílice y por esta causa aumentó su contenido de aluminio y de hierro. El 80 % de la parte arcillosa es mineral de hierro; la caolinita y la gypsita perdieron su importancia.

Debido al alto contenido de magnesio de la roca originaria, en el primer proceso de meteorización, aumentó el pH; por esta causa fue lo suficientemente alto para lixiviar la sílice como consecuencia del exceso de lluvias. Después, disolvió el magnesio y aumentó el hierro y el aluminio, los cuales son insolubles. A causa de la mucha lixiviación y la alta temperatura, las partes gruesas se descompusieron y produjeron una arcilla de alto contenido coloidal. En esta parte coloidal, el hierro originó otros minerales derivados suyos como hematita, especialmente en laterita madura.

Este tipo del suelo *Nipe* (No. 11) es de la provincia de Pinar del Río. Según la descripción de BENNETT, en la provincia de Oriente este suelo contiene mayor por ciento de hierro.

En los suelos *Nipe* las relaciones moleculares entre la sílice y los sesquióxidos (véase en la tabla 1/II), son excesivamente bajas, lo que significa que el material del suelo es altamente meteorizado; es decir, la meteorización ha avanzado casi al máximo (SiO_2/R_2O_3 menor de 1). La meteorización intensa de la serpentina ha borrado casi totalmente la influencia de la roca basal.

El *Nipe* 11 tiene concreciones abundantes, en el *Nipe* 41 no se encuentran muchas. Posiblemente, el *Nipe* 11 es un suelo más antiguo o recibió más lluvia. Esto se infiere del análisis del aluminio y del hierro móviles. Los resultados figuran en la tabla 2/II.

La cantidad de aluminio y de hierro móviles depende de la cantidad de la fracción arcilla. Por eso, sus resultados los expresamos en *me/100 g*, dividida por el por ciento de la parte arcillosa.

Los datos señalan claramente que los movimientos del hierro en ambos perfiles, en los primeros horizontes, son los mayores, y disminuyen hacia los planos más profundos. El movimiento del hierro en el perfil 41, donde no hemos encontrado tantos perdigones, es mayor. El valor relativo es superior a 1.

En los suelos *Nipe*, según las investigaciones morfológicas y químicas, pueden distinguirse cuatro secciones.

Los perfiles 11 y 41 son moderadamente ácidos; su higroscopicidad es demasiado baja para una arcilla. Pero, como hemos mencionado anteriormente, que su parte arcillosa contiene alrededor de 70-80 % de minerales de hierro, es lógica su baja higroscopicidad. Por esta parte son suelos friables y de buen drenaje interno.

Tabla 2/II

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVIL

Horizonte, cm	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)
	Móvil, me/fracción arcilla, %	
<i>Perfil 11</i>		
0- 45	0,03	0,39
45-120	0,14	0,45
120-208	0,14	0,07
208-218	0,18	0,05
<i>Perfil 41</i>		
0- 15	0,14	1,04
15- 65	0,21	0,82
65-115	0,16	0,54
115-185	0,14	0,41

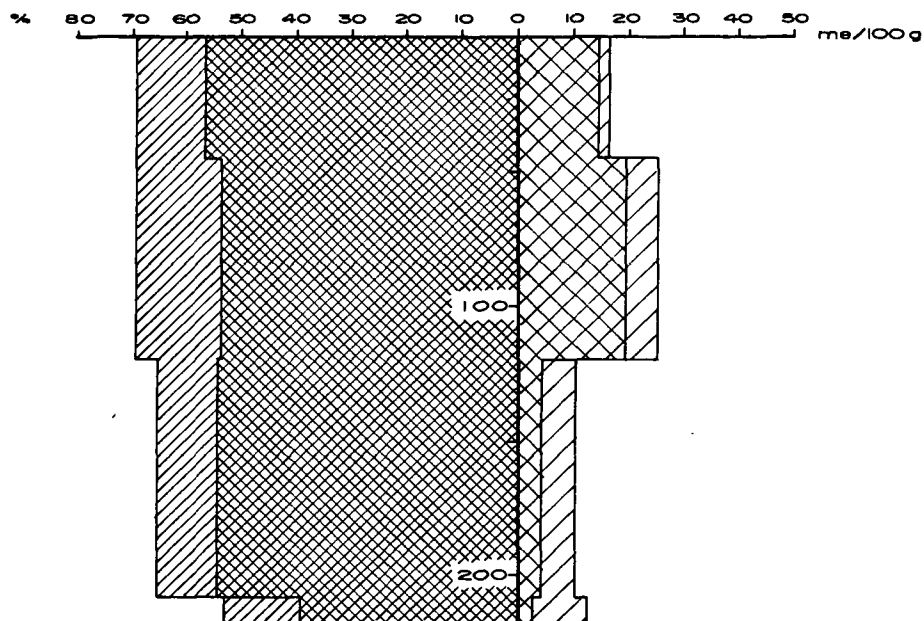
Estos suelos han perdido la mayor parte de sus bases a través de lixiviación intensa lo cual es el resultado del clima húmedo y caliente. Los datos de los cationes intercambiables, la materia orgánica y el fósforo asimilable señalan que es un tipo de suelo muy pobre en elementos nutrientes para las plantas. El material del suelo es, en su mayoría, hierro. Por

eso, es difícil tener en estos suelos buenos cultivos. Todos los nutrientes son insuficientes, y pueden ser empleados, lo que es tal vez su mejor explotación, para bosques de especies aciculares rústicas, que

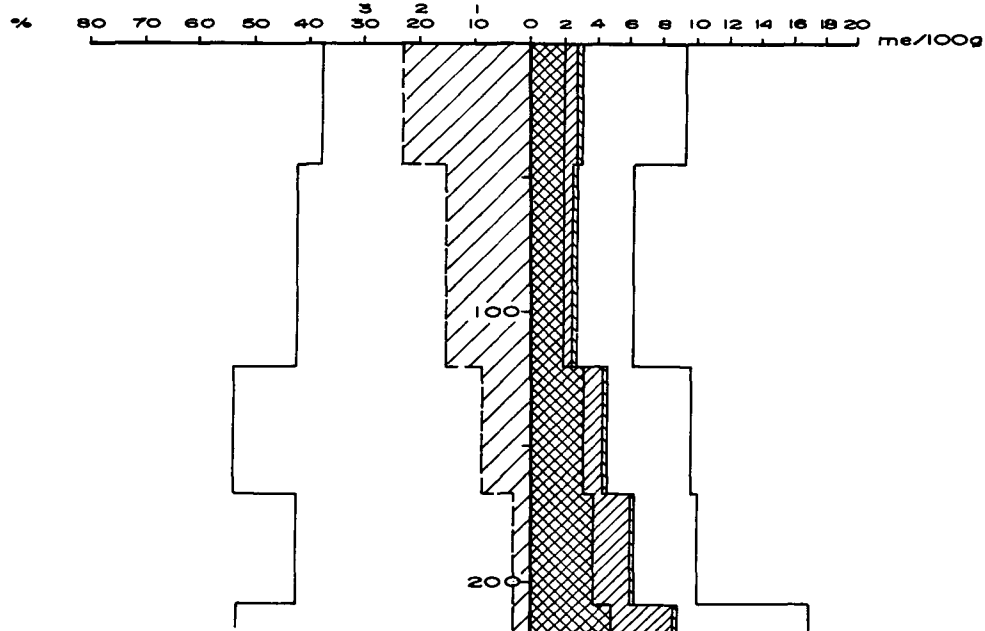
se adapten a las condiciones de aridez y sequedad.

Estos suelos difícilmente admiten una agricultura económica, y tienen una gran porosidad por el estado floculado de sus

NIPE II



Gráfica 1/II-1



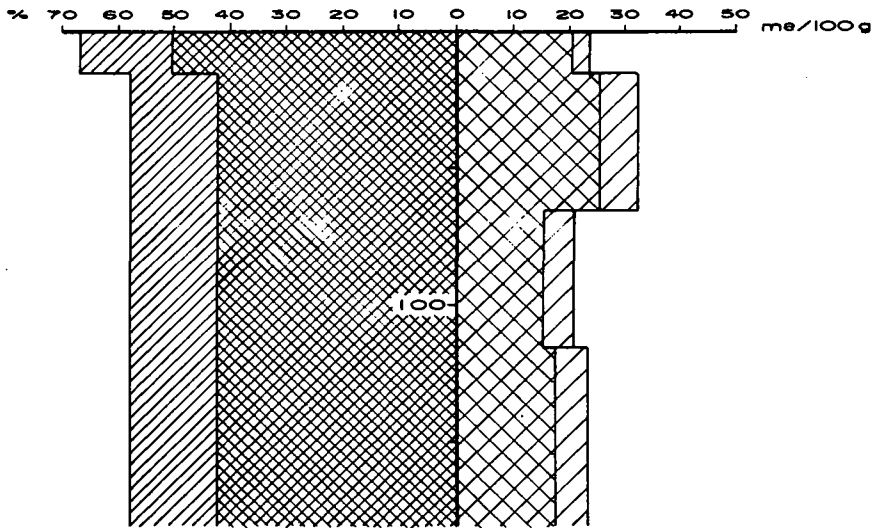
Gráfica 2/II-2

coloides. Esto ocurre con los suelos tropicales, que por su pérdida de sílice y calcio, son de una meteorización extrema, y retienen el hierro y el aluminio.

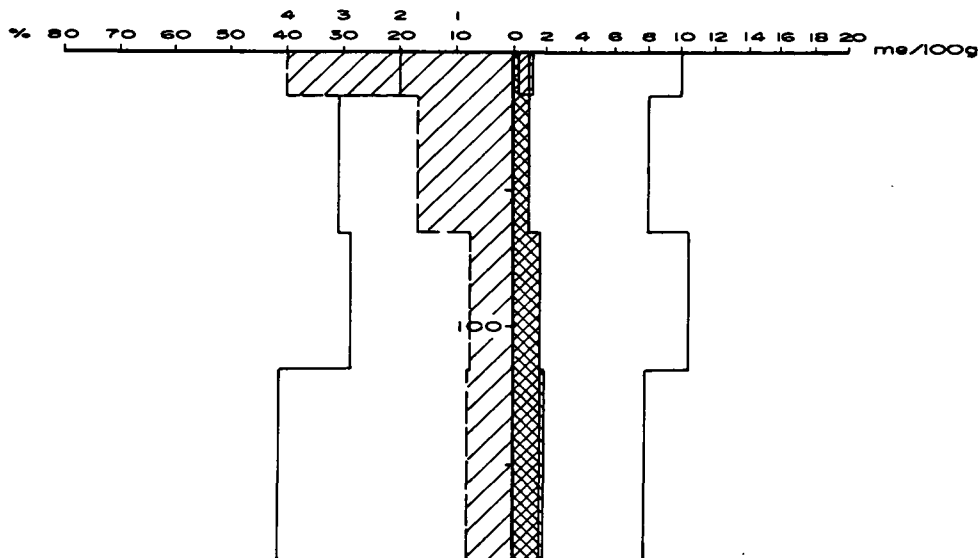
A continuación sigue la descripción

de los perfiles investigados, y además las gráficas 1-4/II, y las tablas 3-5/II, adjuntos que sirvieron, parcialmente de base para las evaluaciones anteriores.

NIPE 41



Gráfica 3/II-1



Gráfica 4/II-2

Descripción del perfil 11

Suelo NIPE

Textura: Arcilla.

Topografía: Alomada, altura apx. 50 m s.n.m.m.

Hoja: 3584 III Pan de Guajaibón, coord. 244.4-334.3

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A 0-45 cm Arcilla friable color rojo oscuro con abundantes perdigones medianos y pequeños, ferruginosos redondos. De reacción poco ácida. Con buen desarrollo radicular hasta 15 cm.

*B*₁ 45-120 cm Arcilla friable, color rojo, con perdigones, pero en menor escala y en mayor tamaño (0,5 hasta 0,6 cm). Se observan muy pocas raíces de las cuales hay algunas parcialmente descompuestas. Arcilla más ligera que la anterior. De reacción poco ácida.

*B*₂ 120-167 cm Arcilla pesada, color rojo

pardusco con menos cantidad de perdigones pequeños, algo plástica. De estructura fragmentaria. Algunas raíces parcialmente descompuestas.

*B*₃ 167-218 cm Arcilla pesada, pardo-amarillento-rojizo, friable, con algunas vetas de tono amarillento y presenta algún material ocre. No se observan perdigones. De reacción poco ácida. En este horizonte se encontró un material de color rojo intenso, plástico, con moteaduras blancas, y da la idea que aumenta a medida que se profundiza.

Descripción del perfil 41

Suelo Nipe.

Textura: De arcilla loamosa a arcilla.

Topografía: Alomada, altura 300 m s.n.m.m.

Hoja: Miranda, coord. 10.8-01.4.

Situación: Provincia de Oriente.

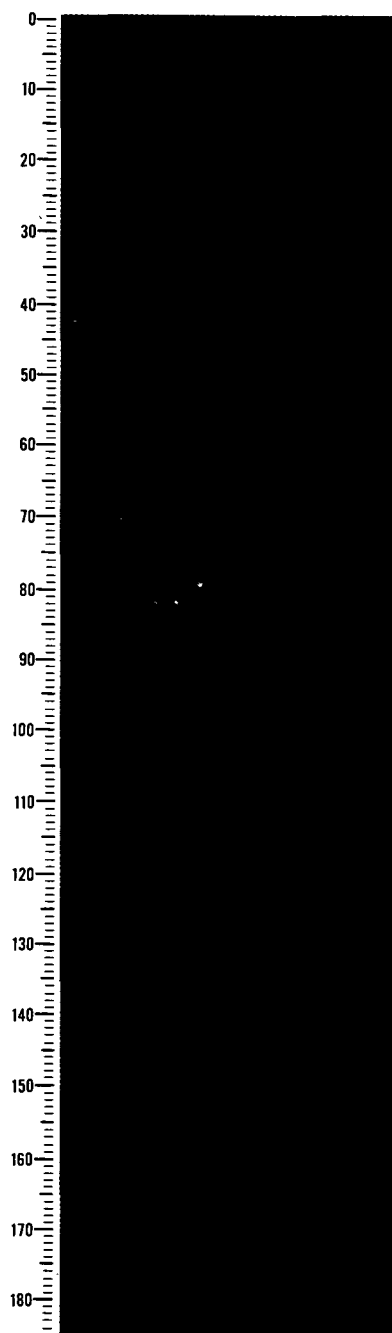
A 0-15 cm Arcilla loamosa, color rojo oscuro, friable. Algunos perdigones negros, de hierro, muy pequeños. Buen sistema radicular. De reacción ácida.

*B*₁₋₂ 15-150 cm Arcilla loamosa, color rojo oscuro, friable. No

contiene concreciones de hierro ni perdigones. Sistema radicular pobre. De reacción ácida.

*B*₃ 150-185 cm Arcilla de color rojo amarillento, friable. No contiene perdigones. De reacción poco ácida.

PERFIL No. 11



ARCILLA Nipe

Tabla 3/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (hy)	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr.	Camb.				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			(y ₁)	(y ₂)						
			me/100 g					mg/100 g		
<i>Perfil 11</i>										
0- 45	6,0	6,0	1,15	—	—	4,24	2,34	130	3	1,6
45-120	6,0	6,0	0,85	—	—	3,00	1,56	110	2	
120-167	6,0	6,0	1,0	—	—	5,15	0,89			
167-208	6,0	6,0	1,15	—	—	4,85	0,33			
208-218	6,3	6,3	1,54	—	—	8,19	0,33			
<i>Perfil 41</i>										
0- 15	6,0	6,0	2,18	—	—	4,15	4,0	230	6	0,8
15- 65	6,5	6,0	0,87	—	—	3,25	1,72	120	2	
65-115	6,5	6,0	0,74	—	—	3,15	0,78			
115-185	6,5	6,5	0,74	—	—	4,15	0,86			

Tabla 4/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil 11</i>								
0- 45	7,38	2,98	4,40	40	2,0	0,74	0,05	0,19
45-120	6,10	2,70	3,40	44	2,0	0,54	0,03	0,13
120-167	9,57	4,27	5,30	45	3,25	0,90	0,01	0,11
167-208	9,93	6,03	3,90	61	3,75	2,16	0,01	0,11
208-218	16,77	8,57	8,20	51	4,75	3,70	0,01	0,11
<i>Perfil 41</i>								
0- 15	10,02	0,82	9,20	8	0,12	0,64	0,05	0,01
15- 65	8,07	0,87	7,20	11	0,87	—	—	—
65-115	10,20	1,50	8,70	15	1,50	—	—	—
115-185	7,77	1,65	6,12	21	1,50	—	0,06	0,09

Tabla 5/II
DISPONIBILIDAD DE MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil 11</i>						
kg/ha	660	150	30	70	26	50
Nivel	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Mediano
<i>Perfil 41</i>						
kg/ha	40	130	30	4	100	13
Nivel	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Mediano	Bajo

Suelo LIMONES

Es un suelo poco profundo, y en su mayoría arcilla sustentada por serpentina parcialmente descompuesta.

Por su análisis elemental se puede decir que el perfil es de un suelo joven. Se encuentra en la fase semidescompuesta de la serpentina.

Tabla 6/II
ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	22	
Horizonte, cm	0-10	10-60
SiO ₂	50,12	50,06
Al ₂ O ₃	7,29	10,60
Fe ₂ O ₃	20,00	14,81
MnO	1,83	1,61
CaO	1,84	2,30
MgO	3,60	5,20
K ₂ O	1,00	0,60
Na ₂ O	0,88	0,60
P ₂ O ₃	0,10	0,16
P.p.i.	12,83	13,06
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,26	4,25

Comparando los resultados anteriores con los análisis de la roca originaria, se demuestra claramente que los silicatos no han cambiado todavía, pero el magnesio ya disminuyó, y aumentaron el hierro y el aluminio; es un estado muy joven de descomposición por meteorización. En el perfil, en toda su profundidad, se encuentra roca cristalina de serpentina, semidescompuesta y descompuesta. Las muestras están molidas con las serpentininas semidescompuestas (blandas).

Si este perfil perdiera su contenido de sílice, tendría composición total parecida a la del suelo *Nipe*. Por tal contenido de sílice, este suelo tiene distinta relación molecular por el *Nipe* (véase en la tabla 6/II).

Las cantidades del aluminio y del hierro móviles son indicadas en la tabla 7/II.

Los datos significan que en este perfil la meteorización no ha avanzado mucho.

Tabla 7/II

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)
	Móvil, me/fración arcilla, %	
	Perfil 22	
0-10	0,27	0,60
10-60	0,28	0,64

En el perfil del suelo *Limonas* pueden distinguirse tres secciones, en las que los dos últimos son muy semejantes.

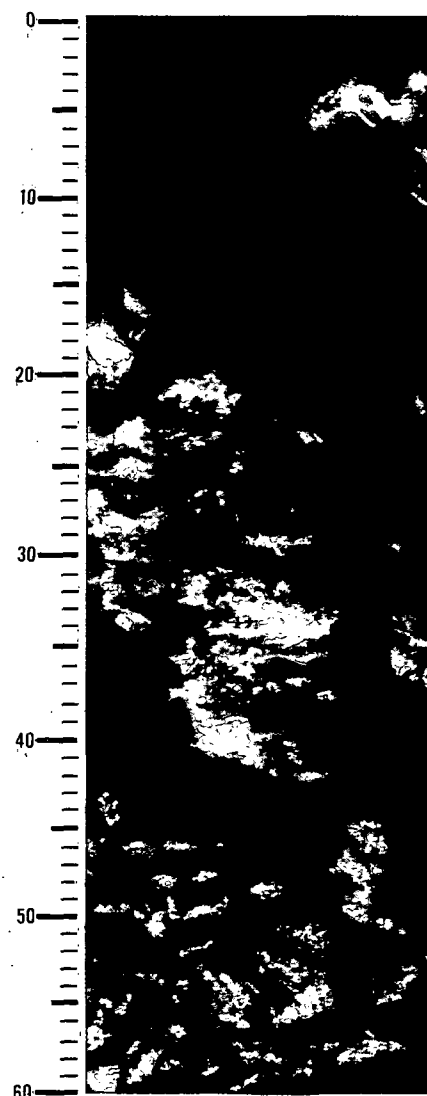
El suelo *Limonas* casi no tiene carbonatos. Su contenido de materia orgánica es bajo. Porque se deriva de roca serpentina, tiene un alto contenido de magnesio, como lo indican los datos de los cationes cambiables. Expresado en % de la suma de los cationes (del valor de *S*) el magnesio es igual a 90 % en promedio en el perfil. Si este índice en un suelo es superior a 30 %, el suelo se califica como magnésico. Por esta razón se puede entender por qué el suelo *Limonas* no es productivo: su exceso de magnesio ya es tóxico.

Su baja productividad no es causada solamente por su alto contenido de magnesio, sino también por deficiencia de los demás elementos nutrientes, como el potasio y el fósforo.

Su deficiencia en calcio se puede mejorar mucho por encalado. En este caso, primero cambiará la proporción de los cationes intercambiables. Sin encalado no puede dar buenos resultados ningún experimento con abonos minerales en el suelo *Limonas*.

Si se tiene en cuenta la higroscopicidad (*hy*) y los valores de *T* y *S* se puede presumir que en la parte arcillosa del suelo *Limonas* predominarán los minerales de las arcillas montmorillonoides. Se necesitan investigaciones más detalladas para averiguar esta cuestión.

PERFIL No. 22

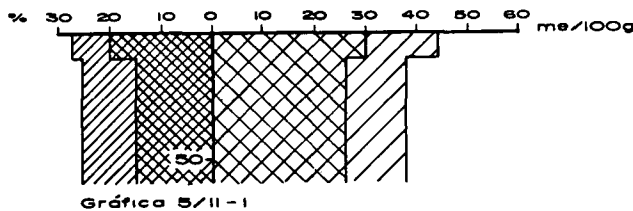


ARCILLA Limones

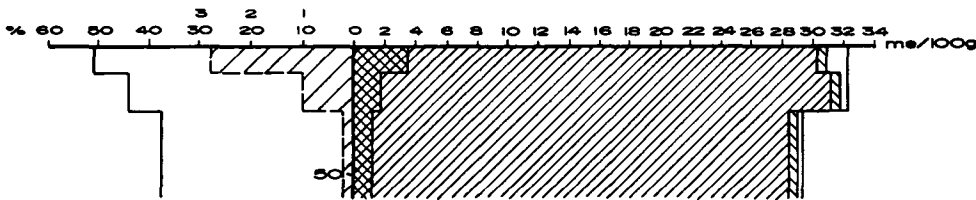
Sigue la descripción del perfil investigado; además, las gráficas 5 y 6/II y las tablas 8-10/II representan, detallada-

mente, los valores numéricos de las características químicas del suelo *Limonos* investigado por nosotros.

LIMONES 22



Gráfica 5/II-1



Gráfica 6/II-2

Descripción del perfil 22

Suelo *Limonos*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Ligeramente alomada, altura 75 m s.n.m.m.

Hoja: Santa Clara, coord. 292.2-622.4.

Situación: Provincia de Las Villas.

A 0-10 cm Arcilla rojo oscuro, con un viso purpúreo. Al secarse se disgrega en terrones semiduros. Algunos fragmentos de roca originaria, serpentina verde. El carbonato de calcio no está presente. Contiene concreciones de hierro muy duras, negras y rojas oscuras.

B 10-25 cm Arcilla roja, la cual se agrieta al secarse y forma terrones de tamaño pequeño y mediano, semidu-

ros. Fragmentos de roca originaria, verde. De reacción poco ácida. En la parte inferior contiene fragmentos más o menos descompuestos de la roca madre.

C 25-60 cm Roca madre medianamente descompuesta de color verde y rojo. En la parte inferior contiene fragmentos duros de la serpentina originaria. De reacción casi neutra.

Tabla 8/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M.O.</i>)	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			me/100 g							
0-10	7,0	6,3	1,33	—	2,2	12,70	2,78	160	4	0,8
10-25	7,0	6,5	0,61	—	2,2	16,64	1,0			0,2
25-60	7,0	7,0	0,50	—	2,7	18,0	0,17			

Tabla 9/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de				V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S	me/100 g		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g					me/100 g			
0-10	32,21	30,81	1,40	95	3,50	26,77	0,39	0,15	
10-25	32,21	31,61	0,60	97	1,75	29,45	0,26	0,15	
25-60	28,95	28,45	0,50	99	1,50	26,64	0,17	0,14	

Tabla 10/II
DISPONIBILIDAD DE MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	1150	5350	250	60	65	13
Nivel	Muy bajo	Muy alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

2. Suelos ferralíticos

a) Sobre caliza cristalizada

Suelo CUYAGUATEJE

Es una arcilla roja, derivada de caliza cristalizada y por lixiviación intensa, muy ácida.

La meteorización de la caliza ha avanzado mucho; desapareció del perfil casi totalmente la cal y por esto aumentó relativamente el hierro y el aluminio. La mayoría de la sílice es cuarzo, la que no se disuelve y no se lixivía.

Los datos figurados en la tabla 11/II demuestran que las cantidades del hierro móvil son muy pequeñas, lo que es el caso, generalmente, en un suelo altamente meteorizado, maduro.

En el perfil del suelo *Cuyaguaje* pueden distinguirse dos secciones distintas, las cuales se subdividen en subhorizontes según sus características morfológicas.

El suelo *Cuyaguaje* está fuertemente lavado. Tiene acidez cambiabile, pero no se encuentra aluminio cambiabile. Los datos de saturación por bases son bajos por la intensa lixiviación del perfil. Estos son muy parecidos a los del perfil

Nipe 41. El suelo *Cuyaguateje* tiene insuficiencia en todos los elementos nutrientes, excepto el potasio, el cual se encuentra en cantidad relativamente alta en la capa superficial.

El contenido de materia orgánica es bajo y el del fósforo asimilable también. Se recomienda encalar este suelo para

umentar la eficiencia de la aplicación de los fertilizantes.

Sigue la descripción del perfil del suelo *Cuyaguateje* investigado, las gráficas 7 y 8/II, y, además, las tablas 12-14/II que representan, detalladamente, los valores numéricos de las características químicas del suelo *Cuyaguateje*.

Tabla 11/II
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil me/100 g de suelo		Móvil me/fracción arcilla, %	
0- 40	17,1	6,1	0,28	0,10
40-115	14,6	7,0	0,23	0,11
115-165	13,0	3,3	0,20	0,05
165-200	14,3	4,8	0,21	0,07

Descripción del perfil 14

Suelo *Cuyaguateje*.

Textura: Arcilla loamosa.

Topografía: Ondulada, suavemente alomada, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 338 IV Mantua, coord. 163.6-274.5.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

*A*₁ 0- 20 cm Arcilla loamosa, de color rojo con un viso pardusco. Algo húmeda, con buen desarrollo radicular. Pequeños granos de cuarzo; perdigones de hierro. De reacción ácida.

*A*₂ 20- 40 cm Arcilla loamosa, de color rojo ladrillo. Más húmeda que en el anterior. De reacción ácida. Se observan galerías de insectos, y raíces.

*B*₁ 40- 65 cm Arcilla loamosa, de color rojo. Húmedo. De reacción ácida. Se observan

galerías de insectos y se encuentran raíces.

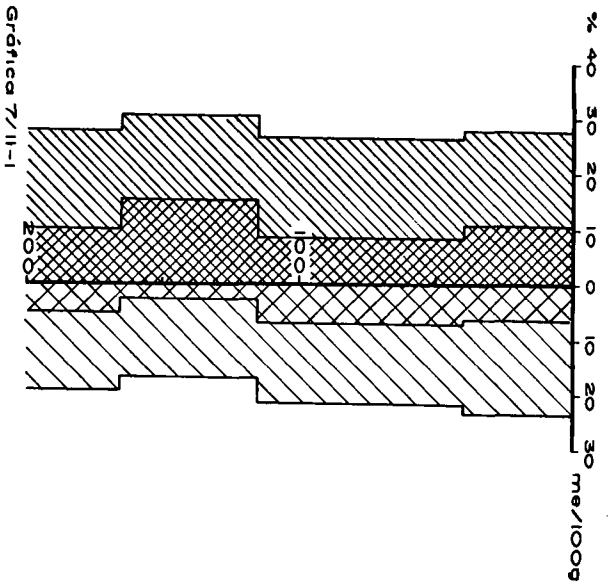
*B*₁ 65-115 cm Arcilla loamosa de color rojo, algo compacta. Aumenta la humedad. De reacción ácida. Se observan raíces.

*B*₂ 115-165 cm Arcilla loamosa, de color rojo, compacta. Aumenta la humedad.

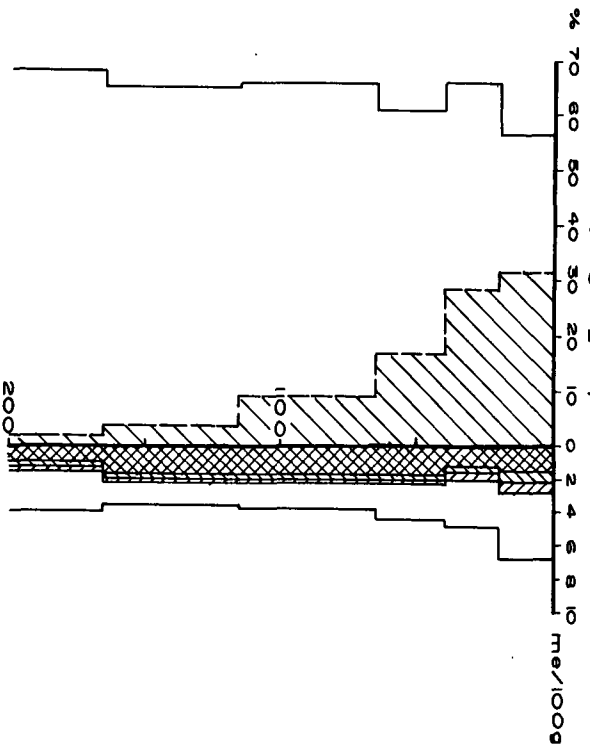
*B*₃ 165-200 cm Arcilla loamosa, de color rojo. Se encuentran fragmentos y granos de cuarzo, aumentan con la profundidad en cantidad y en tamaño. Sin cultivar hace 10 años.

Uso actual: pastos.

CUYAQUATEJE 14

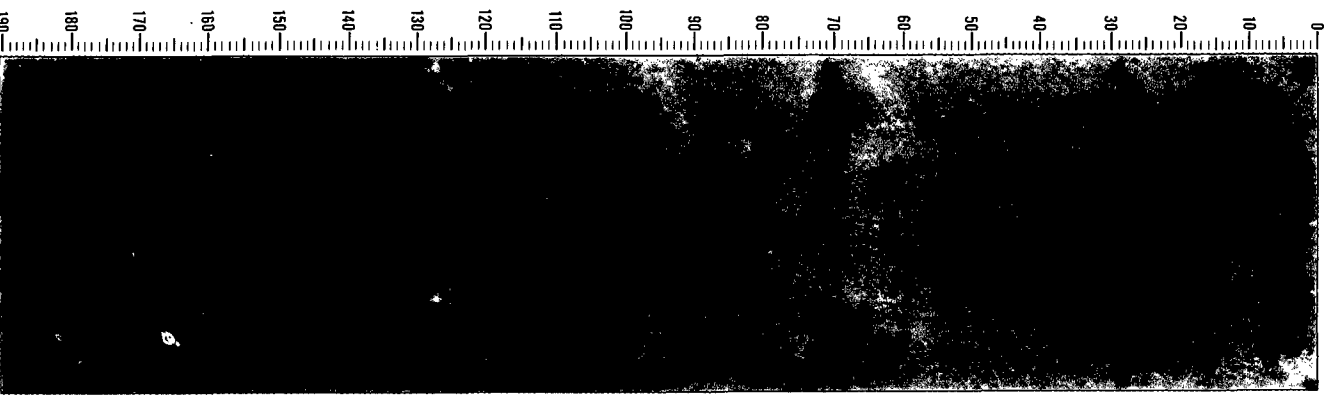


Gráfica 7/11-1



Gráfica 8/11-2

PERFIL No. 14



ARCILLA Cuyaguateteje

Tabla 12/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 20	5,9	4,5	3,73	0,74	—	4,82	3,13	190	13	1,6
20- 40	6,0	5,5	2,67	0,53	—	3,37	2,85	170	10	1,5
40- 65	6,2	6,0	1,94	0,39	—	3,84	1,70	100	7	1,3
65-115	6,2	6,0	1,44	0,29	—	3,03	0,89	50	6	
115-165	6,5	6,5	1,09	0,22	—	3,31	0,33			
165-200	5,5	5,5	1,98	0,39	—	3,41	0,17			

Tabla 13/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de				V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S	me/100 g		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g					me/100 g			
0- 20	6,74	2,71	4,03	40	1,50	0,61	0,47	0,13	
20- 40	4,74	1,61	3,13	34	1,25	0,13	0,12	0,11	
40- 65	4,42	2,09	2,33	47	1,75	0,21	0,03	0,10	
65-115	3,65	1,87	1,78	51	1,75	0,05	—	0,07	
115-165	3,76	1,89	1,87	50	1,75	0,05	—	0,09	
165-200	3,95	1,09	2,86	27	1,0	0,05	—	0,04	

Tabla 14/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	500	120	300	50	215	26
Nivel	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Alto	Mediano

b) Sobre caliza dura

Suelos PERICO, MATANZAS, TRUFFIN y NAVAJAS

Estos suelos son arcillas rojas lavadas o ligeramente lavadas, derivados de caliza.

La más importante característica de estos suelos rojos es su uniformidad química desde la superficie hacia abajo, hasta la caliza, la cual representa el ma-

terial originario. Todos los suelos *Matanzas*, BENNETT, en la página 45 de su obra, material, el cual se ha meteorizado con tal uniformidad que no muestra cambios que puedan apreciarse, a menudo hasta profundidades de más de 4,5 m.

Al discutir las características de los miembros de la familia de suelo *Matanzas*, BENNETT, en la página 45 de su obra, dice que en estos perfiles no «hay diferenciación, es decir, hay una sola capa

hasta la roca madre. En algunos puede encontrarse un material amarillo y parcialmente descompuesto directamente sobre la caliza no meteorizada. El material meteorizado representa el primer

zón, la cantidad relativa de hierro puede aumentar fuertemente por meteorización.

Los valores correspondientes de la relación $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ en los suelos derivados

Tabla 15/II

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO MATANZAS

Horizonte	1			2		
	A	B ₁	B ₂	A	B ₁	B ₂
SiO ₂	31,50	31,38	34,01	26,77	28,30	27,05
Al ₂ O ₃	29,53	31,98	32,54	11,79	12,29	9,40
Fe ₂ O ₃	14,35	14,00	13,77	21,16	25,76	29,09
P.p.i.	15,83	14,69	13,86	15,51	13,98	13,10
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,38	1,30	1,40	1,81	1,67	1,64
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,80	1,67	1,78	3,88	3,91	4,65
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	5,82	5,96	6,61	3,38	2,93	2,48

paso hacia la formación del suelo a partir de los estratos originales situados abajo».

En las tablas 15-17/II, se presentan los resultados de los análisis elementales referentes a los perfiles investigados.

de caliza dependen de la roca originaria, la cual contiene diferentes cantidades de cuarzo, en diferentes lugares. El más bajo resultado lo da el suelo *Truffin* (tiene menor cantidad de silicatos).

Tabla 16/II

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO PERICO

Horizonte	A	B	BC	C
SiO ₂	36,79	37,71	38,65	40,37
Al ₂ O ₃	27,07	27,81	26,58	27,37
Fe ₂ O ₃	16,39	14,35	13,72	13,30
P.p.i.	15,14	13,04	12,77	12,58
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,70	1,74	1,86	1,92
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,31	2,31	2,47	2,51
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	6,39	7,04	7,56	8,12

Comparando los análisis en los diferentes perfiles no habrá duda ninguna sobre su origen. La meteorización ha avanzado bien. El carbonato de calcio desapareció y el hierro y el aluminio aumentaron, especialmente en el suelo *Truffin*, donde se encuentra menor cantidad de sílice al igual que en el perfil del suelo *Cuyaguatje*. Aquí se encuentra mayor cantidad de sílice, en su mayoría cuarzo, en la parte coloidal. Por esta ra-

Tabla 17/II

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO TRUFFIN

Horizonte	A	B	BC	C ₁	C ₂
SiO ₂	38,39	38,35	39,26	40,08	48,22
Al ₂ O ₃	29,09	31,39	31,12	30,27	18,54
Fe ₂ O ₃	11,52	13,01	12,68	12,21	9,11
P.p.i.	17,10	14,25	13,94	13,10	13,14
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,79	1,64	1,70	1,79	3,35
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,24	2,08	2,14	2,25	4,40
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	8,94	7,87	8,22	8,70	14,07

Los resultados de hierro móvil (los que representamos en la tabla 18/II, junto al aluminio móvil) se refieren a suelos maduros, con su bajo contenido de hierro móvil en los suelos rojos.

La acidez disminuye en todos los perfiles hacia la roca basal. La mayor disminución se encuentra en los perfiles *Perico* y *Matanzas 2*, hasta 40 y 30 cm respectivamente y la menor en el perfil *Truffin* el cual es casi neutro.

Aunque el perfil de *Navajas* no contiene un alto % de la parte arcillosa, tiene el mayor % de la humedad higroscópica. En todos los perfiles de estos tipos de arcilla roja, en la segunda capa, hay una zona más compacta por mala preparación de los suelos. En *Perico* se encuentra entre 12-20 cm; en *Matanzas 2* entre 10-30 cm, en *Matanzas 30*, entre 23-40 y *Truffin* entre 40-57 cm la higroscopicidad aumenta en estas regiones.

después de una lluvia, el agua desaparece rápidamente, y se seca la masa del suelo; el agua juega un papel poco importante en la formación de los mismos. Naturalmente, esto explica que este perfil *Matanzas 2* tenga tan bajo contenido coloidal. (No se refleja esto en la tabla 13/V, Tomo II de esta obra, donde la parte coloidal constituye sólo una parte de la fracción arcilla, la cual figura en la tabla mencionada.)

Tabla 18/II
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Suelo	Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
		Móvil		Móvil	
		me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>Matanzas</i> , 2	0- 30	15,4	23,5	0,18	0,28
	30-150	13,3	18,3	0,18	0,28
	30	0- 40	14,5	18,6	0,18
<i>Navajas</i> , 24	40-110	16,8	25,5	0,21	0,32
	110-165	18,7	7,2	0,26	0,10
	0- 20	11,6	18,8	0,21	0,34
<i>Perico</i> , 1	20- 80	13,1	11,9	0,21	0,19
	0- 42	13,1	16,2	0,18	0,22
	42-155	11,4	15,4	0,14	0,19
<i>Truffin</i> , 3	155-200	13,4	21,0	0,16	0,25
	0- 40	12,3	12,3	0,23	0,23
	40-170	20,0	20,0	0,25	0,25
<i>Truffin</i> , 3	170-200	22,6	22,6	0,27	0,27

Los datos de la higroscopicidad indican que el perfil más ligero es el *Matanzas*. Esto es natural, y fue comprobado así en la trinchera; aquí la roca madre se encontró a los 130 cm. No pudo observarse ninguna diferenciación entre los horizontes y el inmediato encima de la roca madre.

La roca es muy compacta, y tiene grietas por donde la lluvia corre rápidamente hacia planos profundos e influye poco en la roca madre. También tiene huecos, que contienen agua y material pulverulento de la misma roca. En las condiciones de la trinchera nuestra, el agua en estos suelos no puede elevarse y por eso,

El agua de lluvia desaparece en las profundidades, y quedan pequeñas cantidades dentro de los huecos. El suelo se seca rápidamente y el agua no tiene tiempo de atacar con fuerza los minerales. La presencia de las raíces en los perfiles, en orden de abundancia, es: *Perico*, *Matanzas*, *Truffin*, debido entre otras razones, a su menor o mayor compactación. En el perfil de *Matanzas 2* no hay tantas raíces como en el *Perico*, porque aparentemente en el perfil *Matanzas 2* hay problema de sequedad del suelo.

La mayor cantidad de calcio intercambiable se encuentra en los perfiles de *Navajas* y de *Truffin*, y la menor cantidad

de magnesio, en estos mismos. El contenido de calcio baja con la profundidad, y el magnesio sube en poca cantidad.

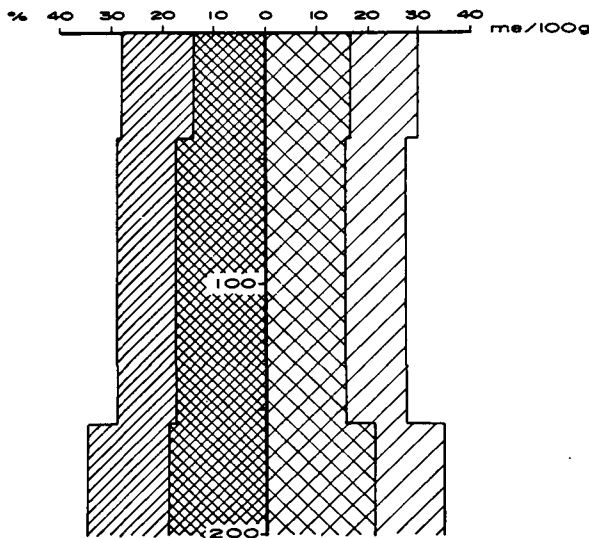
En los perfiles de *Perico 1* y *Matanzas 2*, los dos cationes intercambiables son iguales.

Esto hace presumir aparentemente una roca madre diferente en los perfiles.

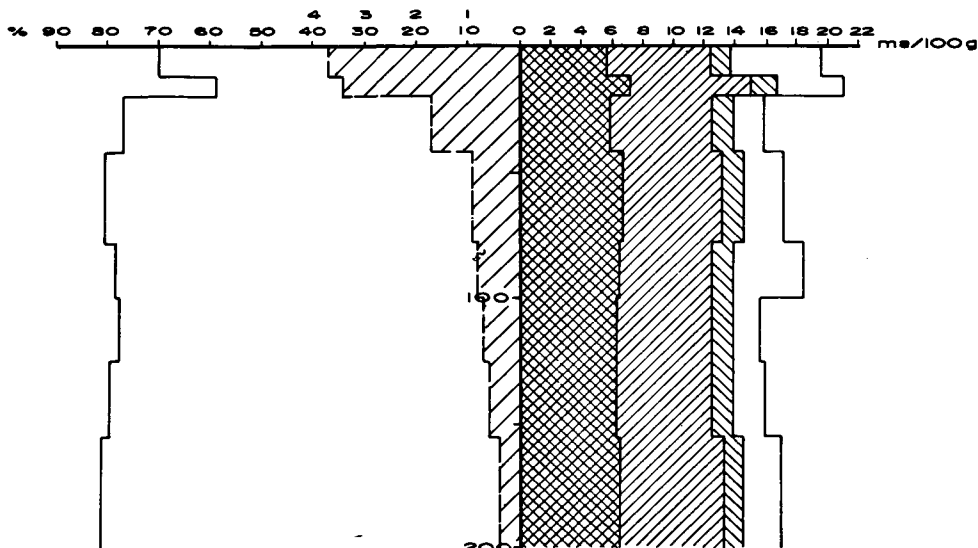
En *Matanzas 30* no se encuentra magnesio intercambiabile en considerable cantidad.

La influencia mayor del calcio se encuentra en *Matanzas 30*, *Truffin 3* y *Navajas 24*. Son suelos cálcicos. En todos éstos, la cantidad del calcio intercambiabile es superior a 80 % del valor de S. El

PERICO I

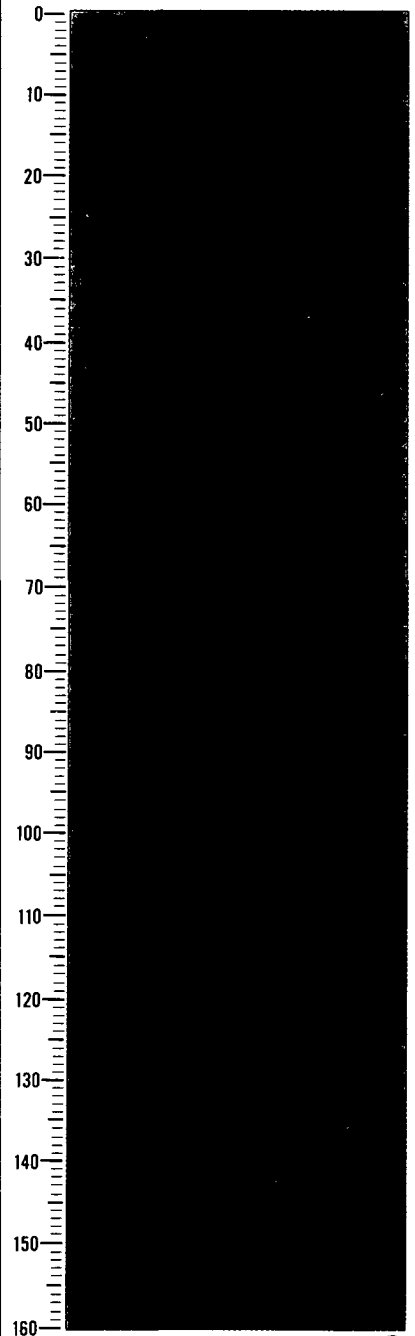


Gráfica 9/II-1



Gráfica 10/II-2

PERFIL No. 1



ARCILLA Perico

Perico 1 y el *Matanzas 2*, son suelos de calcio y magnesio, porque ambos cationes cambiables tienen influencia sobre la calidad del suelo. El magnesio cambiable está en un contenido mayor al 30 % del valor de *S*.

En la capa vegetal ninguno de estos dos perfiles tiene suficiente calcio.

Para mejorar las condiciones químicas

en el *Perico 1* y en el *Matanzas 2*, habría que efectuar una enmienda adecuada.

Sigue la descripción de los perfiles investigados y los datos químicos detallados referentes a los mismos en las tablas 19-30/II, adjuntas. Las gráficas 9-18/II, facilitarán entender todo lo discutido anteriormente.

Descripción del perfil 1

Suelo *Perico*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 3784 III Surgidero de Batabanó, coord. 364.650-329.450.

Situación: Finca La Remonta, Provincia de La Habana.

<i>A</i> ₁	0- 12 <i>cm</i> Arcilla dura, poco friable, rojo pardusco, por su contenido de materia orgánica. Tierra seca, buen desarrollo radicular.		lería de insectos y lombrices. Estas galerías están llenas de arcilla dura poligonal. De reacción ácida.
<i>A</i> ₂	12- 20 <i>cm</i> Arcilla dura, compacta, de color rojo pardusco por su contenido de materia orgánica. Poca humedad, buen desarrollo radicular, de reacción ácida.	<i>B</i> ₂	78-100 <i>cm</i> Arcilla compacta, de color rojo claro, poco pegajosa. Contiene más humedad que la anterior. Muchas raíces y algunos hongos. Es la capa más húmeda.
<i>B</i> ₁	20- 42 <i>cm</i> Arcilla dura, compacta, de color roja, muy pegajosa, la más pegajosa entre todas las capas por su contenido de hierro coloidal. Más húmedo que el anterior, muchas raíces.	<i>B</i> ₂	100-125 <i>cm</i> Como la capa anterior con menos humedad.
<i>B</i> ₁	42- 78 <i>cm</i> Arcilla dura, compacta, de color rojo. Menos pegajosa que la capa anterior; muchas raíces, algunas también carbonizadas. En la región de 40-50 <i>cm</i> hay numerosos huecos pequeños, ga-	<i>BC</i>	125-155 <i>cm</i> Como la capa anterior con menos hierro coloidal.
		<i>C</i>	155-200 <i>cm</i> Arcilla poco friable de color rojo, colorado pardusco, amarillo. El rojo pardusco (60-70 %) contiene muy pequeños perdigones de hierro y muchas raíces carbonizadas. Se encuentran raíces hasta 180 <i>cm</i> . Hasta 150 <i>cm</i> no contiene perdigones; éstos apare-

cen en la capa colorada. En el área de la trinchera se observaron buenas plantaciones de caña,

plátano y malanga, con regadío. El área donde se hizo la trinchera está bajo regadío.

Tabla 19/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (Pa)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 12	6,9	5,2	5,04	—	—	4,71	3,70	260	8	2,84
12- 20	7,0	5,7	2,40	—	—	4,50	3,40	200	6	1,48
20- 42	7,0	5,8	1,60	—	—	4,92	1,70	130	4	0,20
42- 78	7,0	5,7	1,90	—	—	4,83	0,90	90	3	0,36
78-100	6,8	5,9	1,80	—	—	4,68	0,80	90	2	0,36
100-125	6,9	5,9	1,04	—	—	4,68	0,70	70		0,24
125-155	6,9	6,1	1,10	—	—	4,65				0,24
155-200	6,8	6,2	1,04	—	—	4,82				0,12

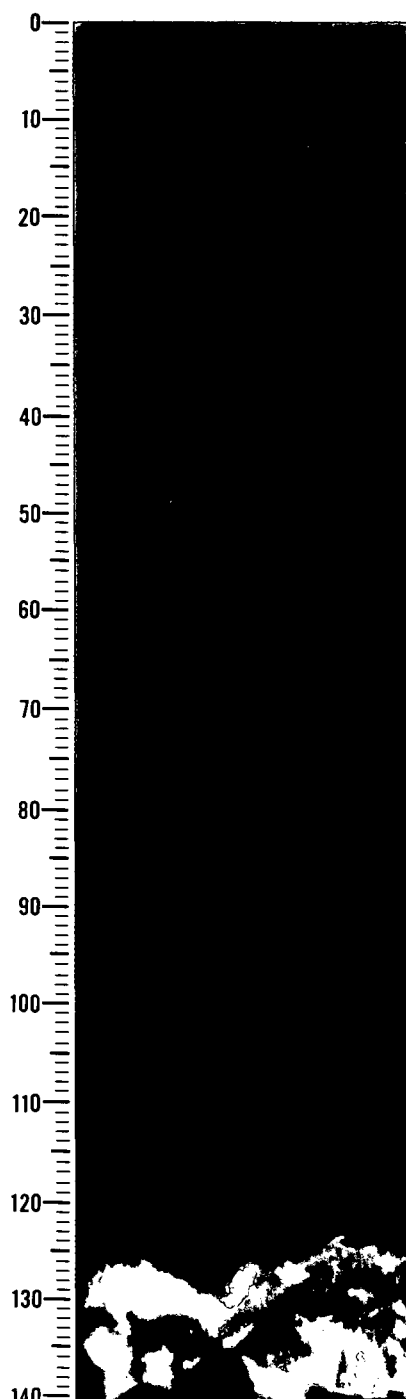
Tabla 20/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				mg/100 g			
0- 12	19,43	13,69	5,78	71	5,63	6,66		1,40
12- 20	20,94	16,64	4,30	80	7,16	7,78		1,70
20- 42	15,79	13,88	1,91	87	5,86	6,66		1,40
42- 78	17,0	13,70	3,30	80	6,77	6,32		1,30
78-100	18,22	13,65	4,57	75	6,43	5,92		1,30
100-125	15,55	13,55	2,0	86	6,38	5,92		1,25
125-155	15,76	13,52	2,24	86	6,35	5,97		1,25
155-200	16,72	14,34	2,38	85	6,43	6,66		1,25

Tabla 21/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	2100	1440	320	380	115	36
Nivel	Bajo	Alto	Mediano	Bajo	Mediano	Alto

PERFIL No. 2



ARCILLA Matanzas

Descripción del perfil 2

Suelo *Matanzas*.

Textura: Arcilla.

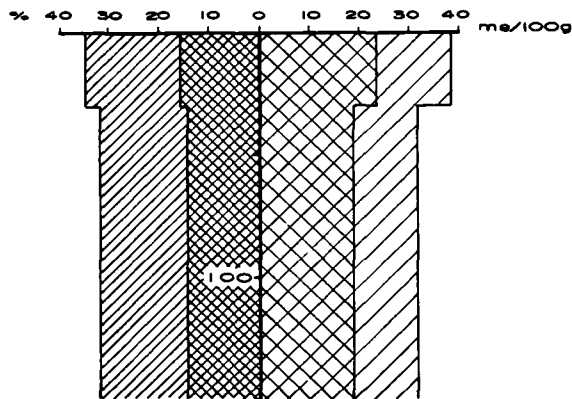
Topografía: Llana, altura 50 m s.n.m.m.

Hoja: 378 IV Bejucal, coord. 355.05-335.50

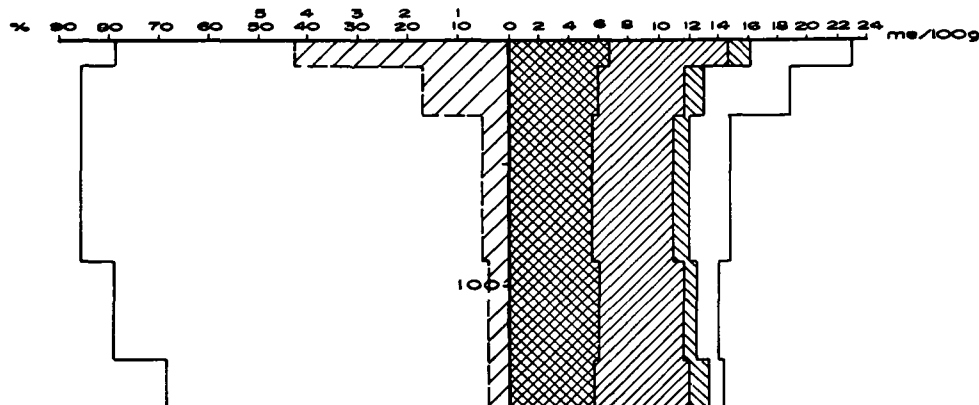
Situación: Finca El Marqués, Provincia de La Habana.

- | | |
|--|---|
| <p>A_1 0- 10 <i>cm</i> Arcilla de color rojo pardusco por su contenido de materia orgánica. Friable con estructura perfecta. Poca humedad. Buen desarrollo radicular.</p> | <p>A_2 10- 50 <i>cm</i> Arcilla roja muy compacta con un viso pardusco. Poca humedad friable. Se observan muchas raíces.</p> |
| | <p>B_1 30- 90 <i>cm</i> Arcilla de color rojo vivo, friable. Contiene más hu-</p> |

MATANZAS 2



Gráfica 11/11-1



Gráfica 12/11-2

medad que la capa anterior. Muy buen desarrollo radicular hasta la profundidad de 50-60 *cm*.

*B*₂ 90-130 *cm* Arcilla de color rojo vivo, friable, húmeda. Se encuentran pocos fragmentos de la roca madre y éstas son muy blandas.

*B*₂ 130-150 *cm* Arcilla de color rojo vivo, friable. La humedad sigue en aumento. A los 130 *cm* se encuentra la roca madre.

La reacción del perfil es moderadamente ácida. Hasta 30 *cm* de profundi-

dad el suelo tiene galerías llenas de arcilla roja, poligonal. Hasta esta misma profundidad se observan grietas con 2-3 *cm* de anchura y 10-20 *cm* de largo. No se observa ninguna transición de la roca madre al fondo del perfil.

La roca madre es caliza muy dura, con huecos pequeños llenos de agua y polvo.

La vegetación espontánea crece bien. El área donde se hizo la perforación es de secano.

Descripción del perfil 30

Suelo *Matanzas*.

Textura: Arcilla loamosa.

Topografía: Llana, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 3684 II Güira de Melena, coord. 322.7-331.7.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

*A*₁ 0-23 *cm* Arcilla ligera, algo pardusca por su contenido de materia orgánica. Friable. Contiene algunos perdigones de hierro muy pequeños; también algunos pequeños fragmentos de la roca madre, caliza. De reacción ácida. Desarrollo radicular pobre. Muy húmeda.

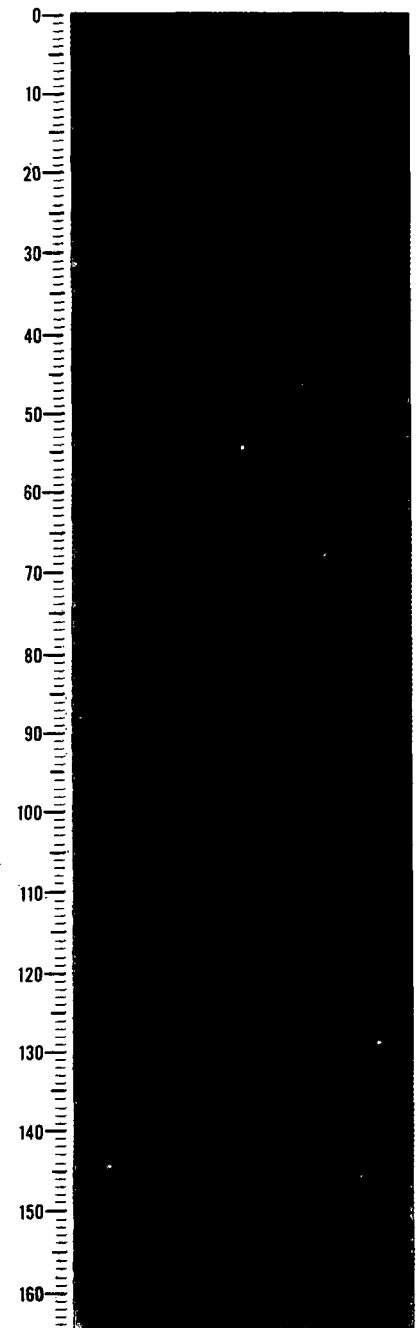
*A*₂ 23-40 *cm* Arcilla ligera de color rojo, friable. Perdigones muy pequeños, duros, y negros de hierro. Algunas concreciones, blandas, y amarillas. Pocas raíces. De reacción ácida. Pe-

queños fragmentos de roca caliza húmeda.

*B*₁ 40-110 *cm* Arcilla ligera de color rojo. Perdigones muy pequeños, duros, negros y de hierro. Mayor humedad, pocas raíces y algunas descompuestas. De reacción ácida.

*B*₂ 110-165 *cm* Arcilla ligera de color rojo claro. Mayor cantidad de perdigones redondos, pequeños, duros, negros y de hierro. Su tamaño es mayor que en la capa anterior. Pocas raíces. Poca humedad, de reacción ácida.

PERFIL No. 30

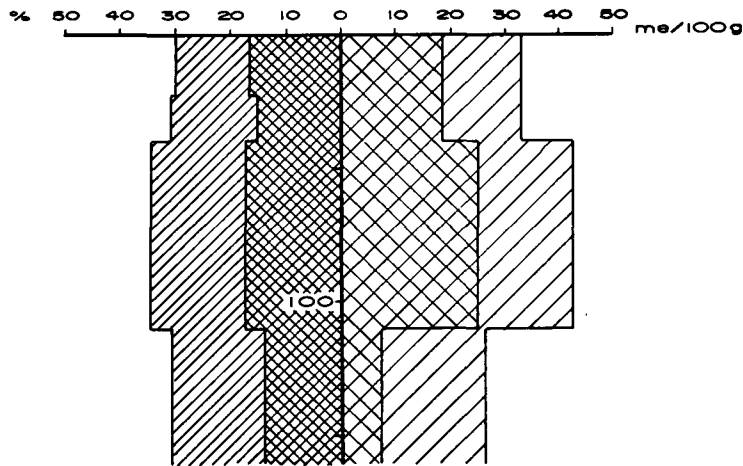


ARCILLA LOAMOSA Matanzas

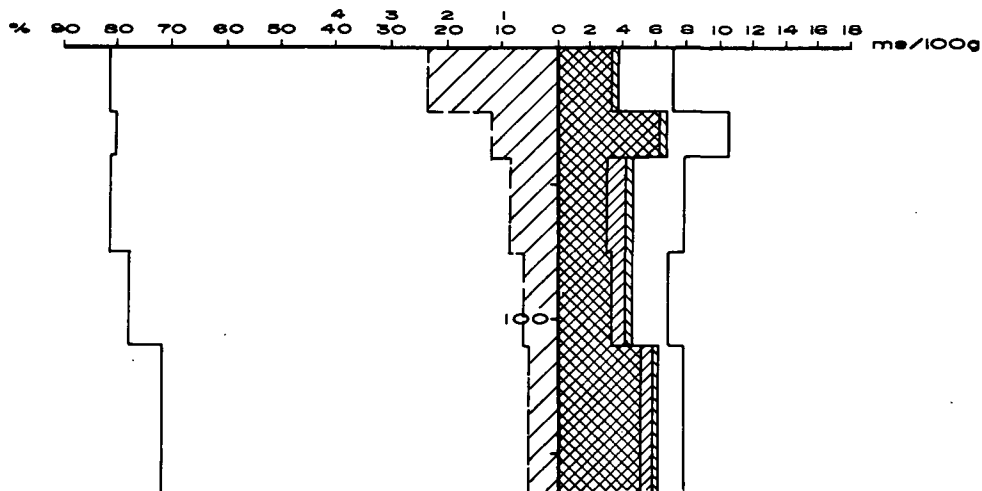
B₂ 165 cm Roca madre: caliza dura,
Vegetación nativa: Palma real, cedro, piñón florido, almácigo.

Cultivo asociado: Naranja dulce (malas condiciones); mango (regular), coco, pangola.

MATANZAS 30



Gráfica 13/11-1



Gráfica 14/11-2

Tabla 22/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
<i>Perfil 2</i>										
0- 10	6,8	5,7	2,84	—	—	4,82	4,24	230	7	3,0
10- 30	6,8	5,7	2,28	—	—	5,08	1,70	110	3	1,60
30- 90	7,0	7,0	1,34	—	—	4,86	0,48	30	1	0,36
90-130	7,0	6,5	0,54	—	—	4,36	0,43			0,36
130-150	6,8	6,6	0,54	—	—	3,84	0,40			0,36
<i>Perfil 30</i>										
0- 23	7,0	6,5	0,97	—	—	5,62	2,36	140	4	3,6
23- 40	7,0	6,3	1,65	—	—	5,22	1,21	70	3	0,9
40- 75	6,5	6,2	1,07	—	—	4,33	0,86			
75-110	6,5	6,2	0,92	—	—	5,31	0,60			
110-165	6,5	6,2	0,92	—	—	4,07	0,57			

Tabla 23/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil 2</i>								
0- 10	22,92	15,65	7,27	68	6,83	7,76		1,56
10- 30	18,87	13,11	5,76	69	5,89	5,92		1,30
30- 90	14,82	12,33	2,49	83	5,54	5,55		1,24
90-130	14,01	12,87	1,14	92	6,02	5,55		1,30
130-150	14,20	13,26	0,94	93	5,67	6,29		1,30
<i>Perfil 30</i>								
0- 23	7,0	3,60	3,40	51	3,37	—	0,02	0,19
23- 40	10,40	6,40	3,90	61	6,15	—	0,22	0,12
40- 75	7,70	4,30	3,40	55	3,12	1,02	0,01	0,15
75-110	6,80	4,40	2,40	64	3,37	0,82	0,01	0,15
110-165	7,70	5,80	1,90	75	5,12	0,61	—	0,10

Tabla 24/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil 2</i>						
kg/ha Nivel	2100 Bajo	1350 Alto	450 Alto	265 Bajo	85 Bajo	50 Alto
<i>Perfil 30</i>						
kg/ha Nivel	1100 Muy bajo	—	13 Muy bajo	70 Muy bajo	65 Bajo	60 Alto

Descripción del perfil 3

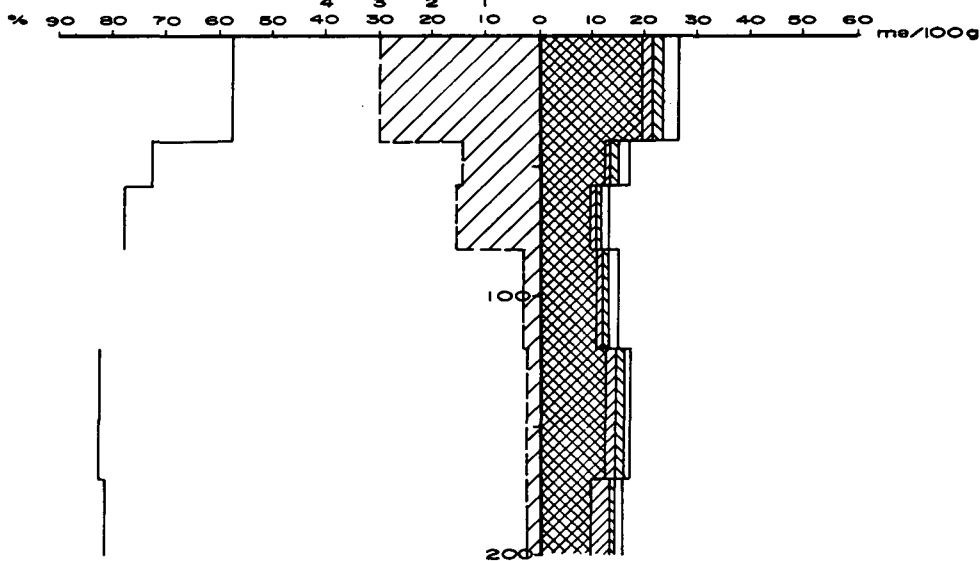
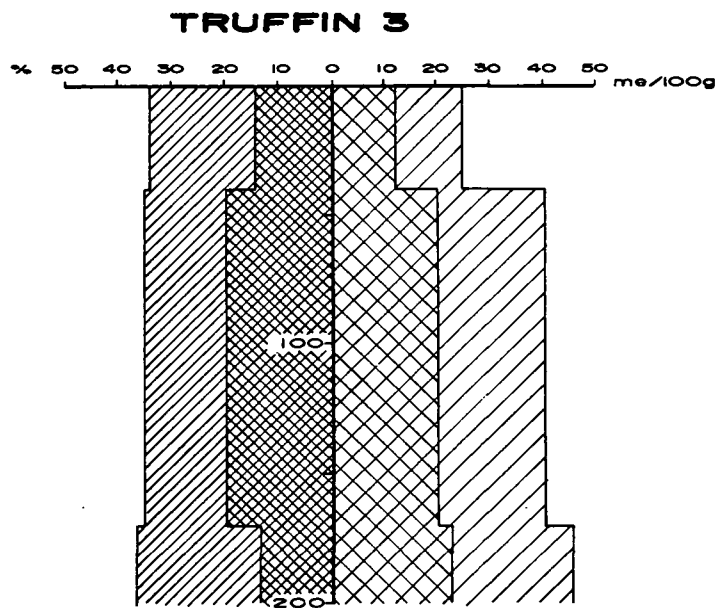
Suelo *Truffin*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 40 m s.n.m.m.

Hoja: 3784 II Melena del Sur, coord. 394.6-331.0

Situación: Finca Bizarrón, Provincia de La Habana.



A 0- 40 *cm* Arcilla roja, pardusca por su contenido de materia orgánica, compacta. Seca. Buen desarrollo radicular. De reacción ácida.

B₁ 40- 57 *cm* Arcilla roja, muy compacta, dura. Seca. Poca cantidad de materia or-

B₂ 57- 82 *cm* Arcilla ligera, compacta, de color rojo, moteado de amarillo en un 20 %. Muchos perdigones de 2-3 *mm* de tamaño, y menor de 5-8 *mm*. Poca humedad. Algo pegajosa. De reacción neutral.

Tabla 25/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>h_y</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK ₁	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			<i>me/100 g</i>							
0- 40	7,0	6,4	0,90	—	—	5,66	3,0	160	5	2,50
40- 57	7,0	6,4	0,70	—	—	5,30	1,45	90	3	1,10
57- 82	7,0	6,4	0,54	—	—	5,18	1,52	20	1	0,60
82-120	7,0	7,0	0,45	—	—	5,28	0,30			0,60
120-170	6,9	6,8	0,42	—	—	5,72	0,25			0,60
170-200	6,9	6,8	0,50	—	—	6,04	0,25			0,60

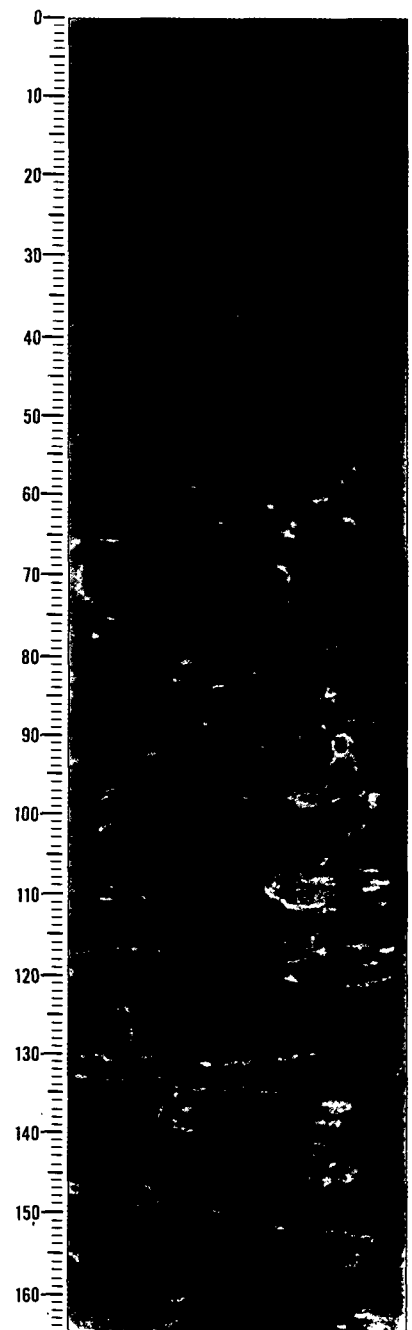
Tabla 26/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, <i>cm</i>	Valor de			<i>V. %</i>	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (<i>Ca</i>)	Magnesio (<i>Mg</i>)	Potasio (<i>K</i>)	Sodio (<i>Na</i>)
	<i>me/100 g</i>				<i>me/100 g</i>			
0- 40	26,32	23,46	2,86	89	19,67	1,65	2,14	
40- 57	17,01	14,69	2,32	86	12,26	0,96	1,47	
57- 82	12,96	11,44	1,52	88	9,33	0,96	1,15	
82-120	14,58	12,75	1,83	87	10,52	1,07	1,16	
120-170	16,60	15,60	1,00	94	12,21	1,97	1,42	
170-200	15,38	13,70	1,68	89	9,57	2,88	1,25	

gánica. Menos raíces, lo que indica que este perfil es más compacto que los anteriores. Poca cantidad de perdigones de hierro de color rojo oscuro. De reacción neutral.

BC 82-120 *cm* Arcilla ligera, compacta de color rojo, moteado de amarillo en un 30-40 %. Contiene más humedad que la capa anterior. Pegajosa. Muchos perdigones y concreciones de

PERFIL No. 3



ARCILLA Truffin

hierro. Las concreciones generalmente están en la parte roja. De reacción neutral.

*C*₁ 120-170 cm Arcilla ligera, compacta, de color rojo, moteado de amarillo en un 40 %. Pocas raíces, más humedad que la capa anterior. No es tan pegajosa. Muchos perdigones de hierro.

*C*₂ 170-200 cm Arcilla friable de color rojo, moteado de amari-

llo en un 40 %. Pequeñas concreciones de hierro. Se encuentran concreciones de CO₃Ca de 2-5 mm. Pocas raíces, algunas carbonizadas. Más humedad que en la capa anterior. La parte amarilla es loam, o loam arcilloso. La vegetación espontánea en este lugar crece bien. El área donde se hizo la perforación es de secano.

Tabla 27/II

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	6500	330	645	420	85	40
Nivel	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto

Descripción del perfil 24

Suelo *Navajas*.

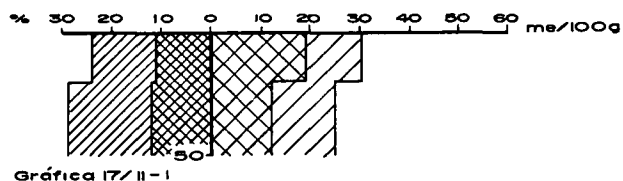
Textura: Arcilla.

Topografía: Llanura costera, altura 15 m s.n.m.m.

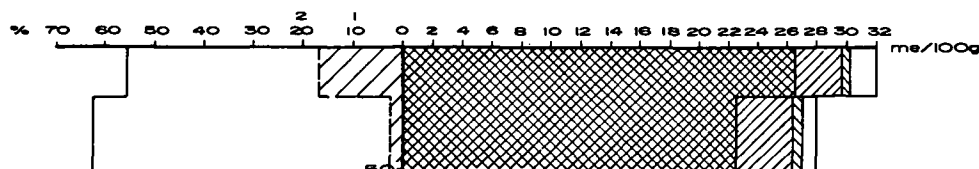
Hoja: 3784 III Surgidero de Batabanó, coord. 363.65-323.00.

Situación: Provincia de La Habana.

NAVAJAS 24



Gráfica 17/II-1



Gráfica 18/II-2

A 0-20 cm Arcilla pardo rojizo con algunas concreciones y perdigones muy pequeños de color negro. Friable, húmedo. Buen desarrollo radicular. De reacción ácida.

terior. Cuando está húmeda es algo plástica. Se observa a través de este horizonte más moteaduras de color amarillo, y aumentan con la profundidad.

Tabla 28/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (Pa)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0-20	6,8	6,0	1,78	—	—	8,75	1,70	90	3	0,9
20-80	6,5	6,3	0,95	—	—	10,61	0,24			

Tabla 29/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0-20	31,98	30,17	1,81	94	26,55	3,17	0,28	0,17
20-80	27,87	26,87	1,0	96	22,50	3,97	0,08	0,32

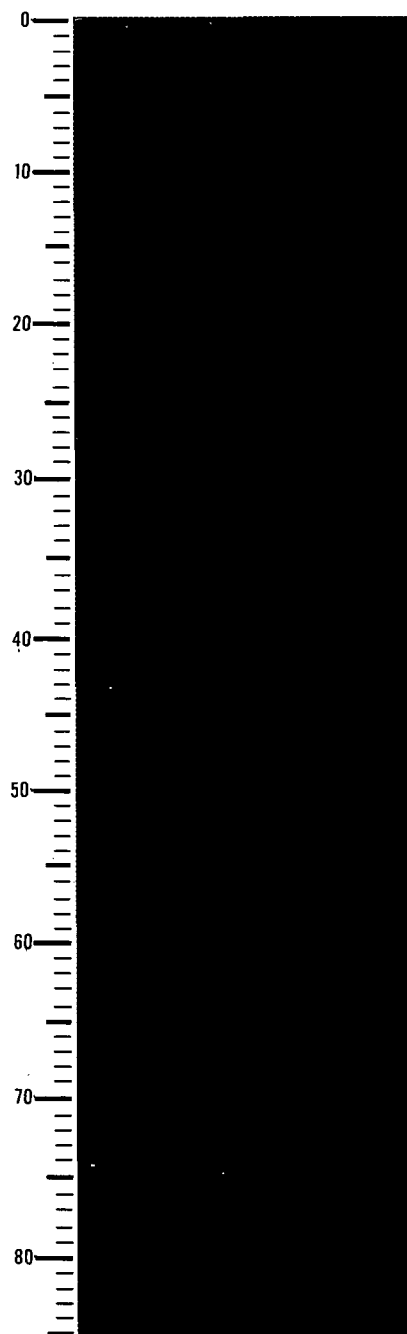
Tabla 30/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	8800	635	180	65	50	15
Nivel	Alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

B 20-80 cm Arcilla roja (20-30 cm, es capa de transición). Mayor cantidad de concreciones y perdigones negros más grandes que los del horizonte an-

Este suelo fue fertilizado para plátanos, pero no se sabe la fórmula de abono empleado ni la cantidad por ha.

PERFIL No. 24



ARCILLA LOAMOSA Navajas

3. Suelos ferralíticos calcáreos (sobre cocó)

Suelo FRANCISCO

Investigamos dos perfiles del suelo *Francisco*. Según la composición granulométrica ambos son arcilla loamosa en la primera y segunda sección, y se vuelven más ligeros hacia abajo; el material basal, que es cocó, se califica loam arcilloarenoso.

Los análisis elementales los hicimos solamente del perfil 10 y los resultados de los mismos figuran en la tabla 31/II.

Tabla 31/II

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO FRANCISCO

Horizonte	A ₁	A ₂	B	C
SiO ₂	41,57	45,64	49,97	42,84
Al ₂ O ₃	18,11	9,28	20,14	14,96
Fe ₂ O ₃	13,15	9,53	20,70	8,76
P.p.i.	12,84	16,14	12,89	12,66
SiO ₂ /R ₂ O ₃	2,66	5,07	3,18	3,54
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	3,90	8,40	4,22	4,86
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	8,40	12,79	12,48	12,98

Es un suelo altamente calcáreo y las relaciones moleculares de SiO₂/R₂O₃ indican que, en relación con esto, la meteorización en el perfil no ha avanzado tanto todavía como en los demás suelos rojos y rojos parduscos desarrollados sobre material calizo.

En cuanto a las investigaciones realizadas se pueden distinguir tres secciones diferentes en los perfiles del suelo *Francisco*. Los índices numéricos de las caracte-

rísticas químicas los presentamos en las tablas 32-34/II.

El suelo *Francisco* tiene reacción alcalina por su alto contenido de carbonato de calcio, lo cual aumenta con la profundidad. El cocó que sustenta estos perfiles contiene más de un 75 % de carbonato de calcio; es un material con pequeñas cantidades de arcilla.

Los suelos *Francisco* son saturados y como consecuencia del alto contenido de carbonato de calcio, entre los cationes cambiables predomina el calcio, el cual influye en alto grado en el comportamiento físico de estos suelos.

Para aumentar los rendimientos es aconsejable utilizar elevadas cantidades de fertilizantes nitrogenados y fosfatados; además, en el suelo *Francisco*, perfil 10, será eficaz aplicar cantidades moderadas de un fertilizante magnésico.

Los valores numéricos de la *hy* y de *T*, referidos a la fracción arcilla, suelen caracterizar bien los tipos del mineral arcilloso presentes en la parte arcillosa del suelo. Según los índices para la *hy* en los suelos *Francisco*, se hace constar que en las capas superficiales del perfil 56 hay más de los montmorillonoides que en las capas correspondientes, en el perfil 10. El cocó que sustenta los perfiles parece ser igual en ambos casos. Los valores de *T* son, relativamente, muy altos en el perfil 56, también en el material basal; esto es un hecho que necesitará investigaciones más detalladas que las realizadas por nosotros para identificar bien, en primer lugar, la composición mineralógica del material basal en ambos suelos y, en segundo lugar la de las secciones superiores.

Descripción del perfil 10

Suelo *Francisco*

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 110 m s.n.m.m.

Hoja: Sta. Cruz del Norte, coord. 402.15-361.45

Situación: Provincia de La Habana.

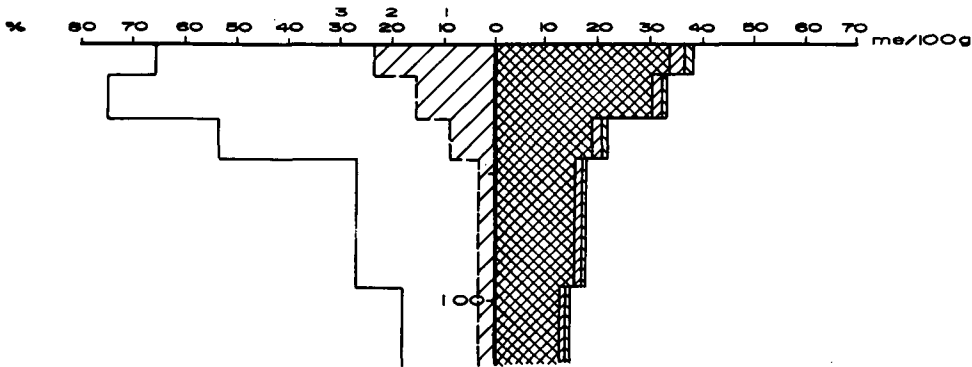
*A*₁ 0- 12 cm Arcilla de color pardo achocolatado, con fragmentos de caliza dura y concreciones calcáreas pequeñas. Pocas raíces. Efervesce al CIH.

*A*₂ 12- 29 cm Arcilla dura de color pardo oscuro rojizo, muy com-

B 29- 45 cm Arcilla pardo rojizo con abundante contenido de caliza, fragmentos y nódulos. Friable. Efervesce mucho al CIH. Gravas rojizas de roca.

*C*₁ 45- 95 cm Cocó rosáceo manchado por caliza blanquecina

FRANCISCO 10



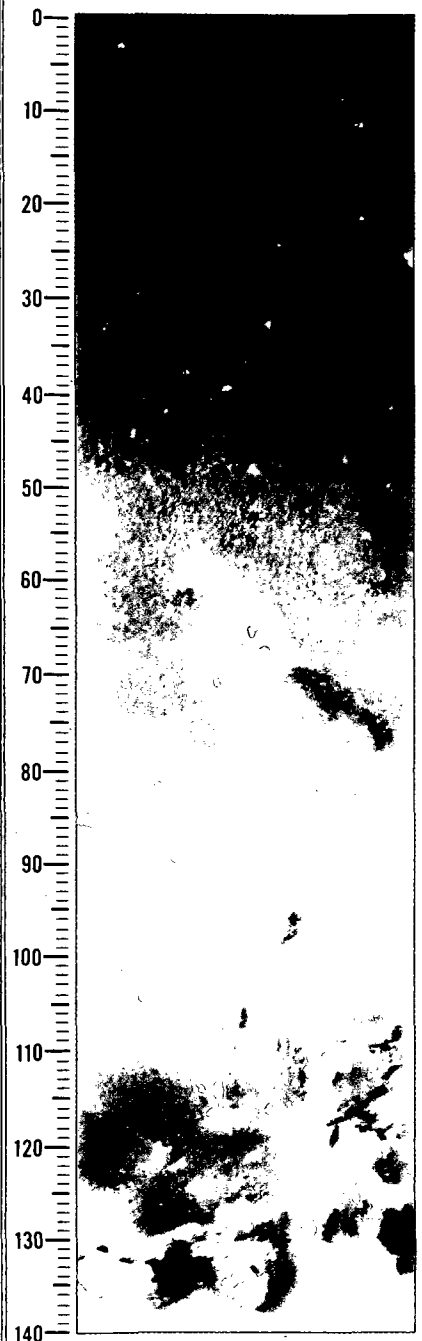
Gráfica 19/11-1

pacta. Fragmentos angulares de 1-2 cm y de caliza más pequeñas. Nódulos de caliza. Ligeramente plástica cuando se humedece. Efervesce al CIH. Algunas gravas rojizas de roca cristalina. Se agrieta cuando está seca.

blanda. Contiene algunas concreciones calcáreas y fragmentos de caliza dura y semidura. Efervesce mucho al CIH.

*C*₂ 95-125 cm Roca descompuesta, granular y compacta, de color blanco. Efervesce mucho al CIH.

PERFIL No. 10



ARCILLA Francisco, FASE PROFUNDA

Descripción del perfil 56

Suelo *Francisco*, fase poco profunda.

Textura: Arcilla.

Topografía: Suavemente alomada, altura 50 m s.n.m.m.

Hoja: 3785 III Habana, coord. 360.450-357.00.

Situación: Provincia de La Habana.

*A*₁ 0-18 cm Arcilla roja pardusca algo friable, aunque presenta consistencia dura al secarse. El sistema radicular de las plantas cultivadas es de bueno a regular. Contiene muy poco de CO₃Ca; se observa algún fragmento de roca caliza y además, otras gravas no calizas muy duras y de un color pardusco.

*A*₂ 18-35 cm Arcilla roja clara, algo más

plástica que la anterior, presenta algún perdigón, con CO₃Ca. Se ven pequeñas raíces.

B 35-45 cm Arcilla calcárea rosácea con viso amarillento.

*C*₁ 45-60 cm Interestratificaciones de arcilla rosácea y cocó blanco.

*C*₂ 60- cm Cocó de color blanco.

Vegetación nativa: Palma real, guásima, mameyes, almácigo. Cultivo: Pangola.

FRANCISCO 56

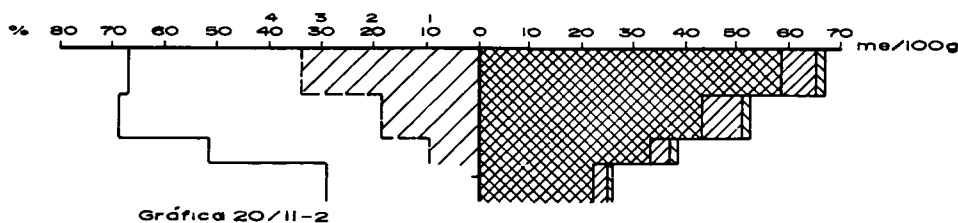


Tabla 32/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
<i>Perfil 10</i>										
0- 12	8,0	8,0	—	—	16,0	10,41	2,34	130	3	—
12- 29	8,5	8,0	—	—	18,4	11,78	1,56	110	2	—
29- 45	8,5	8,5	—	—	36,8	8,23	0,89			
45- 95	8,5	8,5	—	—	80,0	2,08	0,33			
95-125	8,5	8,5	—	—	92,0	1,51	0,33			
<i>Perfil 56</i>										
0- 18	7,8	7,5	—	—	1,6	12,99	3,39		5	—
18- 35	7,8	7,5	—	—	4,3	13,23	1,86			
35- 45	7,5	7,2	—	—	50,0	8,23	0,96			
45- 60	7,5	7,2	—	—	76,5	2,38	0,36			

Tabla 33/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil 10</i>								
0- 12	37,89	37,89	—	100	33,65	2,67	1,03	0,54
12- 29	33,55	33,55	—	100	29,86	2,23	0,90	0,56
29- 45	21,02	21,02	—	100	18,55	1,59	0,49	0,39
45- 95	16,58	16,58	—	100	15,18	1,07	0,07	0,26
95-125	13,42	13,42	—	100	12,55	0,59	0,05	0,23
<i>Perfil 56</i>								
0- 18	66,70	66,70	—	100	58,30	6,80	1,0	0,60
18- 35	52,50	52,50	—	100	43,0	8,10	0,70	0,70
35- 45	38,30	38,30	—	100	33,0	4,10	0,50	0,70
45- 60	25,80	25,80	—	100	22,0	3,10	0,40	0,30

Tabla 34/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil 10</i>						
kg/ha	11 100	535	665	200	50	—
Nivel	Alto	Bajo	Alto	Muy bajo	Bajo	—
<i>Perfil 56</i>						
kg/ha	19 300	1350	645	230	85	—
Nivel	Muy alto	Alto	Alto	Muy bajo	Bajo	—

4. Suelos cuarzosos ferralíticos

Suelo CEIBA

El suelo *Ceiba* es un eluvión de esquistos silíceos; en la superficie es loam arenoso fino, y se vuelve poco a poco más pesado hacia la profundidad. Tiene color rojo y es un perfil fuertemente ácido en el subsuelo.

El gran por ciento de sílice tiene su origen en las rocas cristalinas silíceas, en el suelo *Ceiba*.

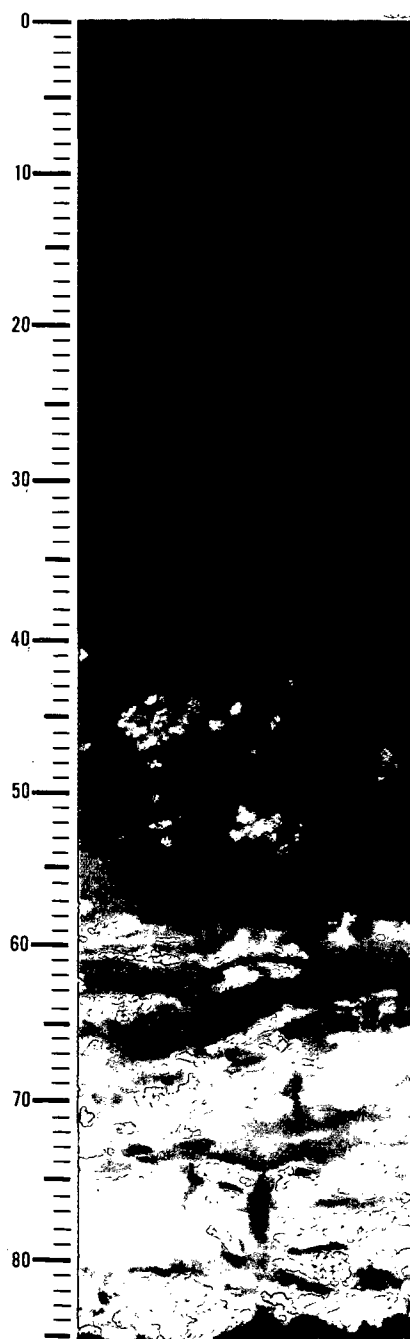
Según las investigaciones morfológicas y químicas, en el perfil se distinguen tres horizontes que se dividen cada uno de

ellos en varios subhorizontes, cuyas características son presentadas en las tablas 36 y 37/II.

En la tabla 35/II figuran los datos del aluminio y el hierro móviles.

El suelo *Ceiba* es expresadamente ácido; contiene acidez cambiante desde la superficie cuya cantidad aumenta todavía con la profundidad. Por lo tanto, contiene cantidades apreciables de aluminio cambiante también desde la capa superior del horizonte B, que es tóxico para las plantas y el procedimiento más importante para mejorarlo, será el encañado.

PERFIL No. 56



ARCILLA Francisco, POCO PROFUNDA

La cantidad de los cationes cambiables es pequeña a través de todo el perfil. Hasta 35 cm predomina el calcio en el complejo adsorbente; hasta 64 cm la cantidad relativa del calcio y magnesio es casi igual y debajo de esta profundidad los cationes cambiables del magnesio son los que más influyen en la productividad del suelo.

El suelo *Ceiba* es poco productivo por ser muy pobre en elementos nutrientes pero, después de una encladura adecuada se emplean, con éxito los fertilizantes.

A continuación se ofrece la descripción del perfil investigado y al final, en dos tablas, los índices químicos determinados.

Tabla 35/II
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Suelo	Horizonte, cm	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)	Aluminio (Al)	Hierro (Fe)
		Móvil		Móvil	
		me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>Ceiba</i> , 28	0- 33	3,9	28,9	0,12	0,90
	33- 64	10,8	16,0	0,17	0,25
	64-110	14,2	14,2	0,26	0,26
	110-150	10,0	12,4	0,26	0,32

Descripción del perfil 28

Suelo *Ceiba*.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: Alomada, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3484 II Consolación del Norte, coord. 222.3-328.55.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

*A*₁ 0- 15 cm Loam arenoso, fino, de color rojo pardusco. Muy friable. Algunos perdigones negros, pequeños. Fragmentos blancos de roca, de tamaño variable. Fragmentos de roca grisácea de tamaño de 5-8 cm. Sin carbonato. De reacción ácida. Desarrollo radicular abundante.

*A*₂ 15- 33 cm Loam arcilloso de color rojo vivo, friable. Abundantes perdigones negros, duros y pardos blandos. Fragmentos grises de arena consolidada

(2-5 cm). Pequeños fragmentos blancos y negros de roca cuarzosa. No efervesce con ácido clorhídrico. De reacción ácida. Raíces abundantes.

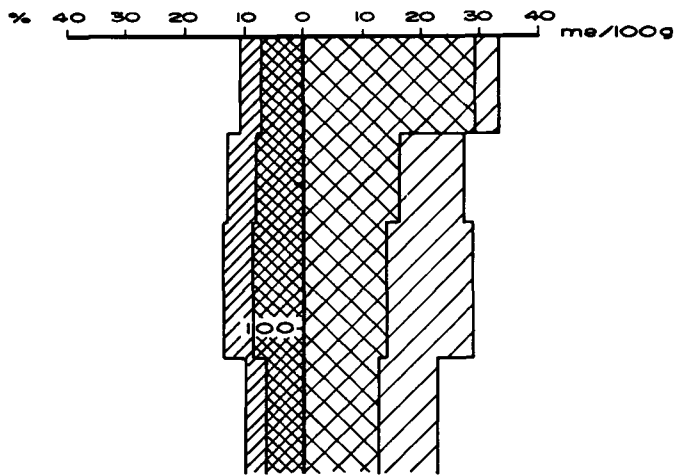
*B*₁ 33- 50 cm Arcilla rojo vivo, friable. Algunos perdigones duros, de hierro, y fragmentos pequeños, de roca cuarzosa. Mayor contenido de humedad con relación a los anteriores horizontes. Cantidad menor de raíces. De reacción ácida.

*B*₂ 50- 64 cm Arcilla roja friable algo moteada de amarillo.

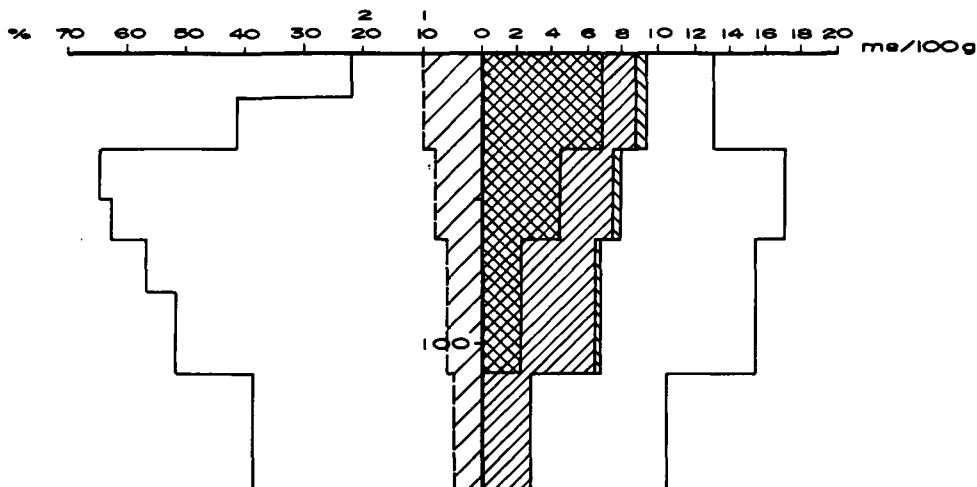
Vetas finas de color amarillo. Perdijones duros, de hierro, concreciones de hierro, pocos fragmentos de roca. Menor cantidad de humedad. Abundantes raíces. De reacción ácida.

B_3 64- 82 cm Arcilla roja friable. Vetas finas amarillas. Concreciones blandas de hierro, algunos fragmentos de roca. Menor humedad; algunas raíces. De reacción ácida.

CEIBA 28

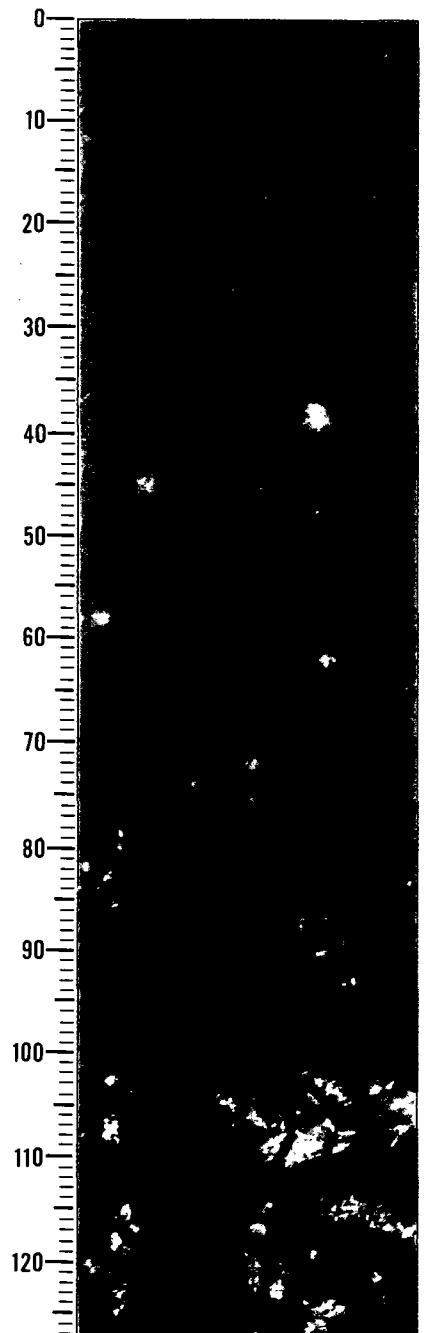


Gráfica 21/11-1



Gráfica 22/11-2

PERFIL No. 28



LOAM ARENOSO Ceiba

- C₁ 82-110 cm Arcilla arenosa rojiza-amarillenta. Se encuentran esquistos de arena arcillosa y esquistos de arena amarilla y grisácea; esquistos arenosos y blancos sin carbonato. De reacción ácida.
- C₂ 110-150 cm Esquistos cuarzosos arenosos y arcillosos, de co-

lor rojo y amarillo, y grisáceo-amarillento. De reacción ácida. Algunas rocas duras de color negro y blanco. Algunas raíces. Poca humedad. Vegetación nativa: palma real, marabú. Cultivos: yuca, que presenta buen aspecto.

Tabla 36/II
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (h _y) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb.					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	Al						
me/100 g						mg/100 g					
0- 15	6,8	6,6	1,70	0,07	0,06	—	1,78	1,07	60	1	1,4
15- 33	6,8	6,4	1,84	0,07	0,06	—	3,16	0,93	60	1	1,0
33- 50	4,7	4,2	4,64	3,50	2,70	—	4,32	0,78			
50- 64	4,5	4,0	6,90	5,48	3,78	—	4,35	0,86			
64- 82	4,5	3,9	9,42	9,05	3,87	—	4,0	0,71			
82-110	4,5	3,7	9,62	9,15	3,91	—	3,46	0,54			
110-150	4,7	3,8	8,97	7,97	4,51	—	2,59	0,57			

Tabla 37/II
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				mg/100 g			
0- 15	12,90	9,30	3,70	71	6,87	1,95	0,20	0,22
15- 33								
33- 50	16,90	7,70	9,30	45	4,34	2,87	0,16	0,29
50- 64								
64- 82	15,40	6,70	8,70	43	2,12	4,11	0,16	0,26
82-110								
110-150	10,30	2,50	7,80	24	—	2,46	—	—

Tabla 38/II
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutriente	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	2300	390	130	85	16	20
Nivel	Bajo	Mediano	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRIMARIAS SOBRE LOS SUELOS ROJOS Y ROJOS PARDUSCOS

Resumen

I. Las clases mejores de estos suelos, las arcillas y limos arcillosos típicos profundos de las series *Matanzas*, *Perico*, *Navajas* y *Francisco*, pueden ser considerados como nuestros mejores suelos agrícolas, de contar, sin duda con regadío. Tienen como características comunes indeseables su baja fertilidad natural, tenores bajos de N, P, Ca y en algunos casos, Mg. Se infiere que lo sean, también, en los microelementos Mo y B. El tenor de K asimilable es algo errático.

Como quiera que el suelo más intensivamente meteorizado de este grupo, la serie *Nipe*, constituye en realidad minas de metales al aire libre, con porciones minables de metales pesados, Fe, Ni y Co, entre otros, pudiera suceder que tenores de algunos de estos cationes estén presentes, disponibles para ser tomados por las plantas, o por algunas especies, en cantidades tóxicas para su metabolismo, en algunas de estas series, o en todas, que son, en puridad, grados menores de laterización que el *Nipe*, independientemente de sus rocas basales no comunes.

II. Una característica química indeseable en estos suelos es la rapidez de la insolubilización de la parte fosfática que se añade con los fertilizantes minerales; en condiciones de laboratorio, el 90 % en treinta minutos. Estas insolubilizaciones se hacen más evidentes aún después del secado del suelo, una vez que han sido aplicados los fertilizantes.

El ion fosfato se parece a un catión —por ejemplo, el calcio— en que éste toma parte en un tipo de mecanismo de intercambio asociado con los coloides del suelo. En este caso reemplaza otros aniones, como el hidróxilo (OH) en una cantidad equivalente. A su vez, el fosfato cambiante absorbido puede ser rápidamente reemplazado por el ion hidróxilo, el ion oxalato y otros aniones. BURD y MURPHY establecieron, en 1939, la actividad de la caolinita y la importancia de la finura en la molida en este mecanismo aniónico de cambio.

En una ulterior clarificación de este cuadro, STOUT, en 1939, determinó que la gran capacidad de la fijación fosfática de la caolinita y los minerales arcillosos relacionados con ella, como la haloisita, se debía a los iones hidroxílicos (OH⁻) implantados en las líneas de fractura de la red cristalina. En la caolinita, por ejemplo, han sido determinados 1550 miliequivalentes del ion hidróxilo por cada 100 (cien) gramos del mineral, de los cuales 1162 están implantados en las líneas de fractura y solo 388 embebidos dentro de la estructura cristalina. Cada ion hidróxilo puede ser reemplazado por un ion fosfato dihidrogenado (H₂PO₄). Esto está estrechamente de acuerdo con la determinación de 1170 me de fosfatos absorbidos a pH 3 por 100 g de caolinita.

La montmorillonita, teóricamente, no tiene iones hidroxílicos en las líneas de fractura, y la fijación fosfática sería muy baja, como demuestra STOUT. Pero, algunos otros autores han señalado que otros minerales arcillosos, como la montmorillonita y la illita, fijan fosfatos. Los óxidos hidratados férricos son aún más activos. El mecanismo exacto está aún algo oscuro.

¿Qué sucede a la fracción fosfática que se insolubiliza en agua al contacto con el suelo? Sucede lo señalado anteriormente y, además:

- a) En suelos neutrales o alcalinos, los fosfatos se precipitan como tricálcicos; en presencia del ion fluoruro en la solución del suelo, se forma fluorapatito y la disponibilidad del fósforo baja rápidamente.

- b) En suelos ácidos el fosfato de calcio es relativamente soluble y ocurren precipitados de hierro, aluminio y otros. Los fosfatos de hierro y aluminio son menos solubles en reacciones ácidas. TEAKLE demostró en 1928 que el fosfato de hierro precipitado tiene una solubilidad mínima a pH³; los de manganeso y aluminio cerca de pH⁷. En el suelo, se forman, aparentemente, compuestos hidroxílicos, y éstos son de una disponibilidad menor que los fosfatos normales.
- c) Otra reacción ocurre cuando se añaden superfosfatos al suelo. Algunos de los iones de calcio del sulfato de calcio y del fosfato de calcio, reaccionan con los cationes cambiabiles de los coloides y forman parte de los cationes cambiabiles del suelo. La solución del suelo se torna enriquecida en iones de calcio, sulfato y fosfato.
- d) Además de estas reacciones químicas, el fosfato activa los microorganismos del suelo. Por ejemplo, la nitrificación se acelera, el crecimiento de las leguminosas y la inoculación por *Rhizobium* se activa, ocurriendo de hecho un aumento de nitrógeno en el suelo.

Tomado de L. J. H. TEAKLE y R. A. BOYLE, *Fertilizers for Farm and Garden*, Angus and Robertson, Australia, 1958, págs. 156 y siguientes.

III. El valor de intercambio catiónico, valor de *T*, de estos suelos es comparativamente pequeño, y se corresponde con la aparente naturaleza de las arcillas que los constituyen, caoliníticas y de sesquióxidos. La saturación por bases es, usualmente en el por ciento mayor, por Ca; no obstante, hay casos en que la saturación por el catión Mg es lo suficientemente alta como para desear que, por enmiendas, ese por ciento sea reducido. En todo caso, la aguda deficiencia en Ca de la generalidad de estos suelos, hace recomendable el chequeo de la presencia de estos cationes (Ca y Mg) en el complejo de adsorción, así como en el material calcificante a utilizar, previa cualquier enmienda.

IV. Las adiciones de materia orgánica a estos suelos, y a todos, constituyen un problema puramente económico:

- a) Si hay materia orgánica abundante, fácil de acarrear y aplicar, y la rentabilidad de la cosecha a obtener en la parcela enmendada lo paga, se justifica la enmienda; de otro modo, no resiste el más ligero análisis económico.
- b) Las condiciones de *M.O.* a estos suelos implicará, de acuerdo a la experiencia mundial, un aumento en el valor de *T*, un almacén de agua fácilmente cedible a las plantas, un mejoramiento en la estructura, y una fuente pobre de nutrientes.
- c) Experiencias anteriores (del ingeniero F. Poey) parecen indicar que las adiciones de *M.O.* a suelos *Truffin* produjo una mayor tenacidad para el laboreo en estos suelos; aunque no se da una explicación plausible de este fenómeno, se infiere que pudiera ser debida a una extraordinaria proliferación del micromundo, que con su actividad tendiera a cementar, más aún, las menores porciones de estos suelos.
- d) Buenas prácticas agrotécnicas incidirán, aparentemente, en un aumento en el tenor de *M.O.* de estos suelos; en aquellos perfiles «abiertos», como los *Matanzas* y *Nipe*, la oxidación de la materia orgánica en las condiciones de humedad y temperatura nuestras sucederá, probablemente, con relativa y comparativa rapidez.

V. En los suelos *Truffin*, las vetas rojizas aproximadamente horizontales a la superficie del suelo amarillo son el resultado, probablemente, de la influencia del nivel freático; las vetas verticales se relacionan con la actividad biológica de las raíces. En algunos perfiles de suelos *Ceiba* y otros de la provincia de Pinar del Río, a profundidad variable entre 30-40 cm, existen masas concrecionarias cementadas que constituyen una barrera a la penetración de las raíces; estas placas deben

ser fracturadas mediante subsolación. El origen de estas concreciones ferruginosas y de otros cationes, se deduce que provenga de horizontes profundos del suelo a través de movimientos de material iónico y alcanzan así determinado nivel en el perfil; subsiguientes adiciones de material durante las lluvias, y periodos de sequedad, fueron consolidando y precipitando el material coloidal alrededor de un núcleo central; la cementación de toda la masa, en periodos alternos de iluviación, de materiales orgánicos superficiales durante las lluvias, de material inorgánico que sube por capilaridad, y de pérdida de humedad de toda la masa durante las sequías, le llevó a su estado actual.

VI. Hay una aparente secuencia definida *Matanzas-Perico-Truffin* en la ocurrencia de estos suelos, y los *Matanzas* están en posiciones topográficas más altas; en algunos casos, en esa secuencia, en lugar del *Truffin* aparece el *Navajas*. El *Francisco* es también un suelo de posición alta y, usualmente, suavemente alomado.

VII. El empleo de estos suelos en pastizales permanentes, es una subutilización de su capacidad productiva.

VIII. Para el empleo de estos suelos en cultivo de ciclo largo y de secano debe ser considerado cuidadosamente el régimen de lluvias existente en el país, donde aproximadamente el 80 % de la lámina de lluvias anual cae de mayo a octubre, ambos incluidos.

IX. Un almacenaje de agua en nuestras condiciones, aparentemente barato y efectivo, puede lograrse, en los suelos que lo admitan mediante la subsolación profunda. Si en condiciones de aradura de 27 cm de profundidad, por ejemplo, la cantidad de agua en m^3/ha que se infiltra es x , y a una subsolación de 54 cm de profundidad la cantidad de m^3/ha que se infiltra es y , no necesariamente sucederá que $y = 2x$, pero sí $y > x$.

El método tradicional de araduras su-

perficiales implica entre otros aspectos negativos, que las primeras lluvias saturan el horizonte promovido y las subsiguientes se pierden por *escurrencias* superficiales.

La subsolación profunda no provoca cataclismos en el micromundo zonado por horizontes del perfil; favorece un habitat mullido para las raíces de las plantas, sin las violentas alteraciones de la disposición de la microflora y fauna en los horizontes que implicaría las araduras a la misma profundidad de la subsolación, además que puede significar la mezcla no conveniente de materiales del subsuelo con los horizontes superficiales.

La subsolación se impone en suelos que tienden a ser compactados, entre otros factores, por las lluvias torrenciales; también, en cultivos permanentes como los cañaverales, donde la trama excesiva de raíces cementa cada vez más las partículas del suelo e impiden la correcta oxigenación.

X. Para estos suelos, como para todos, un análisis químico de ellos da poca información en cuanto a la recomendación exacta de nutrientes a aplicar para una determinada explotación; se necesita llevar a cabo experiencias controladas con la aplicación de nutrientes a distintos niveles, y se cotejarán los resultados para determinar cuál es el máximo rentable a aplicar. Esto debe ser realizado por serie de suelo y especie vegetal de importancia económica para nosotros, para elaborar tablas de nutrientes donde, si el resultado experimental corresponde $n \text{ kg/ha}$ de un nutriente determinado para la producción de, digamos, malanga en suelos arcilla *Matanzas*, y el análisis nos arroja $m \text{ kg/ha}$ de ese nutriente, y sea $z = n - m$, evidentemente $z \text{ kg/ha}$ es la cantidad a aplicar.

Hasta tanto no se obtenga esta información, estaremos trabajando sobre bases poco confiables en lo referente a la nutrición vegetal.

XI. La subsolación profunda puede significar, en el tiempo, un horizonte meteorizado más profundo; también, la disposición para la nutrición vegetal de reservas de nutrientes, no tocadas previamente por las plantas por la rigidez del horizonte, promovidas ahora por la subsolación.

XII. Es notorio que en perfiles de estos suelos, examinados sistemáticamente, se presenten tenores de nutrientes excesivamente bajos como resultados de los análisis químicos, y sostengan, no obstante, árboles frondosos en su superficie, si bien aislados, por ejemplo, ceibas y palmas reales. Entre otros factores influye, a nuestro juicio, y en el caso de roca caliza basal, el hecho de ser este material sedimentario marino impuro, es decir, no estar constituido enteramente por carbonatos de calcio y magnesio y a que anualmente sucede una disolución superficial de ese material basal producto de las lluvias, que pone a disposición de esas plantas ya adultas y supervivientes, elementos nutritivos (P, K, etc.), al alcance de sus profundas y extendidas raíces. En el caso de los suelos *Nipe*, se hace un razonamiento similar, más una evolución de las especies hacia formas de vida altamente especializadas y adaptadas a condiciones rigurosas de baja fertilidad extrema y crisis de humedad.

XIII. En toda recomendación citada de encalado, se tendrá en cuenta que la aplicación debe hacerse dividiendo el total en tres porciones que se aplicarán

en tres años sucesivos durante la época de lluvias.

XIV. Una labranza continuada a la misma profundidad va provocando la aparición de un horizonte compactado, firme, justamente debajo del plano determinado por los tres puntos donde se apoya la parte inferior del arado de verterera.

XV. Algunos autores señalan que, desde el punto de vista del por ciento de saturación por bases, en esta obra valor de *S* para algunos suelos, la relación ideal es: 65 % por Ca, 10 % por Mg, 5 % por K y 20 % por H (F. E. BEAR, Soil Sci., vol. 65 (1943) pág. 128).

XVI. Aun cuando las determinaciones realizadas son indicativas de que el agua disponible para las plantas en estos suelos es alta, recuérdese que estos suelos, en general, se secan «rápida, amplia y profundamente». Por lo tanto, la disponibilidad de humedad para las plantas, es durante un corto tiempo, de no haber lluvias o regadío frecuentes.

XVII. En suelos arcillosos rojos y rojos parduscos, de buen drenaje interno, con buena agrotecnia, es posible obtener cosechas de tomates de ensalada, en épocas de lluvias intensas. Se condujeron unos ensayos en esta dirección y los resultados logrados fueron muy buenos.

También es posible en estos suelos, de acuerdo a ensayos, la obtención en condiciones de regadío, durante el año entero, de cosechas de zanahorias, remolachas y rabanitos.

VARIACIONES EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS «TRUFFIN» EN UN ÁREA RELATIVAMENTE PEQUEÑA

Anexo 1

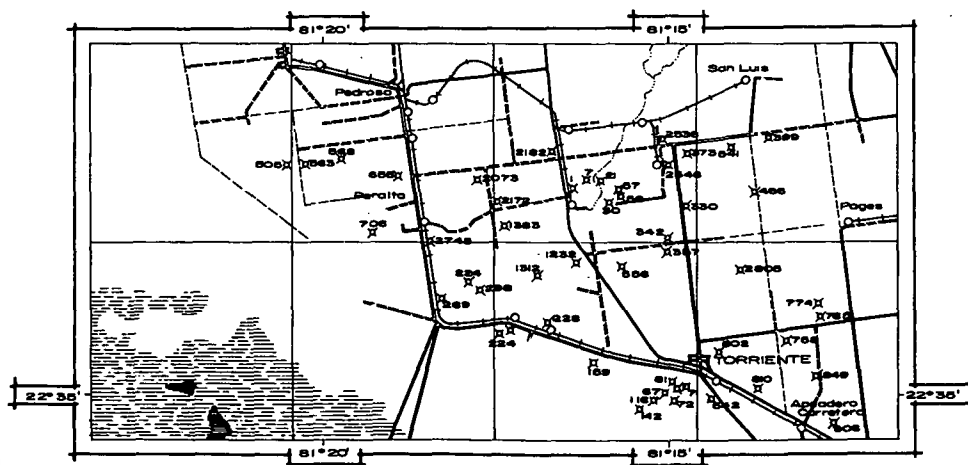
En el mapeo semidetallado de un lote de cítricos de la Agrupación «César Escalante», en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, con un área aproximada de cinco mil seiscientos veinte (5620) hectáreas resultaron, además de trincheras de suelos *Matanzas*, *Perico* y *Navajas*, treinta y cinco (35) trincheras de suelos *Truffin* y sus fases, agrupados del siguiente modo:

- suelos típicos *Truffin*, diecinueve (19) trincheras.
- suelos *Truffin* fase poco rocosa, once (11) trincheras.
- suelos *Truffin* fase rocosa, tres (3) trincheras.
- suelos *Truffin* fase depresional, una (1) trinchera.
- suelos *Truffin* fase mal drenada, una (1) trinchera.

Consúltese mapa adjunto.

No todas las muestras de los distintos horizontes de las trincheras de este trabajo fueron analizadas; del total, dieciocho (18) trincheras fueron detalladamente analizadas por horizonte; las demás.

SITUACIÓN APROXIMADA DE LAS TRINCHERAS DE SUELOS TRUFFIN



INRA
CENTRO NACIONAL DE SUELOS
Y FERTILIZANTES

AGRUP. DE FRUTALES
CESAR ESCALANTE
JAGUEY GRANDE - PROV. MATANZAS

escala 1 : 100,000
6-12-67

sólo lo fueron en los horizontes superficiales.

En la tabla A-1/I que sigue se señala por fases la profundidad máxima investigada.

Tabla A-1/I

Número de trincheras	Profundidad máxima investigada, en cm	Fase
10	92-270	<i>Truffin típico</i>
10	30	<i>Truffin típico</i>
4	180-200	<i>Truffin, f. poco rocosa</i>
6	30	<i>Truffin, f. poco rocosa</i>
3	100-200	<i>Truffin, fase rocosa</i>
1	140	<i>Truffin, f. mal drenada</i>
1	30	<i>Truffin, f. depresional</i>

La gráfica adjunta A-1/I se confeccionó al disponer sobre el eje de las ordenadas los valores de pH en CIK correspondientes a las muestras provenientes de las profundidades señaladas en el eje de las abscisas; si la muestra corresponde por ejemplo, a la profundidad 20-40 cm, el pH determinado se señala en la gráfica a la profundidad de 30 cm (promedio).

De la gráfica mencionada puede notarse que, hasta la profundidad de 30 cm, hay una amplia gama de pH que varía, desde un mínimo, fuertemente ácido de 4,2, hasta un máximo ligeramente ácido, de 6,8.

Si se tabulan esos resultados hasta 30 cm de profundidad inclusive, resulta:

pH de 5,0 o inferiores	4	20 % del total
pH entre 5,1 y 5,5	4	20 % del total
pH entre 5,6 y 6,0	8	40 % del total
pH entre 6,1 y 6,6	4	20 % del total

Hay pues, una incidencia del 80 % para pH iguales e inferiores a 6,0, a esta profundidad.

En las profundidades entre 31-60 cm, de la gráfica puede tabularse también:

pH inferiores a 5,0, no hay

pH entre 5,1 y 5,5	3	33 % del total
pH entre 5,6 y 6,0	3	33 % del total
pH entre 6,1 y 6,6	2	22 % del total
pH de 7,0	1	12 % del total

Hay una incidencia del 66 % de pH 5,6 o superiores a las profundidades entre 31-60 cm.

Del estudio de los datos se infiere que del grupo de trincheras analizadas, sólo una presenta pH marcadamente ácido en todo el perfil, al comenzar con un pH de 4,5 a 10 cm de profundidad y termina con un pH de 5,2 a 155 cm; en las demás, según se profundiza en el perfil, el pH se va tornando menos ácido.

La gráfica A-1/II presenta los pH obtenidos para las 35 trincheras, hasta 30 cm de profundidad solamente. Nótese que, independientemente de las profundidades, el 41 % de los datos obtenidos son pH inferiores a 5,5, hay también máximos de 6,8.

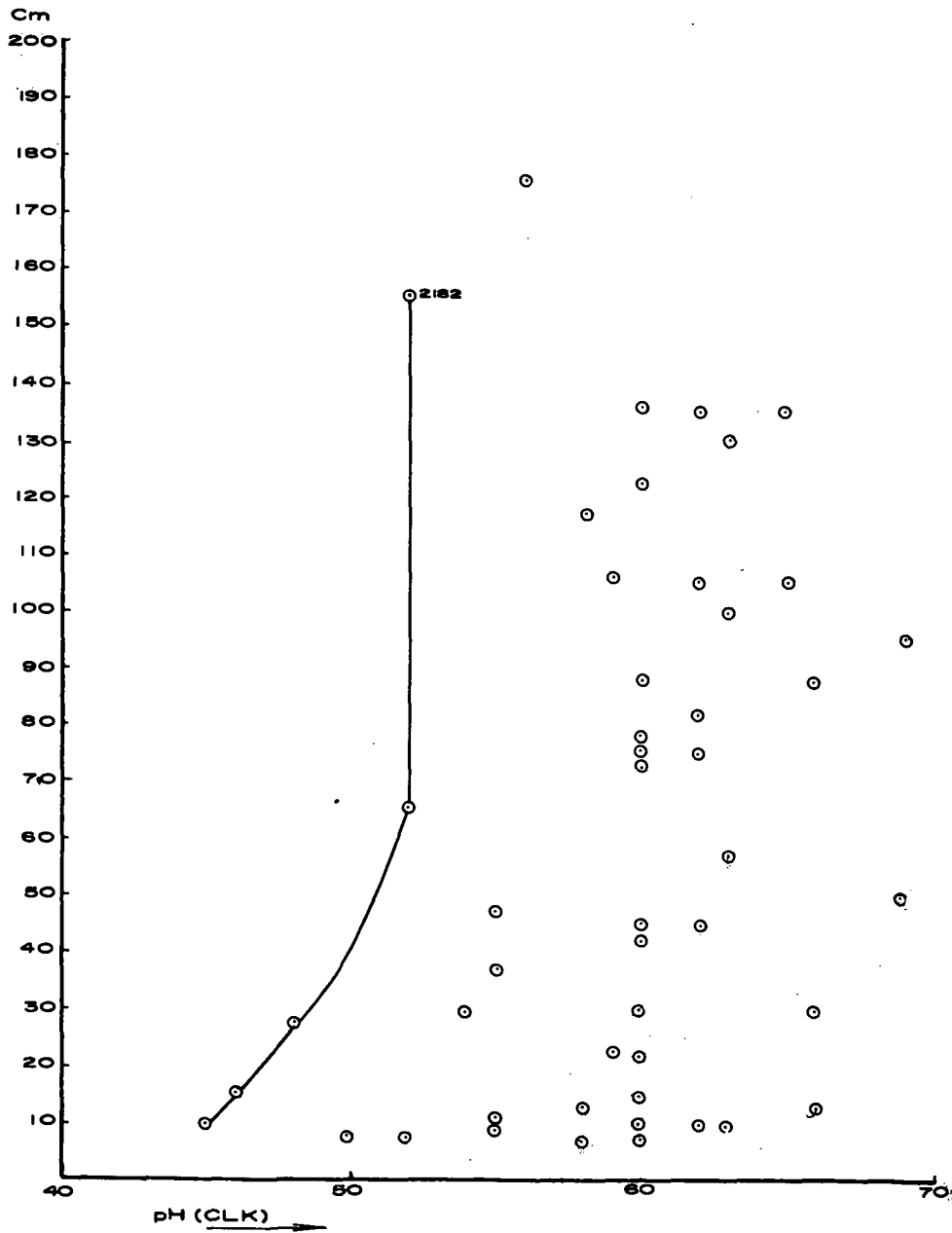
El mayor valor de la y_1 (8,61) se obtuvo en los 15 cm superficiales de la trinchera No. 7; a este mismo horizonte en esta trinchera corresponden los valores máximos de y_2 (2,43) y de aluminio cambiante (2,01), para el conjunto analizado; consecuentemente, el valor de pH es también uno de los más bajos (4,2).

La presencia de aluminio cambiante varía, desde el máximo apuntado, hasta ausencia total; no hay, no obstante, correspondencia entre pH expresadamente ácidos y este catión en forma disponible.

La ausencia del CO_3Ca es notoria a través de todos los perfiles investigados.

Del estudio de dieciocho trincheras hasta una profundidad máxima de 270 cm, se infieren los puntos siguientes:

- a) en el 94 % de los casos, el valor de T disminuye con la profundidad,



Gráfica A-1/1

GRÁFICO QUE RELACIONA LOS pH (CLK) CON LAS PROFUNDIDADES DE LAS CUALES PROVIENEN LAS MUESTRAS. SUELOS TRUFFIN, ZONA DE JAGUEY GRANDE, PROV. DE MATANZAS

Cala 13

Profundidad cm	pH CLK	y_1	y_2	Al	CO ₂ Ca %	M.O. %
			me/100 g			
0- 32	6,3	2,02	0,04	—	—	2,15
32- 84	6,0	1,63	—	—	—	no det.
84-150	6,3	1,92	—	—	—	no det.

Profundidad cm	Valor de T	Valor de S	En % del valor de S				V % de T sat. por bases
	En me/100 g		Ca	Mg	K	Na	
0- 32	20,82	7,83	86,21	9,83	2,43	1,53	37,61
32- 84	19,15	8,53	82,06	15,59	0,59	1,76	44,54
84-150	14,57	5,42	82,24	11,81	1,66	1,29	37,20

- b) la saturación por bases aumenta en todos los casos con la profundidad,
- c) en el 77 % de los casos aumentó la saturación por calcio con la profun-

didad; en el 23 % restante la saturación por los demás cationes alcalinos aumentó con la profundidad, especialmente con el Mg y el Na.

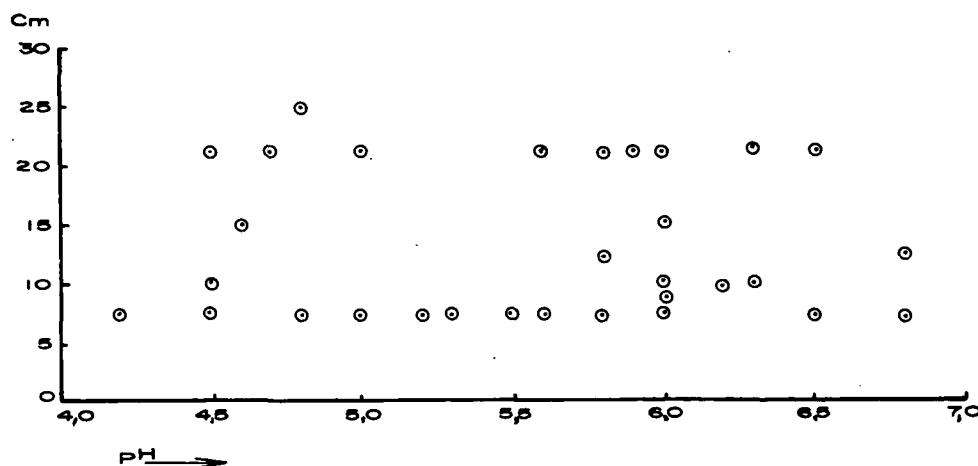


Grafico A-1/a

GRÁFICO QUE RELACIONA LOS pH (CLK) HASTA 30 Cm DE PROFUNDIDAD EN LOS PERFILES DE 35 TRINCHERAS DE SUELOS TRUFFIN Y SUS FASES PROVENIENTES DE LA ZONA DE JAGUEY GRANDE PROV. DE MATANZAS

Tabla A-1/II (a)

Trin- chera número	Profundidad en cm	pH CIK	γ_1	γ_2	Al	CO ₃ Ca %	M.O. %
			me/100 g				
V	0-30	6,4	2,47	0,05	—	—	4,16
VI	0-30	6,2	2,09	0,05	—	—	4,30
VII	0-25	6,0	2,05	0,05	—	—	4,59
XXIV	0-23	6,2	1,84	—	—	—	4,16
XXV	0-25	6,1	1,42	—	—	—	3,73
XXVI	0-28	6,3	1,58	—	—	—	3,87
30	0-20	6,2	2,10	0,05	—	—	3,87
32	0-22	6,4	2,20	0,08	—	—	3,73
35	0-30	6,2	2,60	0,05	—	—	4,87
48	0-19	6,1	2,10	0,04	—	—	3,30
48	19-33	6,1	1,30	—	—	—	no det.

El aumento de la saturación por este último catión no alcanzó niveles indeseables en ningún caso;
d) en todos los casos el valor de V aumentó con la profundidad.

En ningún caso el valor de T es 30 me/100 g o superior, y que el por ciento mayor de saturación, expresado en % del valor de S, lo constituye casi siempre el Ca. Hay, no obstante, saturaciones

Tabla A-1/II (b)

Trin- chera número	Profun- didad cm	Valor de T	Valor de S	En % del valor de S				V % de T sat. por bases
		En me/100 g		Ca	Mg	K	Na	
V	0-30	18,82	12,48	55,05	38,14	5,29	1,52	66,31
VI	0-30	19,32	11,07	85,82	8,67	2,44	3,07	57,30
VII	0-25	20,48	13,52	73,00	17,45	7,62	1,92	66,02
XXIV	0-23	21,41	13,52	61,02	34,76	2,29	1,92	63,15
XXV	0-25	18,49	8,92	12,89	77,58	6,28	3,25	48,30
XXVI	0-28	21,66	17,12	54,80	40,37	3,97	0,88	79,01
30	0-20	18,49	11,68	55,65	40,75	3,60	—	63,16
32	0-32	24,99	15,91	50,28	47,27	0,75	1,69	63,27
35	0-30	18,33	14,57	53,19	43,93	1,30	1,58	79,49
48	0-19	14,49	7,53	29,80	56,50	12,08	1,46	51,96
48	19-33	13,83	8,77	19,90	74,80	4,33	0,91	63,41

por Mg muy altas e indeseables, en algunos horizontes superficiales.

La variabilidad de los diferentes índices está muy expresada en la tabla antes mencionada.

Los datos químicos de la Cala 13, Granja García Lavandero, en Artemisa, provincia de Pinar del Río, provenientes de un suelo *Truffin*, se corresponden, en general, con lo señalado anteriormente.

Análogamente, durante el mapeo semidetallado de los suelos correspondientes a la hoja cartográfica Stewart, en la provincia de Camagüey, fueron descritos y tomadas muestras para análisis de diez (10) trincheras de suelos *Truffin*. Los datos químicos de esas muestras se pre-

sentan en la Tabla A-1/IV, partes *a* y *b*, de la página anterior.

Nótese la alta saturación por magnesio en las trincheras XXV y 48. No hay en este juego de muestras de suelos *Truffin* pH tan ácidos como los reportados para Jagüey Grande. El valor de intercambio catiónico oscila, entre un mínimo de 14,49 *me* y un máximo de 24,99 para los primeros horizontes. En términos generales, estos suelos presentan una saturación por bases superior a aquéllos de la provincia de Matanzas, donde en el conjunto analizado, sólo en un caso el horizonte superior estuvo saturado en un 67,50 % y todos los demás fueron inferiores a esta saturación.

VARIACIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO «MATANZAS», EN UN ÁREA RELATIVAMENTE PEQUEÑA

Anexo 2

Durante el mapeo semidetallado de la zona de cítricos de Ceballos, provincia de Camagüey, además de trincheras de diferentes suelos rojos y rojo-pardusco, fueron descritas y tomadas muestras para análisis, un total de 56 (cincuenta y seis) trincheras de suelos *Matanzas*, de los cuales cuarenta y ocho (48) son típicos profundos y las restantes poco profundas.

La tabla A-2/I relaciona, el número de las trincheras y calas realizadas en el mapeo, la profundidad máxima investigada, y la fase. El área que abarca la zona de donde provienen estas trincheras es de aproximadamente 2000 hectáreas. Véase mapa adjunto.

La gráfica A-2/I relaciona los pH(CIK) obtenidos con las profundidades de donde provinieron las muestras; en esta gráfica se encuentran representadas todas las trincheras analizadas hasta 150 cm. Las analizadas hasta profundidades menores no se representan. En esta gráfica, el pH obtenido se señala en el promedio de la profundidad de donde fue tomada la muestra. Nótese la variabilidad de los pH obtenidos a diferentes profundidades; así, a 10 cm (promedio) de profundidad la gama de pH obtenidos oscila entre 5,4 y 7,2; y a 115 cm de profundidad este índice varía entre un mínimo de 4,5 y un máximo 6,9. Una trinchera, se mantuvo con pH ácidos desde los 10 cm de profundidad, hasta los 115 cm y se hizo más ácida según avan-

zamos hacia abajo (varió de 6,7 en la superficie hasta 4,5 en la profundidad); por el contrario, la trinchera 131 tiene un pH de 6,2 en los primeros 20 cm superficiales y se va tornando menos ácida según avanzamos con la profundidad (pH 6,7 entre 20-70 cm) hasta llegar a pH 7,2 entre 70-150 cm.

Tabla A-2/I

Número de trincheras	Profundidad máxima investigada, cm	Fase
3	35- 60	<i>Matanzas</i> típico
13	70-130	<i>Matanzas</i> típico
33	150	<i>Matanzas</i> típico
3	20- 40	<i>Matanzas</i> poco profundo
4	70- 80	<i>Matanzas</i> poco profundo

En el juego de trincheras analizadas de la arcilla *Matanzas*, los valores máximos y mínimos para diferentes índices de acidez, se señalan a continuación:

Índice	Valor máximo	Valor mínimo	Trinchera número	Prof. en cm
	En me/100 g.			
y_1	3,35	—	112	0-20
y_2	0,82	—	131	0-20
Al	—	—		
CO ₃ Ca	en %			
	2,3		116	50-110

Nótese que aparece una cantidad relativamente pequeña de carbonato de calcio en el último horizonte, el directa-

Tabla A-2/II

Trin- chera número	Profun- didad cm	Valor de T	Valor de S	Ca	Mg	K	Na	Valor de V en % de T
		En me/100 g		En % de S				
113	0-30	27,7	15,63	55,98	38,13	4,86	1,02	56,36
113	30-80	20,2	11,01	52,25	43,96	2,27	1,45	54,50
73	0-10	20,20	19,59	60,59	37,37	1,12	0,92	96,98
73	10-30	17,99	12,73	56,95	35,35	6,28	1,41	82,88
85	0-20	22,73	14,19	56,38	38,48	4,09	1,06	62,42
85	20-40	22,73	12,70	56,06	40,00	2,76	1,18	55,87
107	0-20	30,15	30,15	60,96	36,01	2,45	0,56	100,00
108	0-20	28,32	18,85	75,59	21,33	2,55	0,53	66,56
108	20-70	22,45	17,40	70,40	26,78	2,01	0,80	77,50

mente sustentado por el material basal, en una de las trincheras.

La cantidad de M.O. determinada en los horizontes superficiales solamente, varía entre un mínimo de 0,98 y un máximo de 4,95 %.

La tabla A-2/II relaciona el número de la trinchera; la profundidad de donde procede la muestra; el valor de T; el valor de S; la presencia porcentual, referido al valor de S, de los cationes Ca, Mg, K y Na; el valor de V en % de T. Esta tabla se refiere a perfiles de arcilla Matanzas poco profundos.

De la tabla anterior, puede constatar-se, para el valor de T, la gama siguiente:

Valor de T, en me/100 g	En % del total de muestras
Entre 10 y 15,0	14
Entre 15,1 y 20,0	26
Entre 20,1 y 25,0	35
Entre 25,1 y 30,0	13
Más de 30,0	12

Una tabulación similar para el mismo

índice y para los horizontes superficiales hasta 30 cm, de la Tabla A-2/III, ofrece:

Entre 10 y 15,0	15 %
Entre 15,1 y 20,0	27 %
Entre 20,1 y 25,0	37 %
Entre 25,1 y 30,0	11 %
Más de 30,0	10 %

Notoriamente similar a la anterior en lo referente al % del total de muestras.

La gran variabilidad del valor de intercambio catiónico, en los diferentes horizontes, se refleja en los valores mínimos y máximos obtenidos.

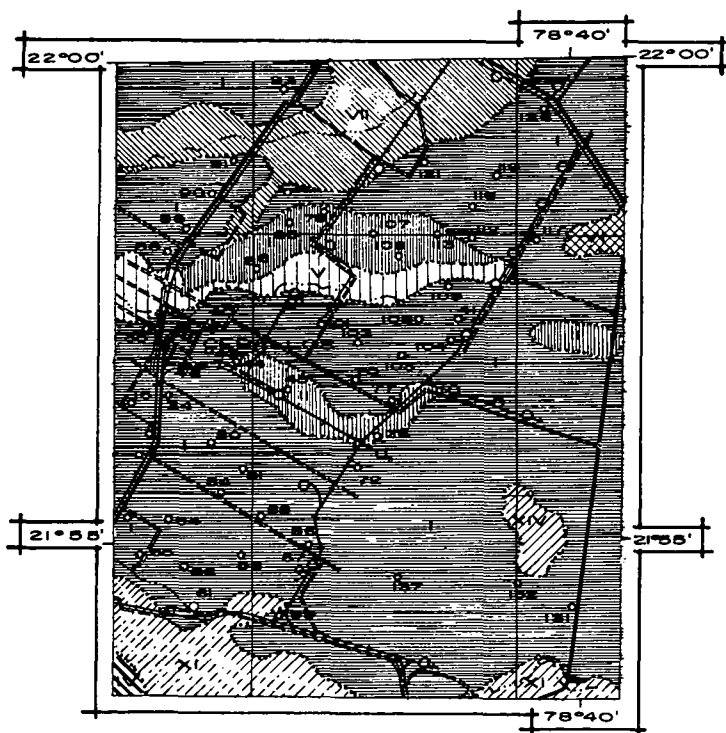
Horizonte superficial (hasta 30 cm)	Valor mínimo	Valor máximo
	En me/100 g	
	11,67	37,9

En el ochenta y seis por ciento (86 %) de los casos el valor de intercambio catiónico disminuye con la profundidad; en el porcentaje restante, o aumenta ligeramente, o permanece estático.

El valor de S en un ochenta y seis por ciento (86 %) disminuye con la profundidad; en el por ciento restante, o aumenta ligeramente o permanece estático; no hay, no obstante, correspondencia entre los valores de T y S , y debe significarse que el aumento o la disminu-

ción varían con la profundidad, independientemente uno del otro.

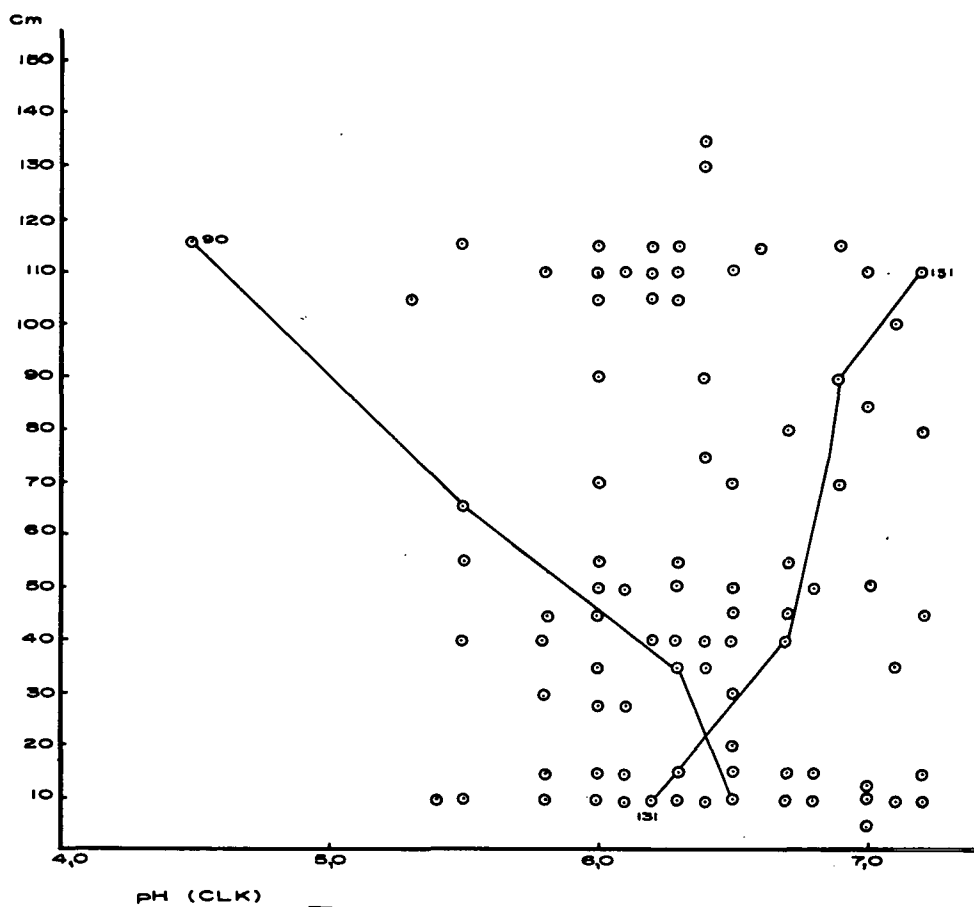
Sucede similarmente para el valor de V ; esta saturación por bases, varía para los horizontes superficiales, hasta 30 cm, desde un mínimo de 37,06 % del valor de T , hasta un máximo del 100 %.



MAPA DE SUELOS

CEBALLOS - CAMAGÜEY
escala 1:100,000

	ARCILLA MATANZAS
	ARCILLA MATANZAS POCO PROFUNDA
	ARCILLA CAMAGÜEY
	LOAM ARCILLOSO O ARENOSO PARDO
	SOBRE ARCILLA AMARILLA
	ARCILLA TRUFFIN NO TÍPICA
	LOAM ARENOSO A LOAM ARCILLOSO HATUEY
	ESCABROSO
	COMPLEJO DE SUELOS



Gráfica A-2/1

RELACIONA LOS pH (CLK) OBTENIDOS Y LAS PROFUNDIDADES DE DONDE PROVINIERON LAS MUESTRAS - SUELOS MATANZAS, ZONA DE CEBALLOS, PROV. DE CAMAGÜEY.

La gama de variabilidad para la saturación por bases, se tabula a continuación:

Valor de V, en % del valor de T	En % del total de muestras
Entre 30 y 50	5
Entre 50,1 y 70	44
Entre 70,1 y 90	32
Entre 90,1 y 99	14
Saturado al 100 %	5

La saturación por los cationes básicos es, fundamentalmente, por el calcio y el

magnesio. En contados casos la saturación por K/Na es superior al 10 % del valor de S. La saturación por Ca, expresada en % de S, tiene la gama que se tabula a continuación, con un mínimo y un máximo respectivamente de 26,75 y 78,81 para los 30 cm superficiales.

En las trincheras analizadas según se avanza con la profundidad, en el 30 % de los casos la saturación por calcio disminuye; en el 35 % de los casos la saturación por calcio aumenta y en el restante por ciento sucede que, o bien permanece prácticamente igual, o aumenta o disminuye en el horizonte inmediato si-

guiente al superficial, sucediendo lo mismo o lo inverso en el horizonte basal.

Saturación por Ca, expresado en % del valor de S (para los 30 cm superficiales)

	En % del total de muestras
Desde 20,0-30,0	2
Desde 30,1-40,0	3
Desde 40,1-50,0	26
Desde 50,1-60,0	48
Desde 60,1-70,0	16
Desde 70,1-80,0	5
Mayor de 80,0	Ninguno

Para el magnesio, en el 44 % de las trincheras la saturación por este catión aumenta con la profundidad; en el 30 %

de los casos disminuye y en el restante por ciento sucede que, o bien permanece prácticamente igual o aumenta o disminuye en el horizonte inmediato siguiente al superficial, sucediendo lo mismo o lo inverso en el horizonte basal.

Saturación por Mg, expresado en % del valor de S (para los 30 cm superficiales)

	En % del total de muestras
Desde 10,0-20,0	4
Desde 20,1-30,0	9
Desde 30,1-40,0	36
Desde 40,1-50,0	44
Desde 50,1-60,0	5
Desde 60,1-70,0	2
Mayor de 70,0	Ninguno

Tabla A-2/III

Trincheras número	Profundidad cm	pH CIK	γ_1	γ_2	Al	CO ₂ Ca %	M.O. %
			me/100 g				
758	0-20	6,2	2,14	0,05	—	—	4,58
758 ^c	20- 45	5,8	1,65	—	—	—	no det.
758	45-165	6,3	0,88	—	—	—	no det.
765	0- 15	6,2	1,02	—	—	—	3,14
765	15- 45	6,4	0,93	—	—	—	no det.
765	45-110	6,3	0,79	—	—	—	no det.
802	0- 12	5,3	3,58	0,09	—	—	4,80
802	12- 25	5,5	2,05	0,06	0,04	—	no det.
802	25-110	6,2	0,93	—	—	—	no det.
2805	0- 30	5,2	2,88	0,09	0,06	—	4,58
2805	30- 60	6,0	2,00	0,04	—	—	no det.
2805	60- 90	6,5	1,35	—	—	—	no det.
2805	90-120	5,8	1,02	—	—	—	no det.
2805	120-150	0,0	0,93	—	—	—	no det.

Se remite al lector a la saturación ideal por cationes expresados en el Capítulo V del tomo II de esta obra.

Los valores obtenidos para el nitrógeno disponible para la alimentación vegetal, así como para el fósforo, expresados respectivamente como N y P_2O_5 son muy pequeños, y presentan notoria insuficiencia en estos nutrientes.

Se tabulan a continuación los índices

de donde proviene la muestra, el valor de intercambio catiónico, el valor de S, el valor de V, y expresados en % de S la presencia de Ca, Mg, K y Na.

En estas trincheras también se manifiestan las variabilidades en los diferentes índices, así como las tendencias generales apuntadas. Nótese que el máximo valor de V fue 69,48 (horizonte de 0-15 cm, trinchera 765).

Tabla A-2/IV

Trinchera número	Profundidad cm	Valor de T	Valor de S	Ca	Mg	K	Na	Valor de V
		En me/100 g		En % del valor de S				
758	0- 20	17,38	9,46	71,35	25,58	2,21	0,95	54,43
758	20- 45	12,88	6,80	71,61	26,76	1,03	0,59	52,79
758	45-165	10,88	7,38	71,14	27,10	0,95	0,81	67,38
765	0- 15	15,63	10,86	59,85	31,95	7,27	0,52	69,48
765	15- 45	12,88	8,77	58,26	30,44	5,93	5,36	68,09
765	45-110	10,25	6,72	57,58	36,76	1,49	4,17	65,56
802	0- 12	19,03	5,81	75,21	21,17	2,75	0,86	30,53
802	12- 25	15,46	6,06	75,90	20,29	1,65	2,15	39,19
802	25-110	12,05	7,35	69,52	28,02	0,68	1,77	60,99
2805	0- 30	15,49	5,69	74,69	21,61	1,76	1,93	36,73
2805	30- 60	13,55	5,97	73,36	23,62	1,01	2,01	44,06
2805	60- 90	11,99	5,80	75,51	21,21	0,86	2,41	48,37
2805	90-120	11,07	5,74	69,69	28,57	0,87	0,87	51,85
2805	120-150	10,50	5,69	74,69	21,62	1,40	2,28	54,19

de la acidez para cuatro trincheras de suelos *Matanzas* provenientes de la zona de Jagüey Grande, provincia de Matanzas.

En la tabulación que sigue se establece el número de la trinchera, la profundi-

La ocurrencia de estos suelos en las tres provincias occidentales, de acuerdo al planimetrío realizado por nosotros en los mapas escala 1:100 000 del INRH y su capacidad agrológica se tabula a continuación. (Los % se refieren a la can-

Provincia	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clases VI y VII
Pinar del Río	38 864	6 020	70 945	2686	3381	11 191
	29 %	5 %	53 %	2 %	3 %	8 %
La Habana	119 777	38 859	4041	14 685	390	35 026
	56 %	18 %	2,7 %	7 %	0,3 %	16 %
Matanzas	104 772	50 525	22 629	20 400	—	70 665
	38 %	18 %	8 %	7 %	—	29 %
Totales	263 413	95 404	97 615	37 771	4771	116 882

idad total planimetreada de estos suelos en esa provincia.)

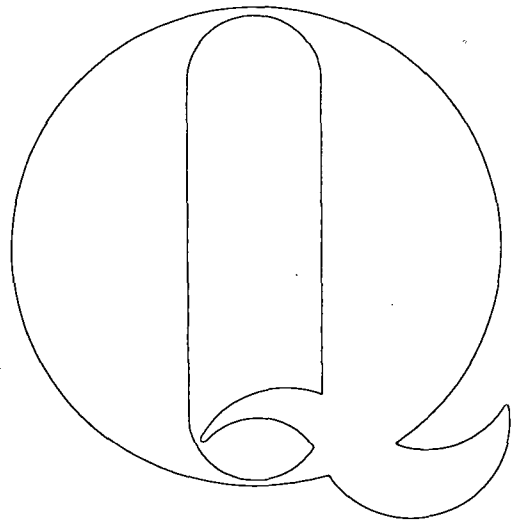
Para el 66 % de los suelos ya planime-

treados de la provincia de Camagüey, la ocurrencia de estos suelos rojos y rojo-parduscos es la siguiente:

Suelo	Área en hectáreas
Matanzas	140 747
Francisco	39 167
Truffin	31 423
Holguín	5 192
Limonos	4 569
Perico	1 120
Navajas	414
Nipe	362

En estas dieciséis mil caballerías, aproximadamente, están incluidos suelos de todas las clases agrológicas.

Capítulo III



***Características
químicas de las arcillas
y loams negros y pardos
calcáreos***

Lo común en este grupo de suelos es que se desarrollaron sobre caliza o coco, un material altamente calcáreo. La única excepción lo constituye el suelo *Palma*, sustentado por arenisca y/o conglomerados estratificados.

Debido a su origen estos suelos, en su mayoría, tienen altamente saturados su complejo adsorbente por calcio, lo que le presta friabilidad al subsuelo también. No todos los suelos en este grupo tienen buena consistencia, y son estos los suelos salinos con subsuelo firme. Por lo tanto, dividimos las arcillas y loams negros y pardos calcáreos, de acuerdo con su consistencia, en dos subgrupos: 1. con subsuelo friable, y 2. con subsuelo firme.

Se tomó también en cuenta la topografía de la región como un factor formador en el desarrollo de los distintos suelos.

Así resultó la siguiente clasificación de las arcillas y loams negros y pardos calcáreos.

1. Con subsuelo friable

a) Desarrollados sobre caliza o cocó:

arcillas negras:

Oriente, (VII)

Camagüey, (IV)

arcilla gris:

Habana, (VII)

arcillas pardas, en regiones alomadas:

Santa Clara, (IV)

Nazareno, (VI)

Palmarito, (VI)

en regiones llanas:

Tinguaro, (VII)

Jicotea, (IV)

b) Desarrollados sobre arenisca y/o conglomerados estratificados:

Palma, (IV)

2. Con subsuelo firme:

a) Desarrollados sobre caliza, suelos salinos:

arcilla gris:

Alto Cedro, (VIII)

arcillas pardas:

Alto Cedro, (VIII)

Herrera, (VIII)

Júcaro, (VIII)

Caonao, (VIII)

En suelos calcáreos no se determina el aluminio y el hierro móviles, ya que no caracterizan los horizontes genéticos de los mismos.

1. Con subsuelo friable

a) Suelos sustentados por caliza o cocó Suelos ORIENTE y CAMAGÜEY

El suelo *Oriente* es una arcilla con dos horizontes. Su topografía puede ser suavemente ondulada. Desde la superficie contiene carbonato de calcio, es un suelo

saturado. *No contiene perdigones abundantes.*

El suelo *Camagüey* es una arcilla negra cuyo perfil está mucho más diferenciado que el anterior. Pueden distinguirse en el perfil 21 los tres horizontes *A*, *B* y *C*, subdividiéndose el superior en *A*₁ y *A*₂. Del horizonte *B* conduce al *C* la capa de transición *BC*.

También los índices numéricos de las características químicas diferencian los horizontes de los suelos investigados. De acuerdo con éstos se puede hacer constar lo siguiente: mientras que el suelo *Oriente*, ya desde su superficie, contiene cal, el suelo *Camagüey* está algo lixiviado; se manifiesta poca acidez hidrolítica y cambiante en el suelo. Desde 12 *cm* de profundidad aparece cal y la cantidad aumenta en el perfil con la profundidad, hasta llegar al horizonte *C*. Esto sucede igualmente en el suelo *Oriente*.

En lo que se refiere a las condiciones químicas, ambos suelos son parecidos, saturados por calcio. Tienen alto valor de *T*, alta higroscopicidad, el contenido del magnesio adsorbido es algo mayor en el suelo *Camagüey* que en el *Oriente*, pero esto no cambia el aspecto agroquímico del mismo.

La higroscopicidad y los valores de *T* y *S* de ambos suelos son altos. Esto indica que contienen en varias cantidades el mi-

neral arcilloso del grupo de los montmorillonoides; algo más el suelo *Camagüey* que el *Oriente*. El contenido del magnesio cambiante es mayor en el suelo *Camagüey* que en el suelo *Oriente*, sin embargo, las diferencias no son grandes. Según los datos químicos, se puede concluir que hay diferencias en el material basal que sustenta los perfiles, a pesar de que es, en ambos casos, cocó, y a éstas se deben parcialmente las diferencias que existen en las condiciones agroquímicas entre los dos suelos investigados.

El color oscuro del suelo en ambos perfiles indica un suministro favorable, calcáreo, de elementos nutrientes para las plantas. El contenido de magnesio es elevado en el suelo *Camagüey*, pero todavía no es desfavorable para los cultivos. El contenido de fósforo asimilable es, en ambos suelos, alto. El contenido de nitrógeno asimilable es relativamente bajo y el potasio se encuentra aproximadamente en el mismo nivel. Con moderadas cantidades de fertilizantes, con una fórmula conveniente, se pueden obtener buenas cosechas.

Ver las gráficas 1 y 2/III-2 y las tablas 1-2, 4-5/III, en las cuales figuran los valores numéricos detallados de las características químicas de los suelos investigados.

Descripción del perfil 45

Suelo *Oriente*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Ondulada, altura 70 m s.n.m.m.

Hoja: 4878 IV Yara, coord. 500.6-176.3.

Situación: Provincia de Oriente.

A 0- 45 *cm* Arcilla negra pesada; estructura fragmentaria mediana que se disgrega en la superficie a una condición de casi polvillo hasta 6 *cm*. Es algo plástica y pegajosa cuando está húmeda; pre-

senta buen desarrollo radicular; efervesce al CIH. Al secarse, se agrieta algo hasta 30 *cm*, aproximadamente. Se encuentran muy pequeñas concreciones de hierro rojo y concreciones

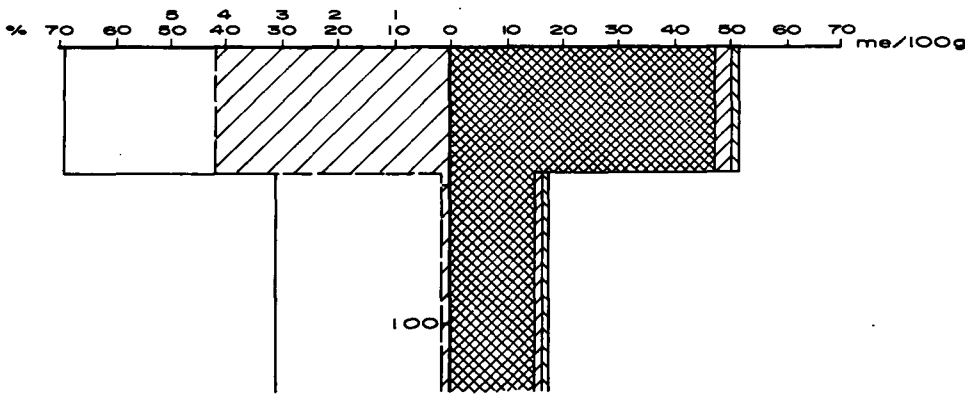
de cal y fragmentos de caracoles.

C 45-125 cm Cocó amarillento; blanquecino y crema; con nódulos calizos. Algunas vetas de cal. Muchas grietas finas donde se encuentran precipitados de hierro de color rojo oscuro.
Vegetación nativa: Guási-

mas, palma real, y pastos naturales.

Cultivos asociados: Caña de azúcar; M. L. 3-18 (Media Luna) con 9 meses de plantada; con buen desarrollo y potreros de pastos naturales. Drenaje interno y externo buenos; buena productividad.

ORIENTE 45



Gráfica 1/III - 2

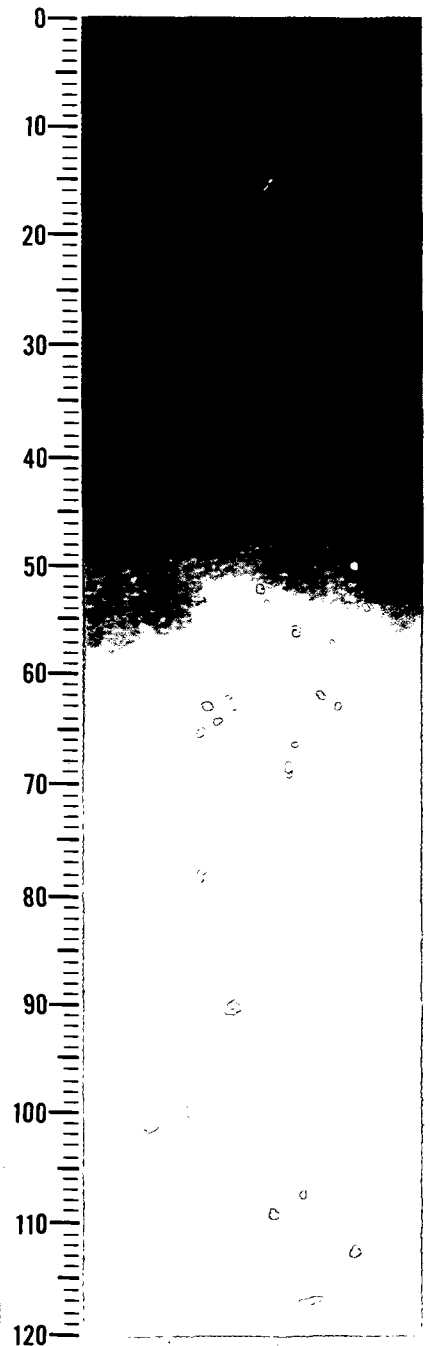
Tabla 1/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (Pa)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 45	7,2	7,2	—	—	7,8	15,50	4,16	240	6	2,8
45-125	7,4	7,4	—	—	76,0	5,15	0,10			

Tabla 2/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			v. %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 45	51,79	51,79	—	100	47,50	3,08	0,59	0,62
45-125	16,74	16,74	—	100	15,0	1,44	0,07	0,23

PERFIL No. 45



ARCILLA Oriente

Tabla 3/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	15 700	600	400	235	100	45
Nivel	Muy alto	De bajo a mediano	De bajo a mediano	Muy bajo	Mediano	Alto

Descripción del perfil 21

Suelo *Camagüey*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Alomada, altura 80 m s.n.m.m.

Hoja: 4580 I Florida, coord. 789.800-197.310.

Situación: Provincia de Camagüey.

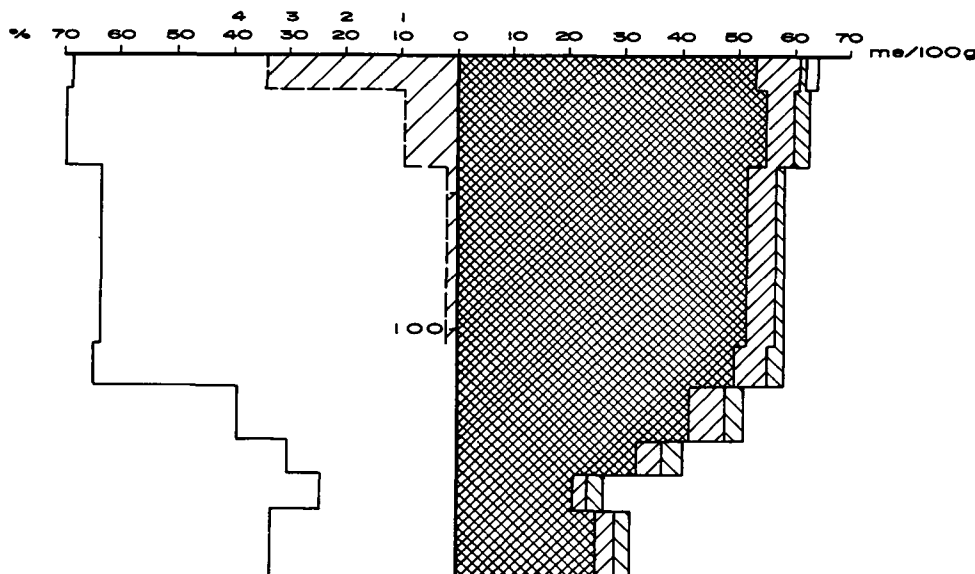
*A*₁ 0- 12 cm Arcilla negra, pesada; pegajosa cuando está húmeda, compacta cuando seca. De reacción neutral. Buen desarrollo radicular.

está húmeda. De reacción poco alcalina. Buen desarrollo radicular. Concreciones de cal semiduras.

*A*₂ 12- 40 cm Arcilla pesada de color gris oscuro, viso amarillento. Pegajosa cuando

*B*₁ 40-105 cm Arcilla plástica y algo pegajosa, de color gris. Concreciones de cal y pequeños terrones de

CAMAGÜEY 21



Gráfica 2/III-2

carbonato de calcio blanquecinos, blandos. Muchos agregados de cristales de cuarcita, y cuarzo, algunos de color rosado. Esta arcilla al romper con su estructura, parte en bloques amorfos con gran brillo en la superficie, como si estuviera bruñida. Si se rompe la estructura aparece un color amarillo, como pequeños puntos. El desarrollo radicular de las plantas

pequeñas es regular, y bueno el de los árboles grandes.

B₂ 105-120 *cm* Arcilla plástica y pegajosa de color gris amarillento. Con terrones de carbonato de calcio, semiduros, de color blanquecino. Efervesce mucho al ácido clorhídrico. Muchos agregados de cristales de cuarcita y cuarzo.

BC 120-140 *cm* Arcilla calcárea, de color blanco amarillento, manchada por cal, blan-

PERFIL No. 21

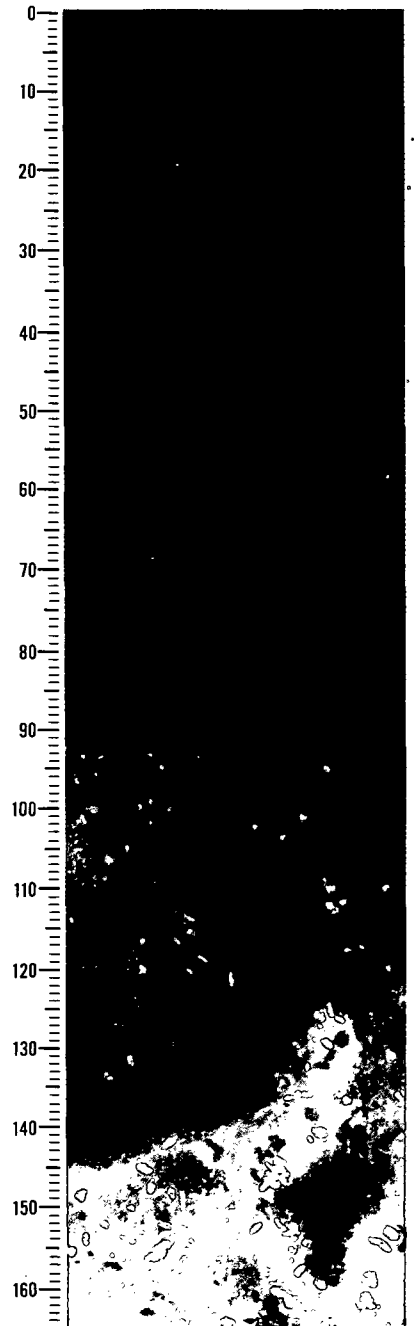


Tabla 4/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M.O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			<i>me/100 g</i>							
0- 12	7,0	6,3	2,72	0,84	—	15,19	3,42	200	5	2,0
12- 40	7,0	7,0	—	—	3,2	15,56	0,96		1	1,5
40-105	7,3	7,0	—	—	8,6	14,50	0,17			
105-120	7,3	7,0	—	—	9,6	14,76	0,03			
120-140	7,5	7,2	—	—	32,6	10,75				
140-152	7,5	7,5	—	—	9,6	11,17				
152-165	7,5	7,5	—	—	56,2	7,22				
165-190	7,5	7,5	—	—	44,0	7,60				

Tabla 5/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, <i>cm</i>	Valor de			<i>V, %</i>	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
					<i>me/100 g</i>			
0- 12	63,86	61,86	2,0	99	52,78	8,06	0,50	0,52
12- 40	62,24	62,24	—	100	55,12	5,26	0,34	1,52
40-105	59,02	59,02	—	100	51,39	5,10	0,20	1,33
105-120	58,0	58,0	—	100	49,0	6,29	0,28	2,43
120-140	50,60	50,60	—	100	41,12	6,41	0,24	2,83
140-152	39,87	39,87	—	100	32,05	4,40	0,16	3,26
152-165	25,26	25,26	—	100	20,32	2,67	0,10	2,17
165-190	30,58	30,58	—	100	24,64	3,33	0,10	2,51

ARCILLA Camagüey

ca y blanda. Se encuentra una capa de 5-6 cm como esquistos de arena calcárea de color gris claró verdusco.

poca pendiente, tiene un color más oscuro, con mayor contenido de materia orgánica y el perfil es más profundo. *No contiene perdigones.* Es un suelo joven.

El perfil del suelo *Habana* es bien dife-

Tabla 6/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	17 400	1600	300	200	80	35
Nivel	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

C₁ 140-152 cm Material calcáreo de color amarillo, con concreciones de carbonato de calcio, semiduros, agregados de los cristales de calcita. Compuesto por arenisca silícea de color amarillo verdoso, arcilla gris azulosa y amarilla.

C₂ 152-165 cm Cocó blanco, manchado de amarillo, con agregados de los cristales de calcita. Interestratificados, en forma de capas, con arcilla amarilla y verdosa.

C₃ 165-190 cm Cocó con esquistos de arcilla calcárea de color blanco y blanco grisáceo, manchada de color amarillo.

renciado y pueden distinguirse en él los tres horizontes genéticos principales A, B y C. Los resultados del análisis elemental de la parte arcillosa del suelo *Habana* los presentamos en la tabla 7/III.

Tabla 7/III

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO HABANA

Horizonte	A	B	C ₁	C ₂
SiO ₂	53,30	49,95	36,45	39,48
Al ₂ O ₃	13,67	12,83	6,18	3,43
Fe ₂ O ₃	9,93	7,90	6,10	7,28
P.p.i.	14,47	14,60	14,93	12,16
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,53	4,75	6,21	8,30
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	6,64	6,61	10,07	19,73
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	14,61	16,85	16,16	14,31

El perfil es poco profundo y el contenido de materia orgánica es relativamente bajo. Contiene carbonatos desde la superficie, y este por ciento aumenta con la profundidad como sucede generalmente en los suelos derivados de caliza y/o cocó. La capacidad de intercambio catiónico (el valor de T) es muy alta en el horizonte A y disminuye con la profundidad hasta llegar a su valor mínimo en la capa C₁. La saturación por calcio disminuye moderadamente en el perfil y la del sodio, al revés, aumenta un poco con la profundidad, pero sin causar aún condiciones químicas desfavorables en las

Suelo HABANA

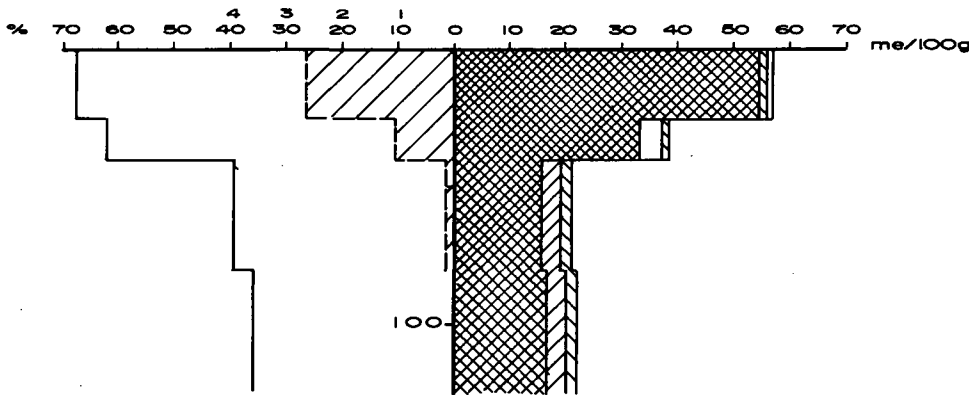
El suelo *Habana* es una arcilla pesada de color gris, altamente calcárea, con topografía típicamente alomada. En este tipo de suelo donde había habido buen drenaje, el color gris característico evolucionó por la acción del suelo calcáreo en la materia orgánica; el suelo se deriva de material calcáreo, como cocó y caliza interestratificada. En lugares bajos con

capas inferiores. Véanse los índices numéricos que figuran en las tablas 8 y 9/III.

Según los datos numéricos que figuran en éstas se concluyen que hay predomi-

de su explotación agrícola las determina la topografía del terreno, ya que depende de la pendiente. El suelo *Habana* requiere para su conservación trabajos especiales como la construcción de terra-

HABANA 8



Gráfica 3/III-2

nio de una mezcla de montmorillonita e illita en el parte arcillosa del suelo *Habana*.

Este suelo necesita moderada fertilización, en primer lugar, con nitrógeno y potasio. Sin embargo, las posibilidades

zas, y en las pendientes menores, la siembra en fajas.

Sigue la descripción detallada del perfil de suelo investigado y se recomienda la gráfica 3/III-2 y las tablas 8-10/III también.

Descripción del perfil 8

Suelo *Habana*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Alomada, altura 100 m s.n.m.m.

Hoja: 3785 II Jaruco, coord. 374-359.

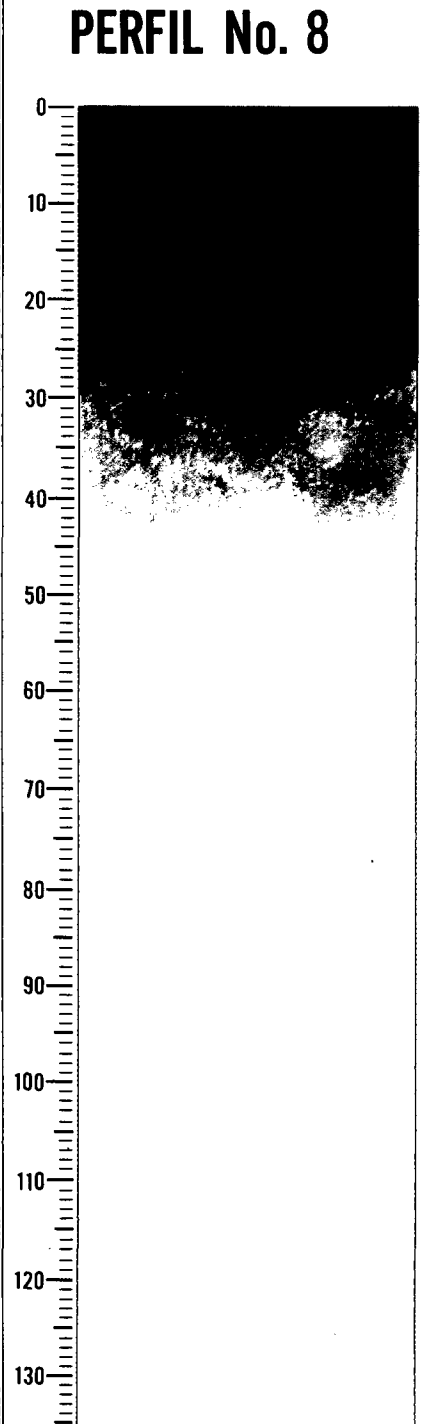
Situación: Provincia de La Habana.

A 0- 25 cm Arcilla de color negra, grisácea, con estructura columnal. Efervesce un poco al ClH. Cuando está seca se agrieta. Los agregados son duros y semiduros, poliédricos. Se encuentran pequeñas concreciones de cal. La

superficie, hasta 1-2 cm, es friable, por influencia de la vegetación, pero después se agrieta profundamente hasta la capa del cocó.

Poca humedad.

B 25- 40 cm Capa de transición. Arcilla muy calcárea, de color



ARCILLA Habana

gris ceniciento hasta gris blanquecino. Gran cantidad de fragmentos grandes, de grava de carbonato de calcio, concreciones de cal. En las líneas de grietas la materia orgánica está lavada de la superficie. Poca humedad. A los 40 cm desaparece la

C₁ 40- 80 cm

C₂ 80-120 cm

estructura columnal. Abundantes raíces.

Cal arcillosa, de color crema, manchada de rosado-amarillo, muy compacta y dura.

Cocó, color blanco y crema, frecuentemente con capas de caliza dura y semidura.

Tabla 8|III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 25	7,5	7,2	—	—	4,0	14,55	2,65	120	3	2,5
25- 40	7,5	7,3	—	—	24,8	11,61	1,05	60	2	2,3
40- 80	8,0	8,0	—	—	54,4	6,50	0,10			
80-120	8,0	8,0	—	—	56,0	4,93	—			

Tabla 9|III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 25	56,0	55,67	0,33	99	50,0	4,40	0,49	0,78
25- 40	38,31	38,31	—	100	33,33	3,94	0,22	0,82
40- 80	20,95	20,95	—	100	15,67	3,50	0,15	1,63
80-120	21,32	21,32	—	100	15,83	3,68	0,14	1,67

Tabla 10|III
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	16 500	900	300	300	50	40
Nivel	Muy alto	De mediano a alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

Suelos SANTA CLARA, NAZARENO y PALMARITO

Son suelos típicos para las regiones con topografía relativamente alomada en el interior del país. En cuanto a su textura son arcillas, arcillas loamosas y loams, con perfiles bien diferenciados.

Los suelos *Santa Clara* son arcillas pardas, derivados de material calcáreo. Investigamos dos perfiles, tomado uno de ellos en la provincia de Pinar del Río (N.º 9) y el otro en la provincia de Las Villas (N.º 43).

En estos suelos se encuentran los siguientes horizontes: *A, B, BC y C.*

En los suelos *Santa Clara* no se encuentran perdigones.

El suelo *Nazareno* es parecido al *Santa Clara*, con algunos perdigones en el horizonte *BC*, éste es más profundo que en los suelos *Santa Clara*. El perfil investigado fue tomado en la provincia de la Habana.

En éste pueden distinguir los mismos horizontes que en los anteriores.

El suelo *Palmarito* es una arcilla loamosa, parda, derivada de caliza joven, caliza arenosa, conglomerado de caliza y arcilla altamente calcárea, con estratos. El perfil investigado fue tomado en la provincia de Pinar del Río. Contiene algunos perdigones negros, de hierro.

Tabla 11/III

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO SANTA CLARA

Horizonte	A	B	BC	C ₁	C ₂
SiO ₂	54,61	53,09	51,65	43,96	47,31
Al ₂ O ₃	7,96	6,57	5,97	5,50	4,93
Fe ₂ O ₃	20,67	12,29	7,71	8,47	8,48
P.p.i.	12,45	10,54	10,60	12,26	11,67
SiO ₂ /R ₂ O ₃	6,32	6,26	7,85	6,88	7,79
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	12,10	13,81	14,08	13,69	16,33
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	13,70	11,45	17,74	13,90	14,88

Este suelo es bien diferenciado, se distinguen en el perfil los horizontes *A, B y C* divididos en subhorizontes.

Los datos de los análisis elementales los presentamos en las tablas 11 y 12/III.

Tabla 12/III

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO PALMARITO

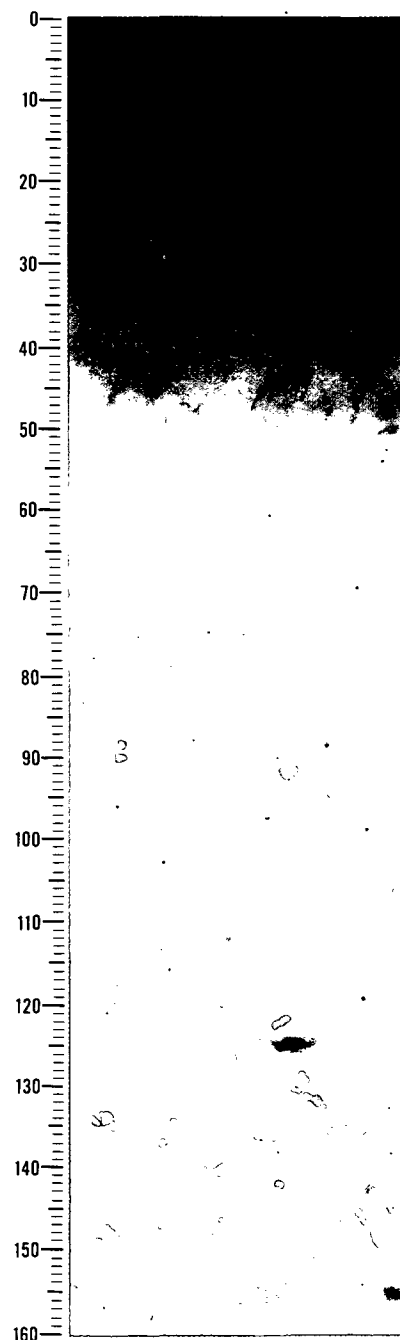
Horizonte	A	B	C ₁	C ₂
SiO ₂	51,35	45,50	47,01	46,17
Al ₂ O ₃	17,19	12,48	11,88	13,56
Fe ₂ O ₃	11,95	9,49	10,65	10,30
P.p.i.	10,66	11,24	9,58	12,28
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,49	4,19	4,78	3,94
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,04	6,21	6,72	5,79
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	11,39	12,84	11,73	12,34

Los suelos en cuestión son todos calcáreos desde la superficie. La única excepción la hace el suelo *Palmarito* el cual, por lixiviación, no contiene cal en el horizonte *A*. Las arcillas *Santa Clara* y la arcilla loamosa *Nazareno* tienen muy alta capacidad de intercambio catiónico (valor de *T*) en sus horizontes *A y B*, mientras que el suelo *Palmarito*, aunque contiene menos de la fracción arcilla (en cuanto a su textura es un loam), tiene relativamente bajos valores de *T* en los horizontes correspondientes. Las condiciones de la capacidad de intercambio catiónico se reflejan en el nivel de nutrición de las plantas también.

La saturación del complejo adsorbente por Ca en todos los perfiles investigados es muy alta, superior a 85 % del valor de *S* en promedio. La saturación por Mg es variada, pero en ningún caso excede el 12 % del valor de *S*. Los cationes K y Na participan con bajos por cientos en la saturación del complejo adsorbente de estos suelos. En cuanto a los detalles de los índices numéricos de las características químicas véanse las tablas 13-14, 16-17 19-20/III.

De acuerdo con esto se puede concluir que los suelos investigados contienen en sus distintos horizontes una mezcla de los minerales arcillosos parecidos a la montmorillonita e illita en variadas proporciones.

PERFIL No. 9



ARCILLA Santa Clara, FASE AMARILLENTO

Los suelos *Santa Clara* y *Nazareno* se encuentran en regiones alomadas y por lo tanto, la profundidad de su perfil es bastante variada, de la cual depende en general su productividad. Esto se refiere en primer lugar, a su contenido de materia orgánica y de nitrógeno asimilable.

La construcción de terrazas en las pendientes mayores será muy eficaz para impedir las pérdidas de la capa superficial por la erosión del agua, y podrán resultar mayores los rendimientos. Estos suelos, con buen drenaje, son muy productivos, y son relativamente fáciles de man-

tener en buenas condiciones de cultivo.

El suelo *Palmarito* es un suelo pobre, no es tan productivo como los anteriores. Sin fertilización en grandes proporciones no dará resultado satisfactorios. Pero con buena labranza y abono mineral más orgánico se puede elevar su productividad.

Sigue la descripción de los perfiles de los suelos discutidos, además las gráficas 4-7/III-2 y las tablas adjuntas presentan detalladamente los datos numéricos de las características químicas que sirvieron de base para las evaluaciones anteriores.

Descripción del perfil 9

Suelo *Santa Clara*, fase amarillenta.

Textura: Arcilla.

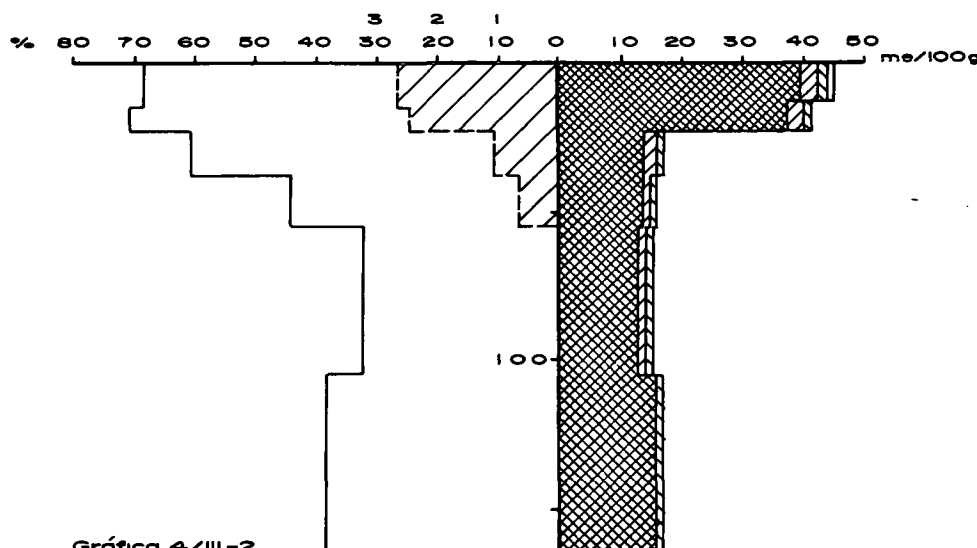
Topografía: Suavemente alomada, la superficie está cubierta en ciertos lugares por fragmentos de caliza.

Altura 60 m s.n.m.m.

Hoja: 3684 I Guanajay, coord. 343.75-352.00.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

SANTA CLARA 9



Gráfica 4/III-2

- A₁* 0- 15 *cm* Arcilla plástica y pegajosa, cuando está húmeda. Parda, bastante oscura, con fragmentos duros y medianamente duros, con pocas concreciones de caliza. Contiene a la profundidad de 10 *cm* algunas gravas de 10-15 *cm* de tamaño y más pequeñas. De reacción alcalina.
- A₂* 15- 23 *cm* Arcilla pardo rojizo, medianamente friable, fragmentos de conchas, concreciones de carbonato de calcio. De reacción alcalina.
- B* 23- 38 *cm* Arcilla con gravas de color pardo rojizo, abundantes nódulos de caliza; medianamente friable.
- BC* 38- 55 *cm* Capa de transición, arcilla gredosa friable de color amarillo rojizo; con concreciones calcáreas duras y semiduras.
- C* 55-165 *cm* Cocó de color crema y blanquecino, estratos (1-2 *cm*) de caliza gredosa semidura. Fragmentos de caliza dura. Vegetación: Palma real, mango. Cultivo: Caña de azúcar en estado regular.

Descripción del perfil 43

Suelo *Santa Clara*.

Textura: Arcilla.

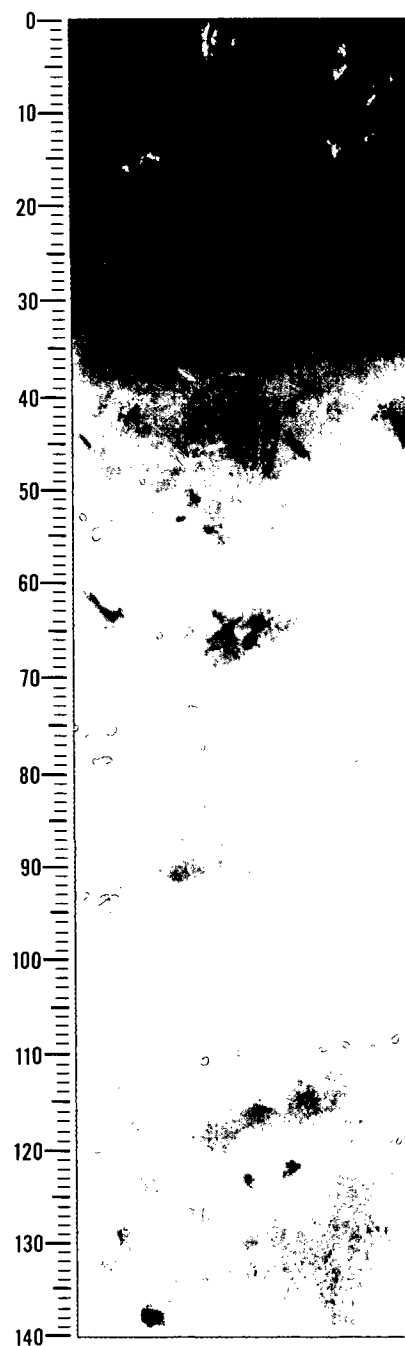
Topografía: Ondulada, altura 40 m s.n.m.m.

Hoja: Santo Domingo, coord. 578.7-305.7.

Situación: Provincia de Las Villas.

- A₁* 0- 28 *cm* Arcilla pardo oscuro, friable, plástica cuando está húmeda; cuando se disgrega lo hace en fragmentos poligonales y granulares de menos de 1 *mm* a 10 *mm*. Efervesce al CIH. Muchos fragmentos pequeños de caliza.
- A₂* 28- 40 *cm* Arcilla pardo amarillento, plástica cuando está húmeda. Friable cuando seca. Con muchas raíces. Muchos fragmentos blandos, blancos. Pequeños cantos duros de cuarzo. Efervesce algo al CIH.
- B* 40- 50 *cm* Arcilla pardo amarillento. Friable. Efervesce mucho al CIH. Con alto contenido de fragmentos pequeños de caliza de 2 *mm*, y algunos grandes hasta de 5 *cm*. Algunos cantos de cuarzo. Con menos raíces que el horizonte anterior.
- BC* 50- 60 *cm* Arcilla amarilla, friable, con alto contenido de cal precipitada. Pequeños fragmentos de caliza y concreciones de cal. Efervesce mucho al CIH. Algunas raíces.
- C₁* 60- 85 *cm* Material amarillo (marga) caliza pulverulenta. Fragmentos duros de caliza. Efervesce mucho al CIH. Algunos nódulos de caliza de 2 *mm*-a 1 *cm* de diámetro. Algunas raíces.
- C₂* 85-160 *cm* Cocó amarillo, algo pardusco. Algo plástico cuando está húmeda. Friable, con abundantes nódulos de caliza de 2 *mm* a 1 *cm* de diámetro. Con escasas raíces.

PERFIL No. 43

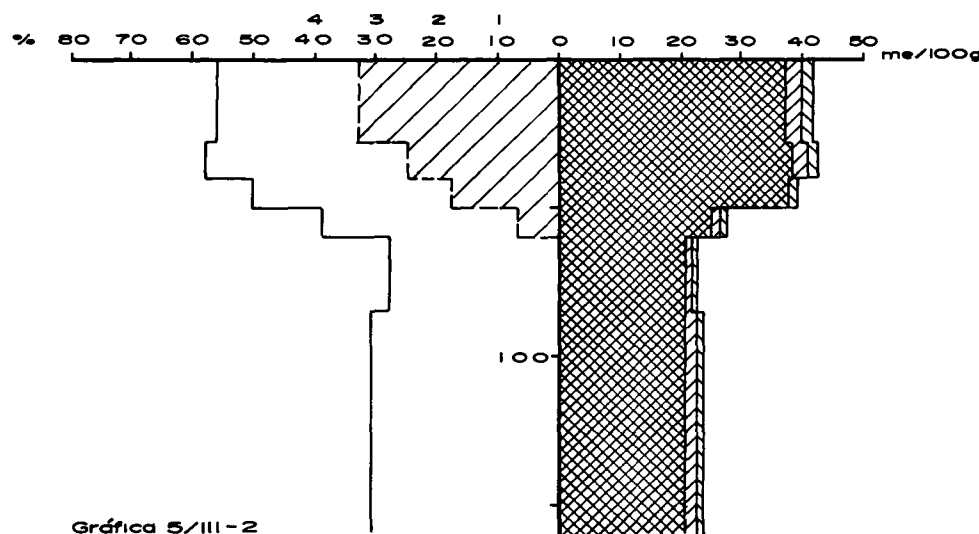


ARCILLA Santa Clara

Efervesce mucho al CIH.
 Pequeños fragmentos de caliza en abundancia.
 Vegetación nativa: Ateje, Palma real, Ceiba, Jiribilla.

Cultivo asociado: Caña de azúcar, en retoño, presenta buen aspecto. Pangola, recientemente pasada.
 Productividad: buena.

SANTA CLARA 43



Gráfica 5/III-2

Tabla 13/III
 ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (Pa)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			mg/100 g							
<i>Perfil 9'</i>										
0- 15	7,5	7,2	—	—	4,0	13,55	2,70	160	4	2,5
15- 23	7,5	7,3	—	—	16,4	13,71	2,48	160	4	2,1
23- 38	7,5	7,3	—	—	17,6	10,06	1,12	60	2	1,6
38- 55	7,5	7,3	—	—	40,0	6,73	0,69			
55-105	7,5	7,5	—	—	56,0	4,45	—			
105-165	7,5	7,5	—	—	60,0	5,14	—			
<i>Perfil 43'</i>										
0- 28	7,3	7,3	—	—	4,6	11,17	3,30	190	5	2,9
28- 40	7,0	7,0	—	—	2,2	11,95	2,49	140	4	1,3
40- 50	7,0	7,0	—	—	3,7	10,67	1,74	100	2	0,8
50- 60	7,2	7,2	—	—	32,0	6,39	0,69			
60- 85	7,2	7,2	—	—	45,1	4,88	—			
85-160	7,1	7,1	—	—	41,3	5,88	—			

Tabla 14/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil 9</i>								
0- 15	44,0	43,80	0,20	99	39,45	2,95	0,86	0,54
15- 23	41,05	41,05	—	100	37,16	2,51	0,82	0,56
23- 38	16,58	16,68	—	100	13,51	2,05	0,55	0,47
38- 55	15,40	15,40	—	100	13,54	1,15	0,28	0,43
55-105	14,20	14,20	—	100	12,98	0,78	0,14	0,30
105-165	15,70	15,70	—	100	15,0	0,25	0,15	0,30
<i>Perfil 43</i>								
0- 28	40,95	40,95	—	100	37,50	2,26	0,56	0,63
28- 40	41,53	41,53	—	100	38,75	2,06	0,31	0,41
40- 50	39,13	39,13	—	100	36,25	2,26	0,23	0,39
50- 60	26,64	26,64	—	100	25,0	1,23	0,13	0,28
60- 85	21,78	21,78	—	100	20,61	0,82	0,09	0,26
85-160	22,47	22,47	—	100	20,61	1,44	0,10	0,32

Tabla 15/III
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil 9</i>						
kg/ha	13 000	600	550	200	65	40
Nivel	Alto	Mediano	Mediano	Muy bajo	Bajo	Alto
<i>Perfil 43</i>						
kg/ha	12 400	450	350	250	80	50
Nivel	Alto	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

Descripción del perfil 7

Suelo Nazareno.

Textura: Arcilla.

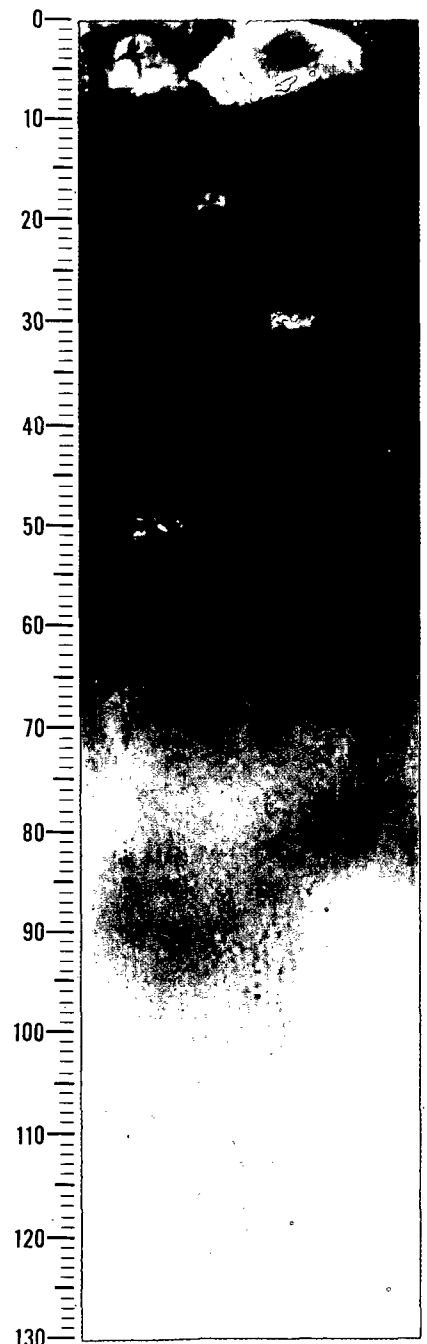
Topografía: Alomada, altura 115 m s.n.m.m.

Hoja: 378 IV Bejucal, coord. 369-339.

Situación: Provincia de La Habana.

- A** 0- 10 cm Arcilla pesada, negra poco friable con muchas raíces. Efervesce un poco al ácido clorhídrico; de reacción poco alcalina.
- B** 10- 50 cm Arcilla dura. Cuando está seca se agrieta en todas las direcciones. Pocas raíces. A los 20, 40, 60 cm se encuentran piedras con diámetro de 10 cm.

PERFIL No. 7

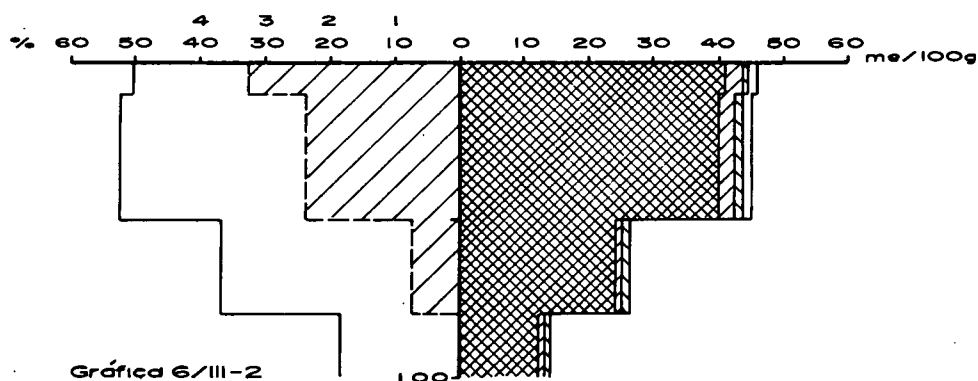


ARCILLA Nazareno

En 30-50 cm hay una capa con concreciones y fragmentos de cal. Donde la erosión destruye la superficie, se encuentra la capa cal-

está seca. Al secarse es friable. Concreciones de hierro, negras. Muy pequeñas concreciones calcáreas; manchas blancas. Efervesce mu-

NAZARENO 7



Gráfica 6/III-2

BC 50- 80 cm Arcilla calcárea. De 50-60 cm es la capa de transición. De color amarillo, con grietas si

C 80-110 cm Cal blanca, blanda; casi totalmente descompuesta.
110- Roca basal. Caliza, medianamente dura.

Tabla 16/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (ty) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 10	7,2	7,2	—	—	1,6	10,50	3,26	190	5	1,6
10- 50	7,2	7,2	—	—	1,6	9,53	2,41	140	5	1,1
50- 80	7,3	7,3	—	—	32,0	6,16	0,76			
80-100	7,5	7,5	—	—	64,0	3,0	—			

Tabla 17/III

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 10	45,0	44,80	0,20	100	40,70	2,95	0,60	0,55
10- 50	44,57	44,37	0,20	100	41,16	2,37	0,41	0,43
50- 80	25,80	25,80	—	100	23,95	1,26	0,24	0,35
80-100	13,40	13,40	—	100	12,74	0,25	0,14	0,24

Tabla 18/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	13 450 Alto	600 De bajo a mediano	400 De bajo a mediano	200 Muy bajo	80 Bajo	25 Mediano

Descripción del perfil 17

Suelo *Palmarito*.

Textura: Loam arcilloarenoso.

Topografía: De ondulada a alomada, altura 60 m s.n.m.m.

Hoja: San Cristóbal, coord. 292.3-255.5.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

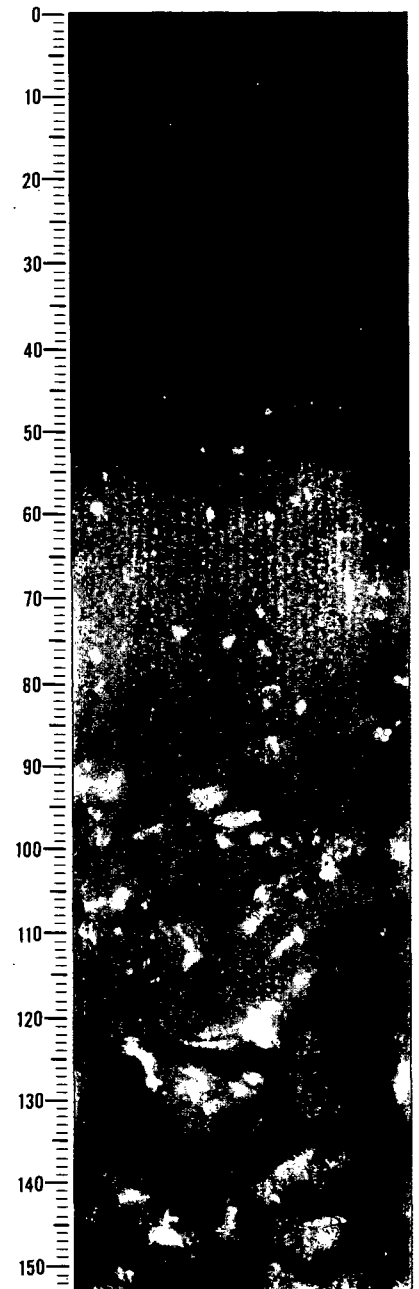
A_1 0- 11 cm Loam arcilloso friable de color pardo oscuro. No efervesce al ácido clorhídrico. Se disgrega fácilmente con las labores de cultivos, es decir, tiene una buena estructura. Buen desarrollo radicular. Humedad mediana.

A_2 11- 23 cm Loam arcilloso de color pardo, de reacción neutra. Humedad mediana, menor desarrollo radicular; algo más compacto que el horizonte anterior. Ligera efervescencia en algunas partes.

B_1 23- 43 cm Loam arcilloso, pardo amarillento con un viso rojizo; efervesce un poco al ácido clorhídrico. Menor desarrollo radicular. Algo más compacto que el horizonte anterior. Contiene muy pequeños fragmentos de piedra.

B_2 43- 57 cm Capa de transición. Loam arcillo-arenoso fino. Amarillo pardusco, manchado por pardo; friable; altamente calcáreo, con terrones duros de material calcáreo, blanco.

PERFIL No. 17

LOAM ARCILLO-ARENOSO
Palmarito

*C*₁ 57-100 *cm* Material gredoso, color amarillo claro. Con mayor contenido de concreciones calcáreas (5 *mm*) y algunas concreciones negras.

*C*₂ 100-130 *cm* Material gredoso de color amarillo pardo pálido, manchado de gris claro y blanquecino. Con estratos de arenisca de color casi negro. Mayo-

res concreciones calcáreas, blandas y duras. Concreciones negras.

*C*₃ 130-160 *cm* Caliza arenosa de color gris claro, moteado de amarillo rojizo, rojo. Manchas negras; concreciones de caliza. Material agregado en forma de arena y arcilla de tamaño de 10-20 *cm*.

PALMARITO 17

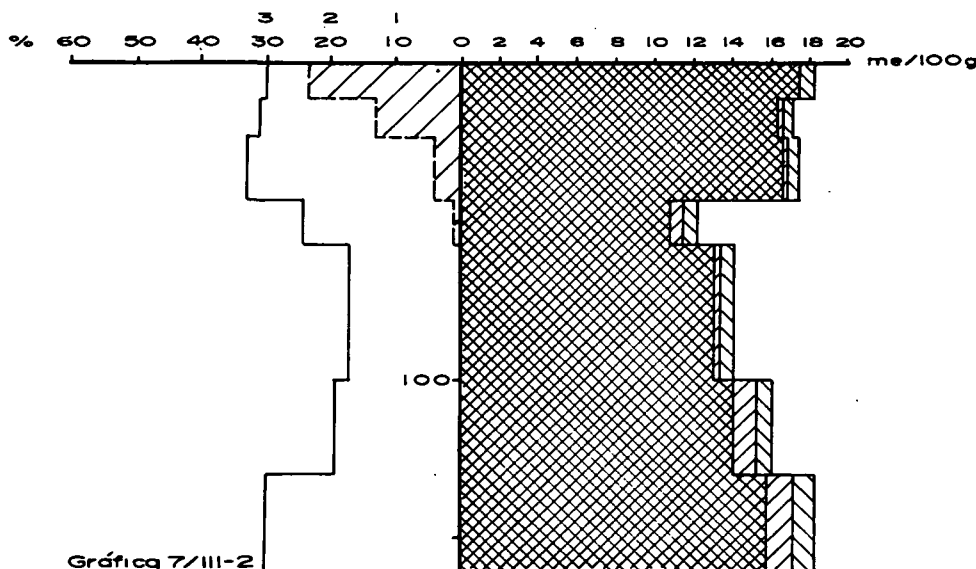


Tabla 19/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>h_y</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			<i>me/100 g</i>							
0- 11	7,3	7,3	0,55	—	—	5,61	2,34	130	3	2,3
11- 23	7,0	7,0	0,44	—	—	5,55	1,32	70	2	1,5
23- 43	7,3	7,3	—	—	2,4	5,27	0,39			
43- 57	7,5	7,5	—	—	36,0	3,66	0,10			
57-100	7,5	7,5	—	—	49,0	2,41	0,03			
100-130	7,5	7,5	—	—	44,0	2,62	—			
130-160	7,5	7,5	—	—	28,0	4,44	—			

Tabla 20/III

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 11	18,15	18,15	—	100	17,57	—	0,32	0,26
11- 23	16,95	16,95	—	100	16,31	0,04	0,34	0,26
23- 43	17,37	17,37	—	100	16,72	0,04	0,26	0,35
43- 57	12,07	12,07	—	100	10,91	0,58	0,15	0,43
57-100	14,03	14,03	—	100	13,08	0,41	0,15	0,39
100-130	15,80	15,80	—	100	14,12	1,06	0,15	0,47
130-160	17,85	17,85	—	100	15,85	1,27	0,28	0,45

Tabla 21/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	5800	—	200	100	50	40
Nivel	Alto	—	Bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

Suelos TINGUARO y JICOTEA

Son suelos con topografía llana. El suelo *Jicotea*, por su posición baja contiene más de la fracción arcilla que el suelo *Tinguaro* y, por lo tanto, en su superficie, frecuentemente se acumulan aguas de las lluvias abundantes en la época pluviosa

del año. El suelo *Tinguaro* es más parecido al suelo *Santa Clara*.

Los datos de los análisis elementales están representados en la tabla 22/III.

Mientras que el suelo *Tinguaro* está un poco lixiviado en el subhorizonte A_1 (en la capa superficial desaparecieron los carbonatos), el *Jicotea* los contiene desde

Tabla 22/III

ANÁLISIS ELEMENTAL

N.º del perfil	<i>Tinguaro</i> , 27				<i>Jicotea</i> , 34		
Horizonte cm	A 0-32	B 32-58	BC 58-110	C 110-140	A 0-17	$B_1 + B_2$ 17-110	B_2 110-170
SiO ₂	54,0	42,70	31,31	29,48	58,05	57,70	63,45
Al ₂ O ₃	14,29	9,05	6,32	0,44	7,25	10,42	10,12
Fe ₂ O ₃	7,44	2,16	2,15	—	3,07	3,07	4,51
MnO	0,40	0,19	0,05	0,03	0,55	0,44	0,56
CaO	3,71	20,68	33,95	42,88	8,24	9,86	5,01
MgO	3,96	2,08	0,56	0,04	2,34	1,43	1,34
K ₂ O	0,22	0,16	0,15	0,14	0,42	0,62	0,66
Na ₂ O	0,10	0,11	0,10	0,13	0,17	0,30	0,22
P ₂ O ₅	0,15	0,16	0,15	0,07	0,26	0,38	0,21
P.p.i.	14,62	22,10	25,45	25,62	19,58	16,09	13,06
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,80	6,90	6,90	—	10,80	8,0	8,30

su superficie. Entre los cationes cambiables predominan, en ambos suelos, los del calcio. Los cationes de magnesio están presentes en alguna mayor cantidad en los suelos en cuestión, que en los tipos de suelos calcáreos con topografía alomada. Las características físicas las determina el alto contenido de calcio intercambiable en los suelos *Tinguaro* y *Jicotea*.

El perfil del suelo Jicotea es muy profundo, más profundo que el del *Tinguaro*. De acuerdo con la distribución de la cal en ambos perfiles se puede concluir que hay alguna diferencia en el material basal, el cual sustenta estos perfiles investigados por nosotros.

Los índices numéricos que se refieren a la parte arcillosa de los suelos *Tinguaro* y *Jicotea* (véase en las tablas 23-24 y 26-27/III) nos indican lo siguiente: en comparación con la higroscopicidad, los valores de *T* son altos, en el suelo *Tinguaro* más altos que en el *Jicotea*. La higroscopicidad de la parte arcillosa en ambos suelos es aproximadamente igual, lo que indica que la parte arcillosa de los dos suelos contiene en variadas propor-

ciones los distintos tipos del mineral arcilloso, y predomina, por supuesto, el tipo montmorillonítico.

El contenido del calcio y del magnesio es suficiente en ambos suelos para producir altas cosechas. No se puede decir lo mismo en cuanto a los demás elementos de la nutrición vegetal. Los suelos en cuestión necesitarán una fertilización adecuada de acuerdo con los datos que figuran en las tablas 25 y 28/III, respectivamente, el suelo *Jicotea*, por su alto contenido de materia orgánica, es más productivo que el suelo *Tinguaro*.

Con buenos cultivos y preparación del suelo, se puede conservar la humedad en ambos suelos y reservarla para la época de la sequía.

Con pequeñas adiciones de fertilizantes minerales, se pueden obtener mayores rendimientos por área.

A continuación se ofrece la descripción detallada de los perfiles de suelos investigados; además las gráficas 8 y 9/III-2 por un lado, y las tablas 23-28/III, por el otro, indican los índices numéricos de las características químicas por capas de suelo.

Descripción del perfil 27

Suelo *Tinguaro*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 70 m s.n.m.m.

Hoja: Los Arabos, coord. 530.5-322.5.

Situación: Provincia de Las Villas.

*A*₁ 0- 17 cm Arcilla pardo oscura, compacta y pesada. Pegajosa cuando está seca. El sistema radicular es pobre. Algunos fragmentos blancos pequeños. Sin CaCO₃. De reacción ácida. Húmeda.

*A*₂ 17- 32 cm Arcilla parda manchada por pardo amarillento. Algunas raíces. Pegajosa. Raíces parcialmente descompuestas. Abundantes concreciones pequeñas de carbonato de calcio y cristales de calcita. Se observa-

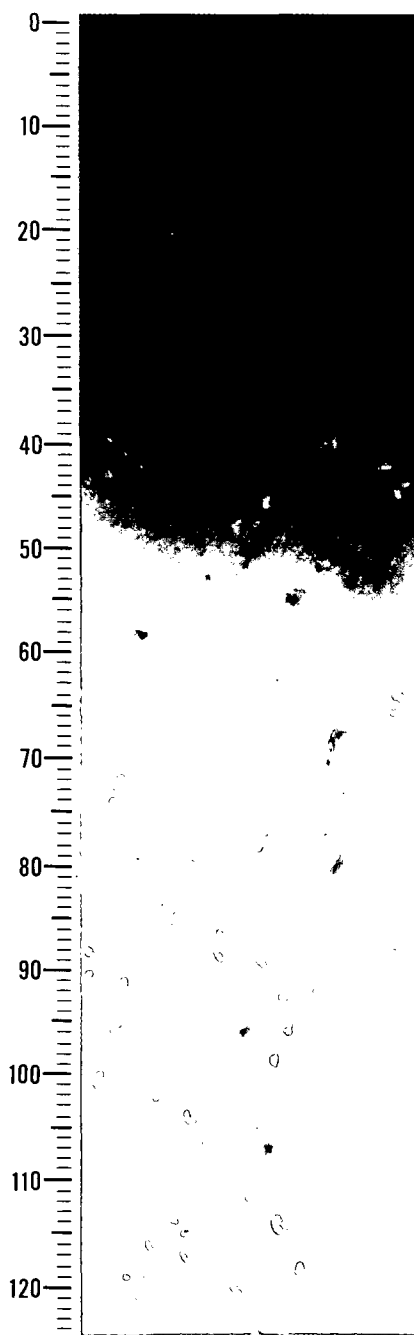
ron cantos redondos de cuarzo (5 cm de tamaño). Concreciones blandas de hierro de color rojo oscuro.

BC 58-110 cm Arcilla loamosa, calcácea, amarilla pálida. Algo friable. Presenta concreciones y nódulos calizos duros y blandos, gredosos al tacto.

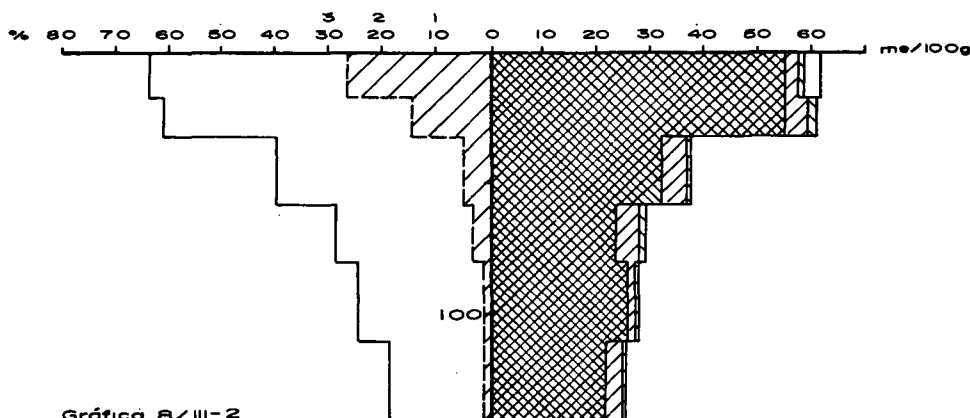
B 32- 58 cm Arcilla pardusca, húmeda, menos compacta que el anterior. Algunas raíces finas. Vetas finas de cal. Muchas concreciones finas de carbonato de calcio. Módulos de caliza dura (1 mm- 1 cm de tamaño). Escasas concreciones negras. Esfervesce al ácido clorhídrico.

C 110-140 cm Loam altamente calcáreo de color amarillo pálido. Friable, debido a la gran cantidad de material calizo en forma de concreciones y nódulos duros y blandos, grandes y pequeñas. Se observan vetas de color negro de las raíces parcialmente descompuestas; raíces de las palmas.

PERFIL No. 27



TINGUARO 27



Gráfica 8/III-2

Tabla 23/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (h _v) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			mg/100 g							
0- 17	6,5	5,5	0,42	—	—	13,98	2,64	150	4	1,3
17- 32	7,3	7,2	—	—	6,6	13,96	1,43	80	3	1,9
32- 58	7,3	7,2	—	—	34,6	8,68	0,50			
58- 80	7,3	7,2	—	—	57,6	5,23	0,35			
80-110	7,3	7,2	—	—	59,2	4,69	0,14			
110-140	7,3	7,2	—	—	74,6	3,38	0,14			

ARCILLA Tinguaro

Tabla 24/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 17	61,14	59,44	1,70	97	55,0	3,28	0,55	0,61
17- 32	61,0	61,0	—	100	55,0	4,51	0,93	0,56
32- 58	37,30	37,32	—	100	31,81	4,93	0,32	0,26
58- 80	28,80	28,80	—	100	23,46	4,93	0,15	0,26
80-110	26,70	26,70	—	100	25,93	0,41	0,12	0,24
110-140	25,10	25,10	—	100	21,32	3,28	0,22	0,28

Tabla 25/III
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	18 200	650	350	230	65	20
Nivel	Muy alto	Mediano	Bajo	Muy bajo	Bajo	De bajo a mediano

Descripción del perfil 34

Suelo *Jicotea*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 15 m s.n.m.m.

Hoja: San Nicolás de Bari, coord. 400.3-325.5.

Situación: Provincia de La Habana.

*A*₁ 0- 8 cm Arcilla parda oscura, que cuando contiene humedad se fragmenta en gránulos poligonales de 5 a 10 mm. Al secarse los terrones presentan gran dureza. Efervesce algo al ClH. De reacción neutral. Pequeños fragmentos de caliza. Muchas conchas. Buen desarrollo radicular.

*A*₁ 8- 17 cm Arcilla parda oscura. Efervesce algo al ClH. Reacción neutral. Fragmentos pequeños de caliza. Pedazos de conchas.

*A*₂ 17- 27 cm Arcilla parda con abundantes cristales de caliza. Concreciones de caliza. Igual desarrollo radicular que el anterior horizonte. Algunas concreciones pequeñas, negras de hierro. Efervesce un poco al ClH. Reacción neutral.

*B*₁ 27- 47 cm Arcilla parda pegajosa, húmeda. Efervesce al

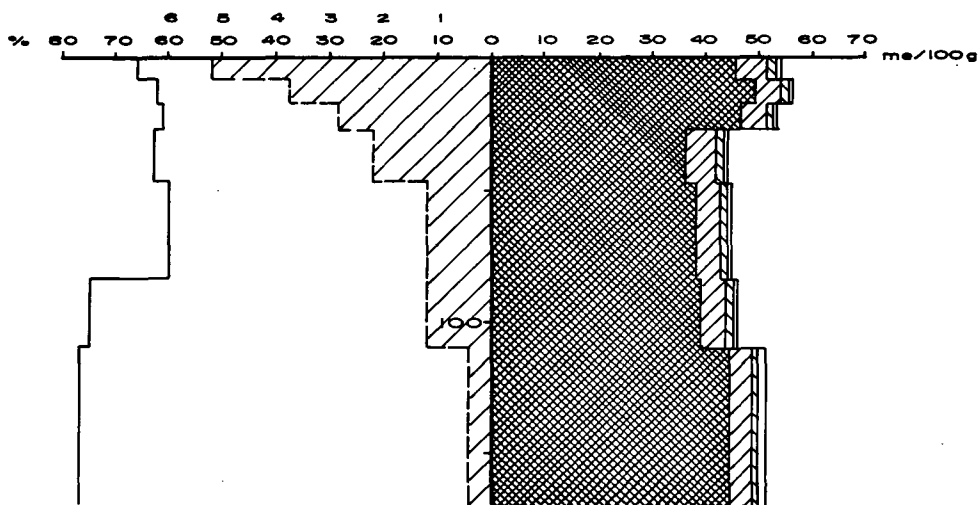
Menor contenido de raíces que el anterior. Presenta además algunas concreciones pequeñas negras.

CIH. Abundantes fragmentos de caliza; concreciones de caliza. Gran desarrollo de filamentos fungosos blanquecinos. Algunas concreciones pequeñas negras.

cual se observan muy pequeñas moteaduras de color amarillo intenso, casi imperceptibles a la vista, lo cual imprime al suelo una tonalidad amarillenta más acentuada

PERFIL No. 34

JICOTEA 34



Gráfica 9/III-2

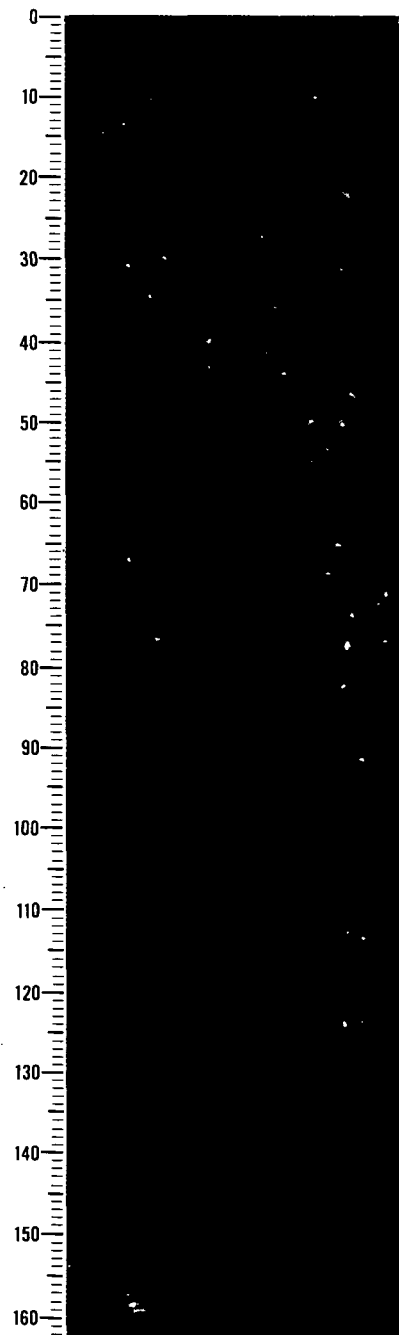
B₂ 47- 84 cm Arcilla plástica de color pardo oliváceo. Numerosas concreciones calizas. Buen desarrollo de las raíces, de una palma vecina. Concreciones negras pequeñas. Esfervesce al CIH.

B₃ 84-110 cm Arcilla amarillenta. Algunas raíces. Mayor contenido de humedad que los horizontes anteriores. Algunas pequeñas concreciones negras y de caliza. Fragmentos de caliza. Esfervesce al CIH.

C 110-170 cm Arcilla pegajosa de color amarillo pardusco, en la

que los horizontes anteriores. algunas concreciones negras, pequeñas. Algunas raíces. Mayor contenido de humedad que los horizontes anteriores. Esfervesce al CIH. Vegetación natural: Camagüeyana, tejana, abundantes palmas, ceibas, atejes y algarrobos. Cultivos: Caña de azúcar con buen desarrollo.

Mediante la barrena se pudo determinar que a más 170 cm aparece arcilla verdusca moteada de gris y rojiza. A 2,5 m, caliza dura.



ARCILLA Jicotea

Tabla 26/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Hori- zonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			me/100 g							
0- 8		7,0	—	—	11,0	12,58	5,18	300	8	2,5
8- 17		7,0	—	—	11,4	12,35	3,75	210	5	1,6
17- 27		7,0	—	—	13,3	12,28	2,85	160	4	1,2
27- 47		7,0	—	—	15,2	11,72	2,18	130	3	1,1
47- 84		7,0	—	—	17,6	10,81	1,21			
84-110		7,0	—	—	11,8	13,69	1,21			
110-170		7,0	—	—	6,1	15,75	0,46			

Tabla 27/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Hori- zonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 8	53,55	52,95	—	100	45,47	6,32	0,69	0,47
8- 17	56,0	55,51	—	100	49,65	4,93	0,43	0,45
17- 27	52,93	52,45	—	100	46,68	4,93	0,43	0,41
27- 47	43,40	43,10	—	100	35,87	6,37	0,38	0,47
47- 84	43,80	43,51	—	100	38,55	4,11	0,33	0,52
84-110	44,60	44,33	—	100	38,88	4,52	0,28	0,65
110-170	51,10	50,90	—	100	44,44	4,31	0,37	1,78

Tabla 28/III
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	15 700	1100	375	175	110	35
Nivel	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	Mediano	Alto

a) *Suelos desarrollados por arenisca y/o conglomerados estratificados.*

Suelo PALMA.

Es también un suelo altamente calcáreo, a pesar de las diferencias en el tipo de formación en comparación con los anteriores. El suelo *Palma* se encuentra en regiones con topografía ondulada. Los horizontes inferiores tienen un carácter muy variable, y dependen de la natura-

leza de los estratos geológicos. Por la inclinación de estos estratos, falta la uniformidad en el subsuelo, pero todos los estratos geológicos son altos en carbonato de calcio. El suelo *Palma* no contiene pedregones. H. H. BENNETT lo califica como arcilla parda basado en su comportamiento fisicomecánico en el campo. En cuanto a su textura, según los análisis mecánicos, es un suelo más ligero de lo indicado.

Se distinguen los siguientes horizontes en el perfil investigado por nosotros: *A*, *B* y *C*.

En cuanto a sus características químicas, el suelo *Palma* es muy parecido a los demás tipos de suelos calcáreos, derivados de caliza y cocó. Contiene relativamente poca materia orgánica y está saturado por calcio.

El contenido del magnesio intercambiable aumenta moderadamente desde la superficie con la profundidad. La capacidad de intercambio catiónico es mediana, lo que corresponde a la clase textural del suelo. Véanse las tablas 29 y 30/III, respectivamente.

Los altos valores de la *h_y* y de *T* revelan el predominio de los minerales arcillosos del grupo de la montmorillonita;

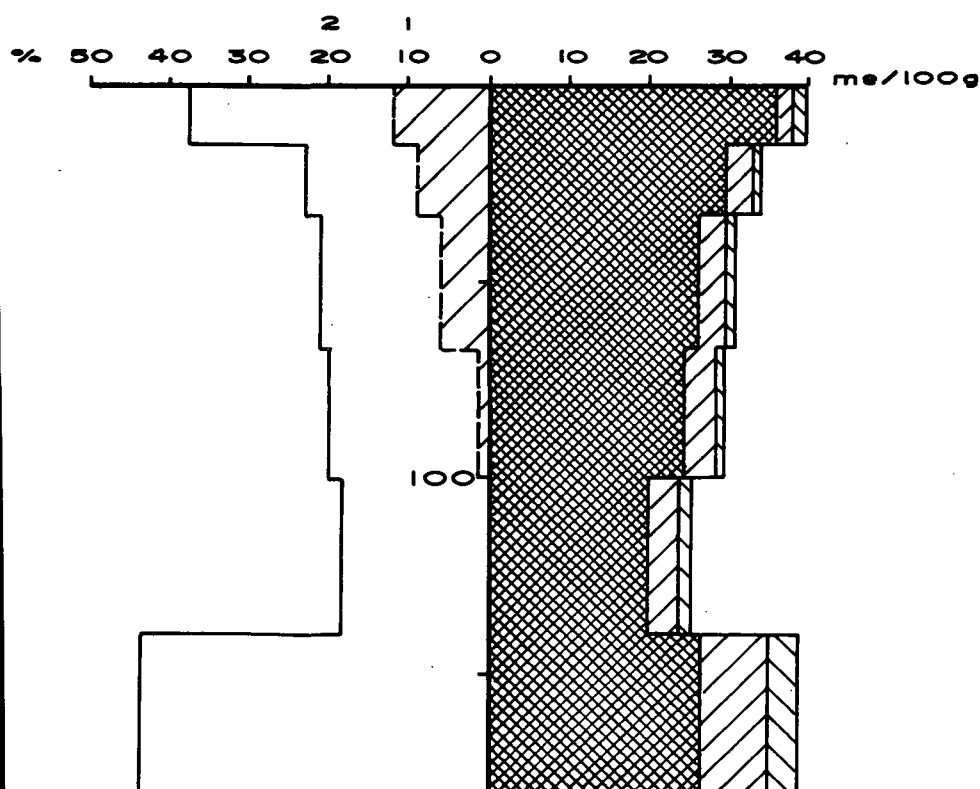
no está excluida la vermiculita.

El suelo *Palma* no tiene insuficiencia en ninguno de los elementos nutrientes más importantes para las plantas, a pesar de que es pobre en materia orgánica, lo que se debe a las pérdidas por erosión, por el agua. Guarda bien la humedad.

La productividad del suelo *Palma* varía por falta de uniformidad del subsuelo, debido a los diferentes estratos geológicos que lo componen. Será eficaz una moderada aplicación de fertilizantes potásicos.

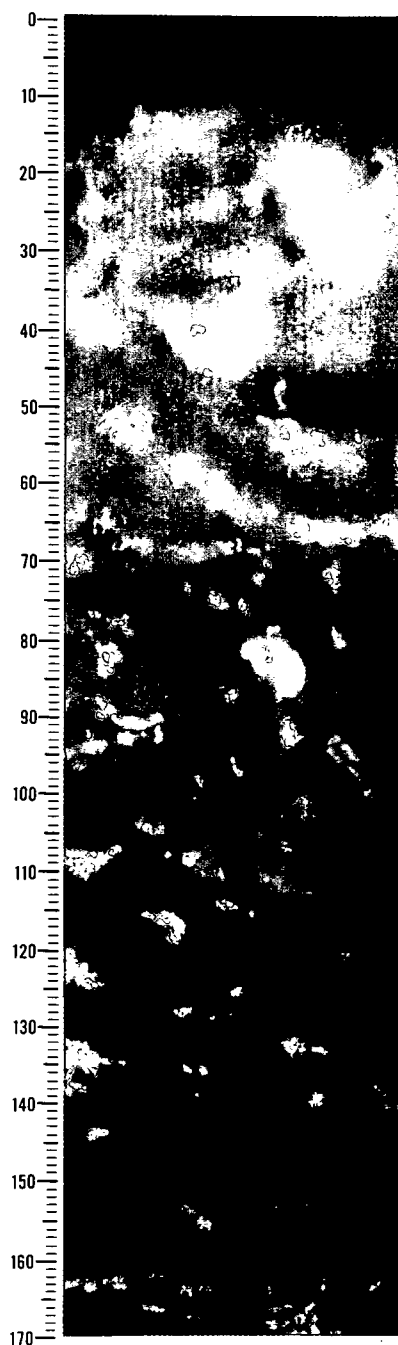
Sigue la descripción del perfil del suelo investigado. La gráfica 10/III-2 y las tablas 29-30/III, adjuntas, contienen detalladamente los índices químicos del suelo *Palma*, estudiado por nosotros.

PALMA 25



Gráfica 10/III-2

PERFIL No. 25



LOAM ARENOSO Palma

Descripción del perfil 25

Suelo *Palma*.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: De ondulada a alomada, altura 60 m s.n.m.m.

Hoja: 3785 II Jaruco, coord. 360.9-394.1.

Situación: Provincia de La Habana.

A 0- 15 cm Arcilla de color pardo amarillento, friable. Húmeda. Desarrollo radicular pobre. Esfervesce ligeramente al ácido clorhídrico. Algunos fragmentos de material gris oscuro de 3-4 mm de tamaño. Muy pequeños cristales blancos.

color amarillo grisáceo claro de arena fina. Manchas blancas de caliza blanda. Esfervesce al ácido clorhídrico. Algunos fragmentos de material de color gris. Algunos cristales de cuarcita y calcita. La cantidad de raíces es poca.

*B*₁ 15- 33 cm Loam arenoso fino, amarillo claro, manchas de

*B*₂ 33- 67 cm Loam arenoso muy fino de color amarillo pálido.

Tabla 29/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 15	7,5	7,0	—	—	1,9	10,67	1,21	70	2	3,1
15- 33	7,5	7,0	—	—	7,8	8,44	0,90	60	2	1,7
33- 67	8,0	7,2	—	—	18,3	7,62	0,62			
67-100	8,0	7,2	—	—	22,7	7,41	0,12			
100-140	8,0	7,2	—	—	38,1	6,90	—			
140-180	8,0	7,0	—	—	16,0	12,47	—			

Tabla 30/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
0- 15	39,30	39,30	—	100	35,90	2,68	0,33	0,39
15- 33	33,75	33,75	—	100	29,62	3,49	0,21	0,43
33- 67	30,30	30,30	—	100	26,0	3,68	0,10	0,52
67-100	28,70	28,70	—	100	24,18	3,88	0,10	0,54
100-140	24,50	24,50	—	100	19,78	4,08	0,10	0,54
140-180	37,90	37,90	—	100	25,80	8,76	0,30	3,04

veteado de gris. Cantos de cuarzo de 2-4 mm de tamaño. Muchas manchas blancas de caliza blanda. Húmedo y con lombrices. Esfervesce mucho al CIH.

de un material pardo achocolatado que parece ser un loam arcilloso algo untoso al tacto y otros de igual característica pero de color verdusco. Se observan pequeños frag-

Tabla 31/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	11 900 Alto	550 Bajo	200 De muy bajo a bajo	150 Muy bajo	35 Muy bajo	50 Alto

*C*₁ 67-100 cm Loam calcáreo de color amarillo blanquecino. Con 40 % de manchas de caliza blanca, blanda y fragmentos de caliza dura. Fragmentos de arena consolidada, cubierta de hierro. Se ven lombrices y comején. Más húmedo que el anterior.

*C*₂ 100-140 cm El mismo material que el anterior, con mayor cantidad de manchas de caliza blanda, y manchas de color rojo-amarillento. Se observa una veta

mentos de roca, en forma de perdigones de color negro.

*C*₃ 140-180 cm Loam gris oscuro, rojogris claro, amarillo, manchas blancas y en forma de vetas. Vetas del material anterior.

Vegetación natural: Palma real, ceiba, almácigo, mango, pasto natural.

Cultivo asociado: Plátanos en malas condiciones; caña en estado regular, maíz, frijoles.

2. Suelos con subsuelo firme

a) *Desarrollados sobre caliza. Suelos salinos.*

Suelo ALTO CEDRO

Fueron investigados dos tipos del suelo *Alto Cedro*, el primero (perfil 36) es una arcilla gris y el otro (perfil 47) es de color pardo. En estos perfiles se pueden distinguir los siguientes horizontes: *A*, *B* y *C*, este último es una arcilla muy pesada, calcárea, salina moteada por gris azulado. El aire no penetra profundamente y por esto el efecto principal de la oxidación se muestra sólo en el horizonte su-

perficial. Se encuentra a través del perfil número 36 grava de cuarzo redondeada por el agua, que muestra que el material fue depositado por la misma. *No contiene perdigones.*

El perfil número 47 contiene menos de las sales en sus horizontes bajos que el anterior. Los pequeños perdigones que se encuentran en el horizonte *A*₂ son de hierro, redondos, de color negro.

Los datos referentes a los análisis elementales figuran en la tabla 32/III, e indican que no hay grandes diferencias en la composición mineralógica de los dos suelos en cuestión; las que pueden

observarse se deben, principalmente, a las diferencias en su textura, el suelo 36 es algo más pesado que el 47.

Lo mismo resulta al comparar los datos que figuran en las tablas 33 y 34/III, y que caracterizan los dos perfiles investigados por horizontes genéticos. Mientras que el suelo *Alto Cedro* 36 es algo lixiviado en su horizonte *A* y por esta razón no contiene cal en el mismo, el suelo *Alto Cedro* 47 la tiene desde su superficie.

No se observa ninguna zona de acumulación de sales (véase las gráficas 14 y 16/III-4, respectivamente) y de este hecho se puede concluir que, en el presente, no haya suministro de sales desde abajo hacia arriba en los perfiles investigados; aparentemente se siguen lavando lentamente hacia el material basal.

Hasta 15 *cm* de profundidad la cantidad de las sales solubles, en ninguno de los dos perfiles en cuestión, es superior a 0,2 % (véanse las gráficas 14 y 16/III-4)

Tabla 32/III
ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	36		47		
	0-60	60-140	0-41	41-114	114-174
SiO ₂	61,23	58,65	54,82	51,10	54,08
Al ₂ O ₃	12,88	12,0	12,97	10,89	8,0
Fe ₂ O ₃	10,82	8,23	6,80	6,08	4,46
MnO	0,29	0,16	0,07	0,06	0,07
CaO	1,88	6,75	4,95	16,38	15,83
MgO	3,61	2,42	5,45	3,19	4,29
K ₂ O	0,13	0,13	0,54	0,50	1,29
Na ₂ O	0,22	0,68	0,26	0,58	0,99
P ₂ O ₅	0,08	—	0,10	0,10	0,90
<i>P.p.i.</i>	8,82	9,85	13,0	10,86	9,0
SiO ₂ /R ₂ O ₃	5,30	5,80	5,40	5,90	8,50

Las diferencias de la capacidad del intercambio catiónico (el valor de *T*) en función de la profundidad del perfil se deben también a las diferencias en la textura de los horizontes de ambos suelos. Son altamente saturados por calcio y la cantidad relativa del magnesio no es en ninguno de los dos superior a la admisible. La saturación por sodio aumenta desde la superficie y este aumento es más brusco en el perfil 36. Parece predominar la montmorillonita en la arcilla de color gris *Alto Cedro* 36, y una mezcla de illita y montmorillonita en la arcilla parda (perfil 47).

Los suelos *Alto Cedro* contienen sales solubles en agua desde su superficie y éstas aumentan algo con la profundidad.

lo que se admite en suelos no salinos también. En lo que se refiere al carácter químico de las sales solubles, el 90 % de éstas lo constituyen el ClNa y SO₄Ca, y predomina en ambos perfiles, el primero. Los datos que se refieren a la cantidad y composición química de estas sales en los dos perfiles figuran detalladamente en la tabla 35/III.

El contenido de sal, posiblemente, es el resultado de la existencia originaria del material debajo del mar. «El carácter de arcilla pesada y de mal drenaje interno son los motivos por los cuales la sal se ha mantenido en estos suelos jóvenes, y ahora lentamente, se está lixivianando.»

El suelo *Alto Cedro* no tiene suficien-

cia en ninguno de los elementos nutrientes principales para las plantas. Falta, especialmente en la arcilla de color gris, aumentar la aireación del suelo con abonos verdes. En la arcilla parda, con moderadas cantidades de abono mineral y buena labranza se pueden tener buenos

rendimientos. Falta zanjeo en la arcilla gris *Alto Cedro*.

A continuación se ofrece la descripción detallada de los dos perfiles investigados, además, se llama la atención a las gráficas 11-12/III-2, 13 y 15/III-3 respectivamente.

Descripción del perfil 36

Suelo *Alto Cedro*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 80 m s.n.m.m.

Hoja: 4977 I San Germán, coord. 709.5-146.5.

Situación: Provincia de Oriente.

ALTO CEDRO 36

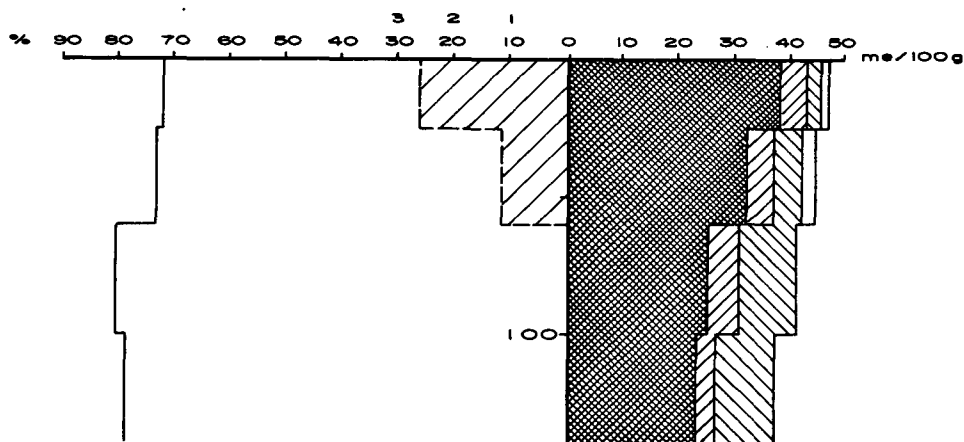
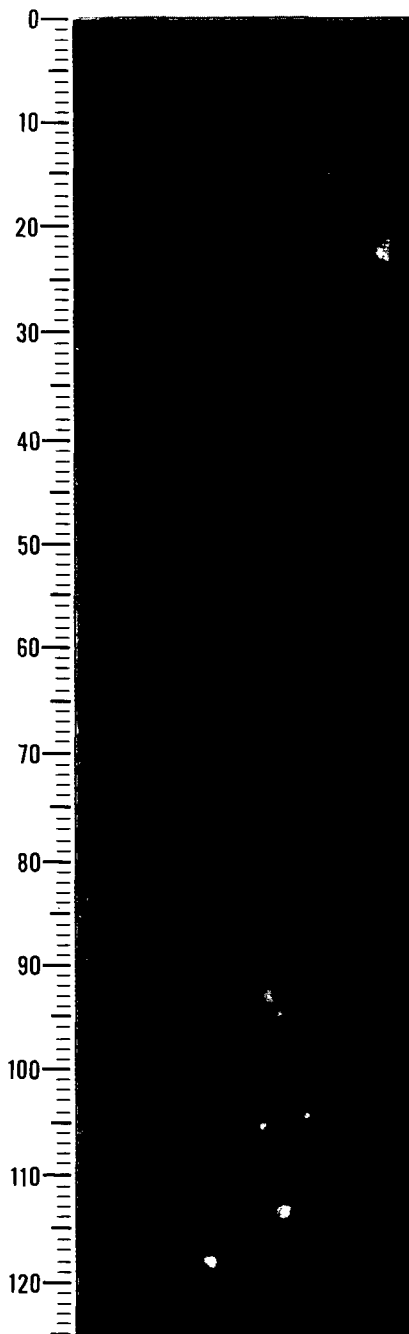


Gráfico 11/III-2

- A 0- 25 cm Arcilla pesada, gris ne-grusca. Contiene en la superficie cantos rosados y blancos de cuarzo de 2-4 cm, redondeados y angulares. Algunos precipitados blancos (sal). De reacción neutra. Efer-vesce un poco al CIH. Sistema radicular bueno.
- B₁ 25- 60 cm Arcilla pesada, pardo amarillenta. Trozos de

roca esquistosa blanque-cina. Cantos de 1-5 cm de tamaño. Cuarzo angular. Pequeños fragmentos (0,5 cm y menor). Cantos redondeados de cuarzo, cubiertos de hierro. De reacción neutra. No efer-vesce al CIH. Sistema ra-dicular pobre. Poca hu-medad.

PERFIL No. 36



ARCILLA Alto Cedro

B₂ 60-100 *cm* Arcilla pesada amarilla. Abundantes fragmentos de carbonato de calcio de 5 *mm* de tamaño. En algunos lugares mayores. Cantos de cuarzo. sis-

C 100-140 *cm* Arcilla pesada, amarillo claro, algo moteada de gris. Igual que el anterior.

tema radicular pobre. Efervesce al CIH.

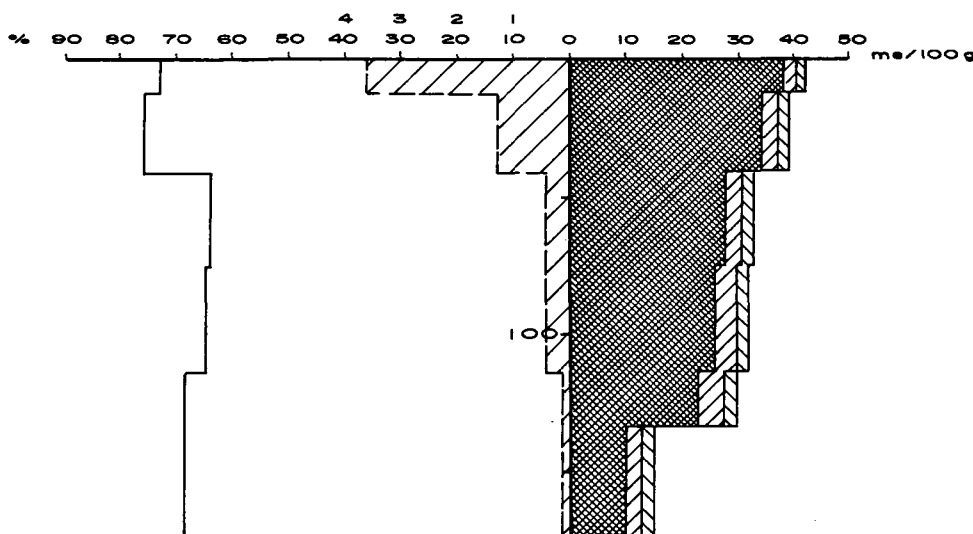
Descripción del perfil 47

Suelo *Alto Cedro*.
 Textura: Arcilla.
 Topografía: Ondulada, altura 30 m s.n.m.m.
 Hoja: 4877 III Julia, coord. 495.95-187.05.
 Situación: Provincia de Oriente.

A 0- 12 *cm* Arcilla pardo amarillento. Abundantes raíces. Plástica y pegajosa cuando está húmeda. Se observan lombrices así co-

zos grandes y pequeños de conchas. Fragmentos de caliza. Precipitación de cal. Cristales de calcita.

ALTO CEDRO 47



Gráfica 12/III-2

mo mezcla del subsuelo al ser arado en años anteriores. Efervesce al CIH. Abundantes peda-

B₁ 12- 41 *cm* Arcilla amarilla, muy plástica cuando está húmeda. Abundantes nódulos de caliza de 1-2 *mm*

de tamaño. Algunas concreciones negras, pequeñas, redondas. Efervesce al ClH. Abundantes cristales de caliza. Pequeñas manchas de hierro. Pequeñas grietas

está húmeda. Efervesce al ClH. Poco moteado de gris claro; el material gris claro es caliza gris dura. Algunas raíces.

75-114 cm Arcilla amarilla oscura. Mayor cantidad de frag-

Tabla 33/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (h ₂) %	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			mg/100 g							
<i>Perfil 36</i>										
0- 25		7,2	0,22	—	0,8	15,11	2,58	150	7	2,8
25- 60		7,0	0,66	—	1,0	15,56	1,14	60	2	1,7
60-100		7,4	—	—	4,8	16,81	0,07			
100-140		7,4	—	—	4,8	16,34	0,05			
<i>Perfil 47</i>										
0- 12	7,4	7,4	—	—	4,0	13,98	3,58	200	6	2,5
12- 41	7,4	7,4	—	—	8,2	14,29	1,29	70	1	1,3
41- 75	7,4	7,4	—	—	25,3	9,67	0,43			
75-114	7,4	7,4	—	—	25,6	9,14	0,43			
114-134	7,4	7,4	—	—	21,8	9,24	0,15			
134-174	7,4	7,4	—	—	20,6	8,01	0,15			

rojas. Abundantes raíces aunque en menor cantidad que en el horizonte anterior.

A lo largo de las raíces en algunos casos se observa arcilla oscura, aparentemente del horizonte anterior, la cual desciende por arrastre a través de la galería que deja la raíz al morir. Esto le imparte un aspecto más oscuro al horizonte.

B₂ 41- 75 cm Arcilla amarilla con abundantes fragmentos de caliza blanda. Plástica y pegajosa cuando

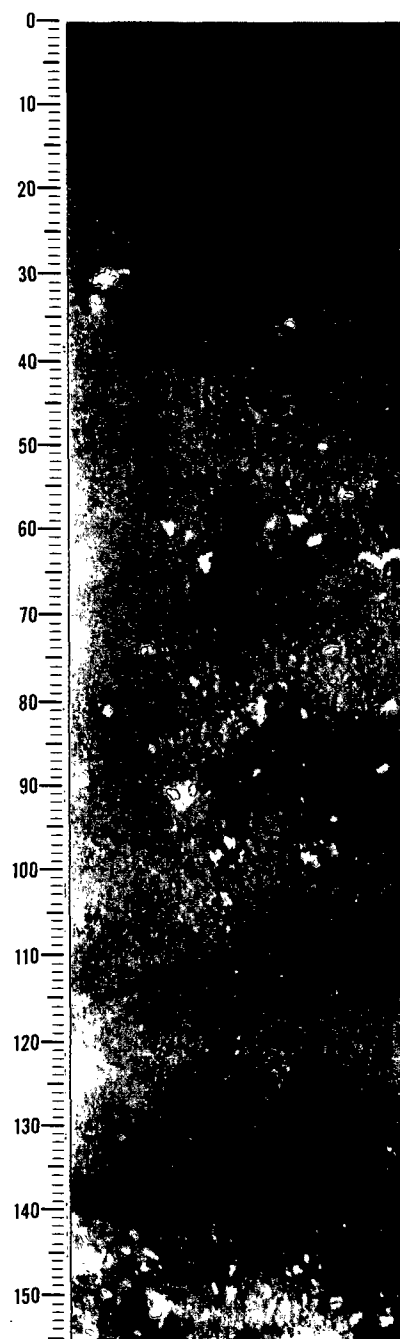
mentos de caliza blanca y blanda. Plástica y pegajosa cuando está húmeda. Poco moteado de gris claro.

C₁ 114-134 cm El mismo material anterior, con mayor contenido de caliza gris dura.

C₂ 134-174 cm Arcilla amarilla, moteada de caliza gris-gris-verdusca. Vegetación nativa: Jiribilla, palma real, escoba amarga.

Cultivo asociado: Caña de azúcar de regular aspecto; plátanos en buen estado.

PERFIL No. 47

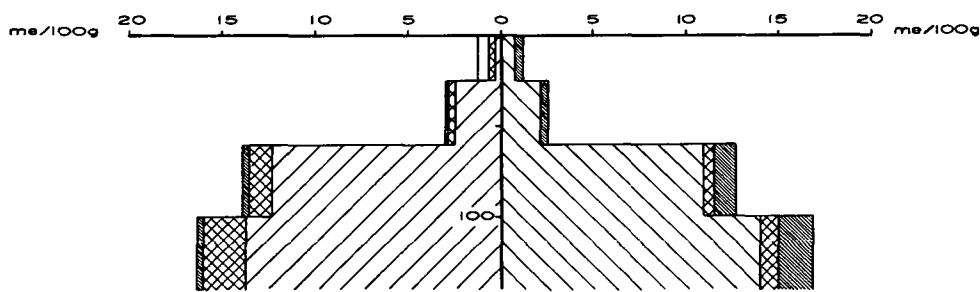


ARCILLA Alto Cedro

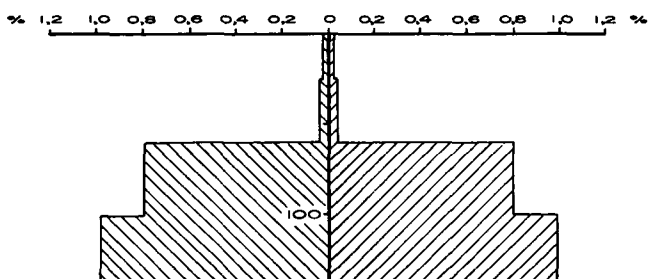
Tabla 34/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil 36</i>								
0- 25	46,90	45,75	1,15	98	38,38	4,52	2,20	0,65
25- 60	44,60	42,35	2,25	95	32,14	5,14	1,16	3,91
60-100	40,85	40,85	—	100	25,80	4,93	1,43	8,69
100-140	36,05	36,05	—	100	23,0	2,87	1,69	9,49
<i>Perfil 47</i>								
0- 12	42,10	42,10	—	100	38,55	1,95	0,74	0,86
12- 41	39,25	39,25	—	100	33,92	3,03	0,35	1,95
41- 75	32,25	32,25	—	100	27,50	3,35	0,22	1,18
75-114	31,40	31,40	—	100	25,65	3,97	0,26	1,52
114-134	29,65	29,65	—	100	22,65	4,10	0,30	2,60
134-174	14,15	14,15	—	100	9,52	3,24	0,31	1,08

ALTO CEDRO 36



Gráfica 13/III-3



Gráfica 14/III-4

ALTO CEDRO 47

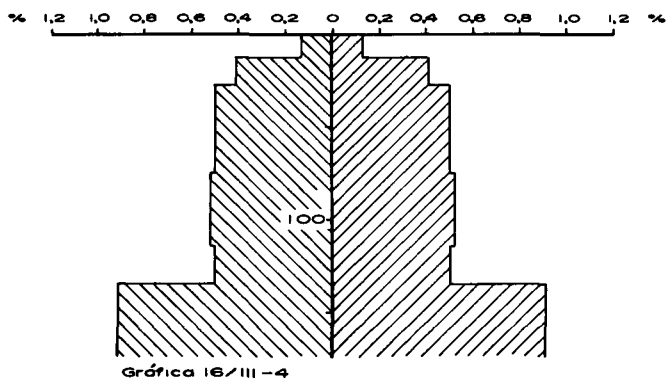
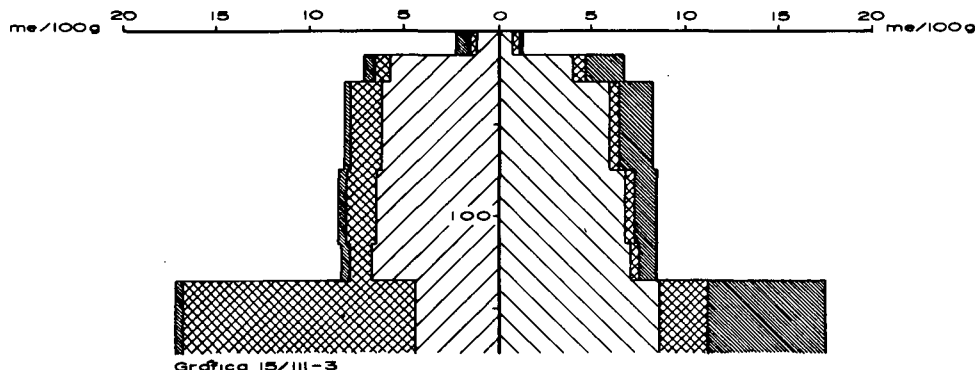


Tabla 35/III

DISTRIBUCIÓN DE LAS SALES SOLUBLES EN AGUA EN EL PERFIL

Horizonte, cm	Aniones				Cationes				S.S.T.
	HCO ₃ ¹⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ¹⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ¹⁺	Na ¹⁺	
	me/100 g				me/100 g				
<i>Perfil 36</i>									
0- 25	0,70	0,05	0,13	0,35	0,40	0,01	0,04	0,76	1,22
25- 60	0,27	0,03	0,13	2,50	0,37	0,01	0,02	2,06	2,68
60-100	0,20	0,05	1,30	12,40	1,22	0,50	0,04	10,87	13,29
100-140	0,30	0,05	2,24	13,90	1,75	0,95	0,04	13,91	16,57
<i>Perfil 47</i>									
0- 12	0,80	—	0,20	0,18	0,15	0,12	0,05	0,87	1,18
12- 41	0,55	—	0,67	5,78	2,12	0,47	0,03	3,98	6,90
41- 75	0,20	—	1,73	6,22	1,87	0,53	0,02	5,87	8,22
75-104	0,30	—	1,73	6,44	1,22	0,53	0,04	6,74	8,50
104-134	0,40	—	1,33	6,56	0,97	0,41	0,05	6,96	8,34
134-174	0,35	—	12,41	4,48	6,25	2,55	0,11	8,48	17,32

Tabla 36/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil 36</i>						
kg/ha Nivel	12 700 Alto	900 Mediano	1400 Alto	250 Muy bajo	115 Mediano	45 Alto
S.S.T.	0,09 %					
<i>Perfil 47</i>						
kg/ha Nivel	12 700 Alto	400 Bajo	500 Mediano	325 Bajo	100 Mediano	40 Alto
S.S.T.	0,13 %					

Suelos HERRERA y JÚCARO

Son arcillas pardas con mayor cantidad de sales solubles en agua ya desde su superficie y, por lo tanto, frecuentemente tienen superficie de saltanejo.

El perfil 6 del suelo *Herrera* se localizó cerca de la costa, en terreno llano, sujeto a inundaciones por lluvias.

No se encuentran perdigones en el perfil de este suelo.

El perfil 4 del suelo *Júcaro* está situado sobre un terreno llano con ligeras pendientes hacia el mar. Se inunda por lluvias. Tiene manto freático alto, a 160 cm. Ambos suelos son gleyzados, se han desarrollado bajo la influencia de las aguas subterráneas.

Los datos del análisis elemental los contienen las tablas 37 y 38/III.

Tabla 37/III

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO HERRERA

Horizonte	A	B ₁	B ₂	B ₃	C
SiO ₂	53,92	46,30	49,13	47,98	49,72
Al ₂ O ₃	20,17	19,40	17,54	19,34	10,17
Fe ₂ O ₃	10,99	10,59	10,99	12,24	14,23
P.p.i.	16,50	14,09	16,16	10,06	10,67
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,37	3,01	3,45	3,01	3,00
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,55	4,06	4,82	4,22	4,94
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	13,03	11,69	12,19	12,49	9,34

En cuanto al tipo de la meteorización no hay diferencia esencial entre los dos suelos.

Tabla 38/III

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO JÚCARO

Horizonte	A	B	C ₁	C ₂	C ₃
SiO ₂	49,04	48,94	57,31	48,31	47,22
Al ₂ O ₃	19,01	19,46	16,67	16,77	19,76
Fe ₂ O ₃	9,90	11,14	11,29	9,88	7,73
P.p.i.	13,07	12,51	12,64	11,92	11,62
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,29	3,13	4,09	3,55	3,24
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,39	4,27	5,85	4,88	4,06
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	13,11	11,70	13,52	13,00	16,14

A pesar de que ambos suelos pertenecen a las arcillas pesadas, el suelo *Herrera* es algo más pesado que el *Júcaro*, con mayor cantidad de la parte arcillosa, pero contiene menos materia orgánica en su capa superficial, que el último mencionado. A esto se debe que el valor de *T* del suelo *Júcaro* sea superior al del suelo *Herrera* en el horizonte *A*. Ninguno de los dos contiene carbonato de calcio, son suelos ácidos y el *Herrera* es más ácido que el *Júcaro*, con acidez muy fuerte en su horizonte *B*.

Hay una diferencia entre los dos suelos investigados en relación con el carácter de la saturación del complejo coloidal por los cationes cambiables. En el suelo

Herrera, el calcio constituye casi la mitad del valor de *S* y, partiendo de las mismas cantidades relativas del magnesio y del sodio intercambiables, el % del primero disminuye algo con la profundidad, y el del segundo aumenta apreciablemente. En el suelo *Júcaro* baja desde la superficie el % de la saturación del complejo coloidal por calcio, y el de la saturación por magnesio aumenta, por esto, el perfil contiene desde su horizonte *B*, más magnesio que calcio cambiabile.

En el perfil *Júcaro* no se encuentran tan altas cantidades de sodio adsorbido, pero aquí hay una capa donde se acumula el sodio, porque el agua freática tiene un movimiento ascendente y llega cerca de la superficie.

Las malas propiedades físicas de estos suelos se deben, en primer lugar, a su alto contenido de magnesio más sodio intercambiables, y a estas condiciones químicas y físicas se debe su uso agrícola muy limitado. Véase los datos correspondientes en las tablas 41 y 45/III.

Ambos suelos son fuertemente salinos. La cantidad de las sales solubles totales aumenta en el perfil con la profundidad del suelo *Herrera* desde la superficie hasta llegar a su máximo valor (1,84 %) en el horizonte *C*.

El suelo *Júcaro* contiene ya casi 1 % de sales en su horizonte *A*; la cantidad llega

a su máximo valor (1,40 %) en el horizonte *B*; disminuye en los horizontes inferiores y llega a su menor valor (0,70 %) en el horizonte *C*. Hay diferencia en el carácter de la distribución de sales entre los dos perfiles. (Ver las gráficas 19, 23/III-3 y 20, 24/III-4, respectivamente.) La mayor parte de las sales en ambos perfiles es ClNa , contienen algo de SO_4Mg , y el suelo *Herrera* en el horizonte *BC*, yeso también.

Ambos suelos contienen mucho hierro móvil a través de todo el perfil. En el suelo *Herrera* en los horizontes *A* y *B* hay aluminio móvil relativamente abundante, y el suelo *Júcaro* contiene menos. Esto indica alguna diferencia en el tipo de la meteorización del material; se debe probablemente a las diferencias en la composición mineralógica de ambos suelos. Se remite al lector a la tabla 39/III. También puede ser un motivo la diferencia en la edad de los dos: el suelo *Herrera* se estima más joven que el *Júcaro*.

De acuerdo a la alta capacidad de intercambio (valor de *T*) en la fracción arcilla, en el suelo *Júcaro* parece predominar el grupo de los montmorillonoides y en el *Herrera* una mezcla de las illitas y montmorillonoides.

Ambos suelos contienen en exceso los iones de magnesio, sodio y cloruro, los cuales limitan el crecimiento de las plan-

Tabla 39/III

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

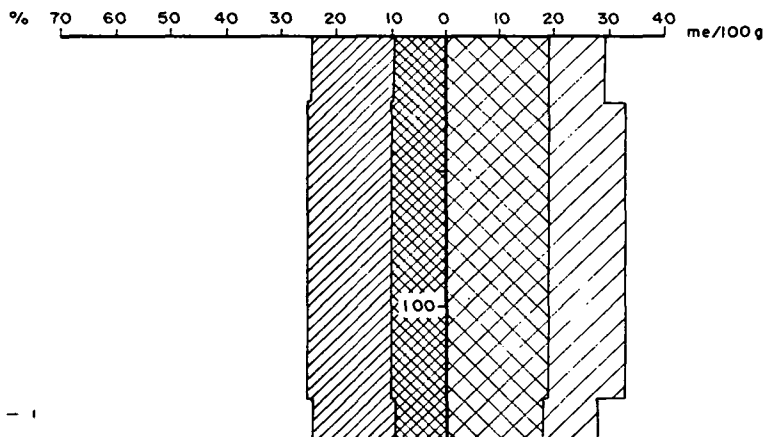
Suelo	Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
		Móvil me/100 g de suelo		Móvil me/fracción arcilla, %	
<i>Herrera</i> , 6	0- 25	10,26	18,70	0,13	0,24
	25- 90	13,47	18,90	0,16	0,22
	90-135				
	135-150				
<i>Júcaro</i> , 4	0- 22	8,99	16,20	0,12	0,21
	22- 62	6,59	14,30	0,08	0,18
	62-150				
	150-160				

tas. Debido al carácter impermeable producido por su gran contenido coloidal, eliminar los elementos tóxicos por simple drenaje, en las condiciones naturales actuales, es casi imposible. Es necesario aumentar la aireación del perfil. Debido a su baja fertilidad natural, especialmente el perfil de *Herrera*, es necesario aplicar fertilizantes para obtener rendimientos aceptables.

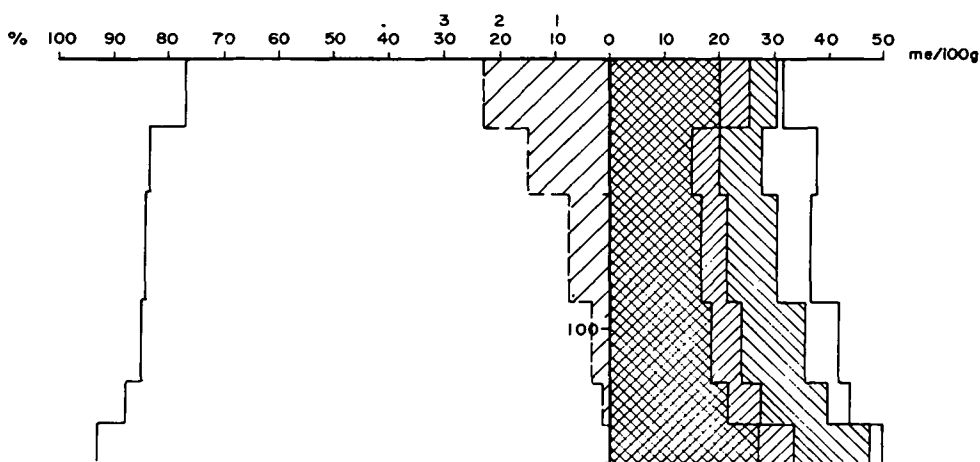
Estos suelos necesitan zanjeo. Los tipos muy salinos pueden dar cosechas de arroz, con buena preparación de la tierra y fertilizantes minerales.

Finalmente se presenta la descripción detallada de los perfiles investigados y siguen las gráficas 17, 21/III-1, 18, 22/III-2, 19, 23/III-3 y 20, 24/III-4, respectivamente; completan el material de documentación, las tablas 40-47/III.

HERRERA 6



Gráfica 17/III - 1



Gráfica 18/III - 2

Descripción del perfil 6

Suelo *Herrera*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llanura cerca de la costa del mar, altura 5-10 m s.n.m.m.

Hoja: Melena del Sur, coord. 393.2-319.00

Situación: Provincia de La Habana.

A 0- 25 cm Arcilla pesada color pardo grisáceo, de reacción casi neutra, medianamente húmeda, la humedad aumenta hacia abajo.

El contenido de la materia orgánica es bajo en la capa vegetal. Los agregados son semiduros, redondos. Al secarse se endurece y agrieta profundamente. Sin perdigón alguno.

B₁ 25- 50 cm Arcilla pesada, de color amarillo, moteada de gris y rojo, libre de carbonato de calcio de reacción ácida. Sin perdigones. Más húmeda que la anterior. Estructura compacta.

B₂₂ 50- 90 cm Arcilla pesada, plástica, de color gris oscuro.

Manchado de rojo vivo y pardo amarillento. Libre de carbonato de calcio, de reacción muy ácida. Sin perdigones.

B₃ 90-120 cm Arcilla pesada plástica, color gris azulado manchada de color rojo ladrillo.

No se encuentran perdigones. Libre de carbonato de calcio, de reacción muy ácida.

B₃ 120-135 cm Arcilla pesada plástica, color gris, vetado de amarillo pardusco y de rojo ladrillo. De reacción ácida, sin perdigones.

C 135-150 cm Arcilla plástica color gris verdusco y amarillo en 50 %, negro, rojo oscuro. De reacción poco ácida. Libre de carbonato de calcio.

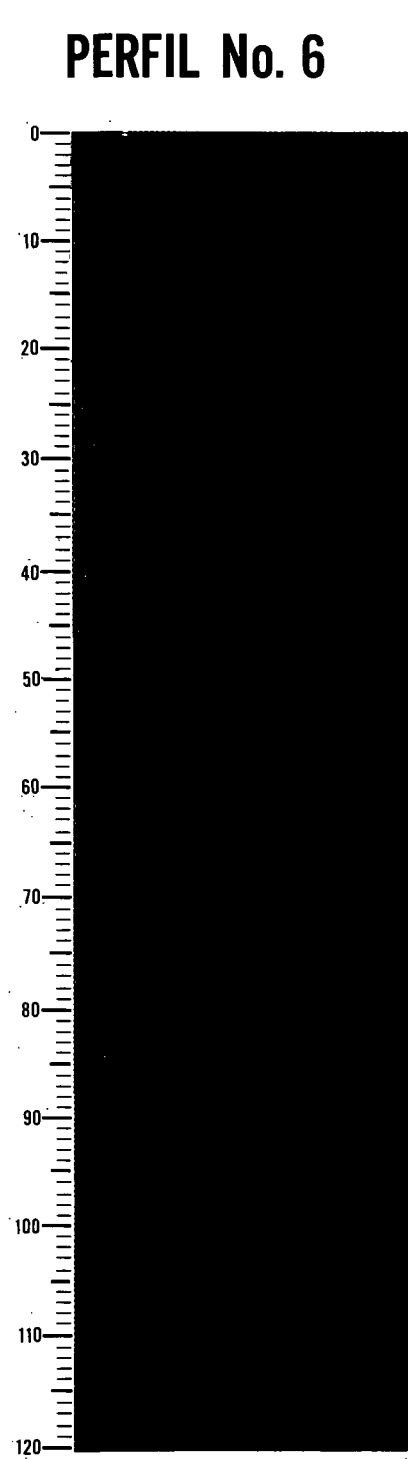


Tabla 40|III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (<i>h_v</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			mg/100 g							
0- 25	7,2	6,8	0,53	—	—	10,0	2,27	130	3	4,3
25- 50	6,0	4,5	3,80	0,78	—	10,0	1,48	90	2	3,6
50- 90	6,2	4,0	3,60	0,46	—	11,48	0,76			
90-120	6,5	4,5	3,32	0,88	—	10,74	0,33			
120-135	6,3	4,5	2,23	0,32	—	12,61	0,17			
135-150	7,0	6,3	1,05	—	—	14,02	—			

ARCILLA Herrera

Grandes cantidades de cristales de yeso. Se encuentran también pequeños cristales de limonita.

El perfil se agrieta al se-

carse profundamente. El agua freática se encuentra a la profundidad de 180 cm. La sal está en considerables cantidades.

Tabla 41|III

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 25	31,40	30,30	1,10	96	20,0	5,47	0,27	4,56
25- 50	37,44	27,54	9,90	74	15,0	5,0	0,15	7,39
50- 90	36,85	30,30	6,55	82	16,30	5,18	0,12	8,70
90-120	41,60	35,50	6,10	85	18,70	5,28	0,12	11,40
120-135	43,30	39,70	3,60	92	21,30	5,83	0,17	12,40
135-150	49,40	47,55	1,85	96	27,0	6,46	0,19	13,90

Tabla 42|III

DISTRIBUCIÓN DE LAS SALES SOLUBLES EN AGUA EN EL PERFIL

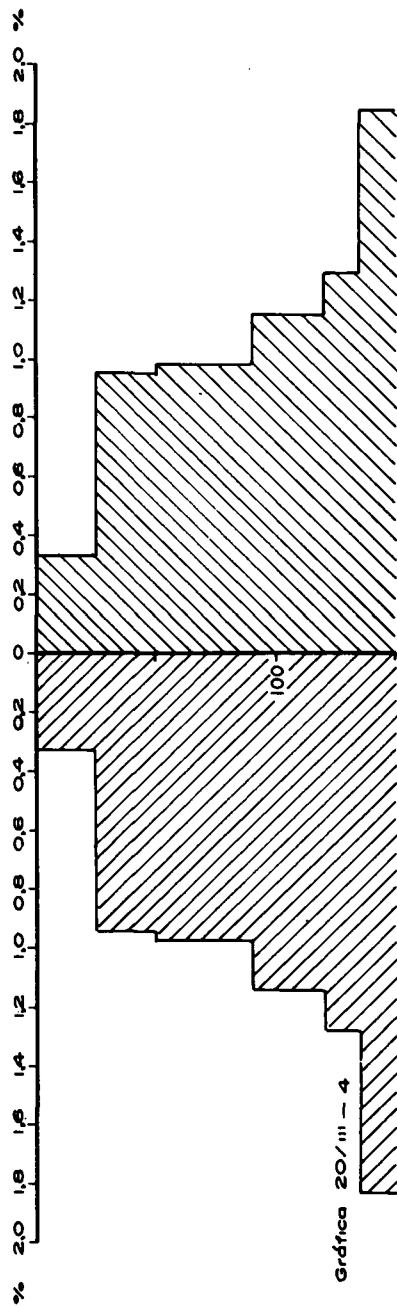
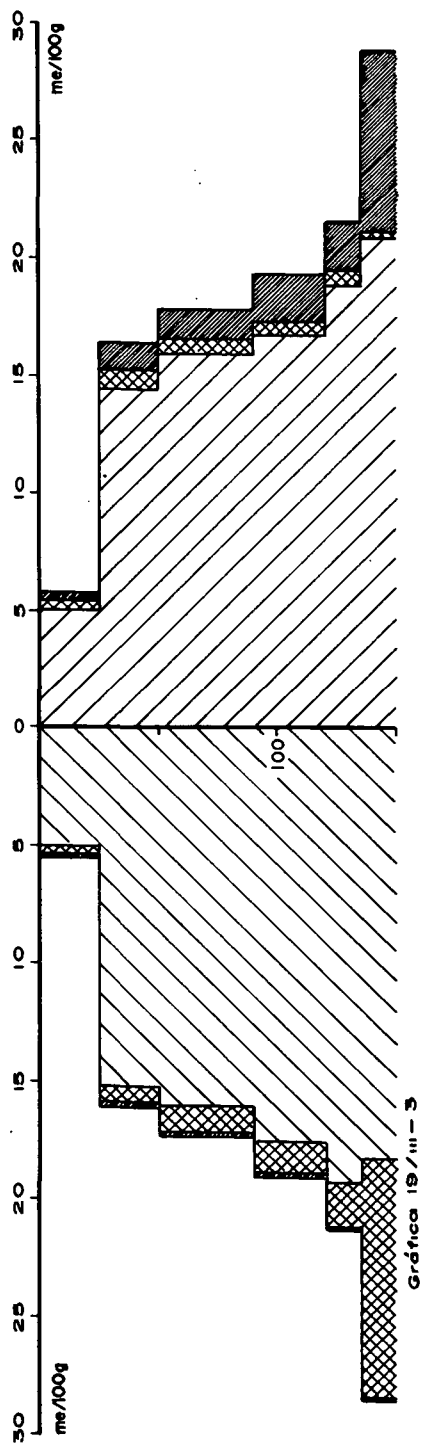
Horizonte, cm	Aniones				Cationes				S.S.T.
	HCO ₃ ¹⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ¹⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ¹⁺	Na ¹⁺	
	me/100 g				me/100 g				
0- 25	0,10	—	0,40	4,98	0,38	0,39	0,02	5,01	5,64
25- 50	0,10	—	0,67	15,27	1,20	0,75	0,02	14,39	16,20
50- 90	0,10	—	1,06	16,10	1,25	0,61	0,02	15,88	17,51
90-120	0,10	—	1,35	17,60	2,0	0,68	0,02	16,62	19,18
120-135	0,05	—	1,87	19,26	2,0	0,63	0,02	18,75	21,29
135-150	0,20	—	10,10	18,43	6,50	1,52	0,02	20,74	28,78

Tabla 43|III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	6600	1100	175	1750	50	70
Nivel	Mediano	Alto	Muy bajo	Alto	Bajo	Alto
S.S.T.	0,33 %					

HERRERA 6



Descripción del perfil 4

Suelo *Júcaro*.

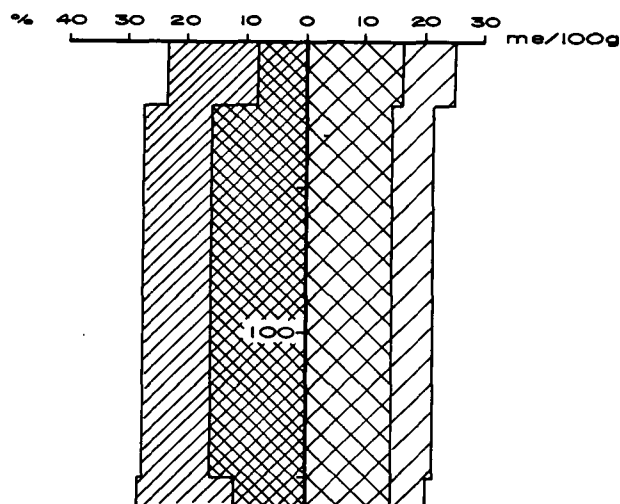
Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 5 m s.n.m.m.

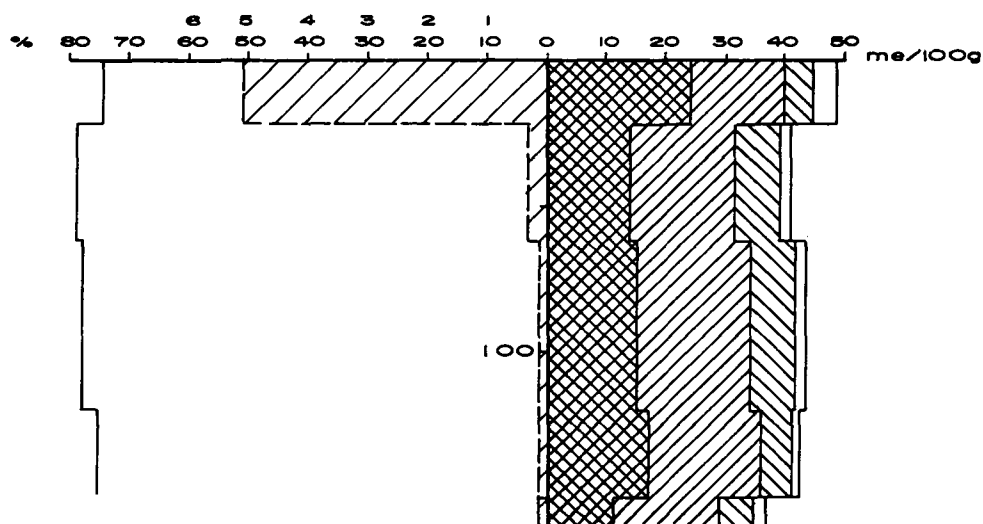
Hoja: 3784 II Melena del Sur, coord. 381.1-320.85.

Situación: Provincia de La Habana.

JÚCARO 4



Gráfica 21/III-1



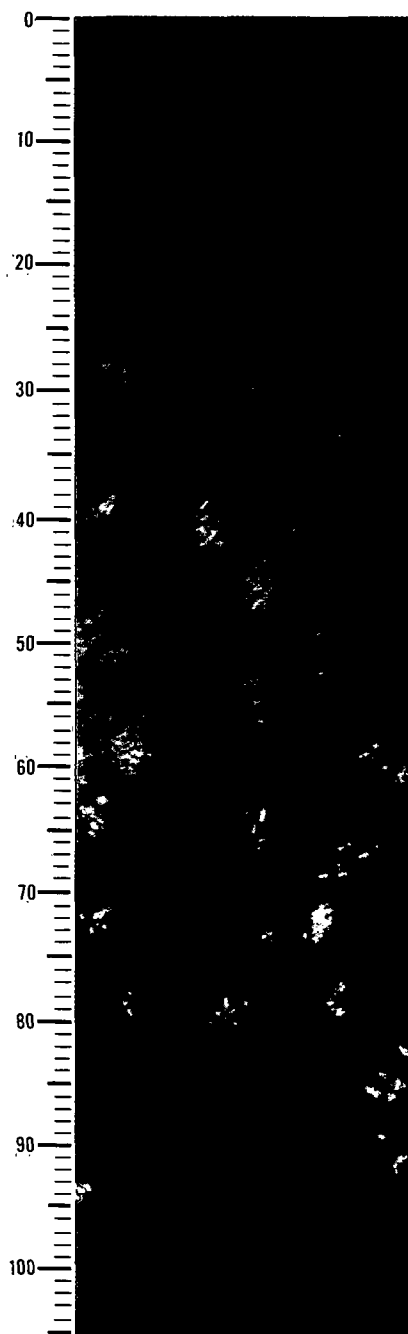
Gráfica 22/III-2

A 0- 22 cm Arcilla parda, muy compacta, que en la seca se endurece y agrieta y se rompe en pedazos de forma poliédrica. Cuando está húmeda es pegajosa. No contiene carbonato de calcio. De reacción ácida.

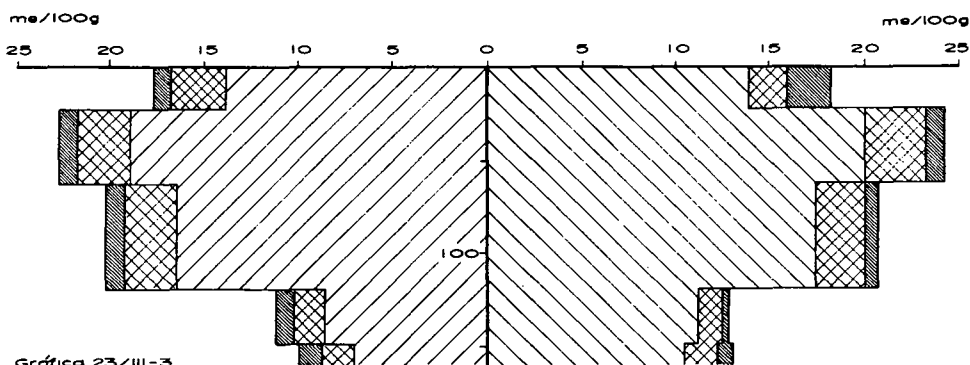
por gris, pardo oscuro rojizo, influencia del manto freático. Algunas concreciones de hierro. De reacción casi neutra. No contiene carbonato de calcio.

C₂ 120-150 cm Arcilla amarilla, plástica, moteada de amarillo y

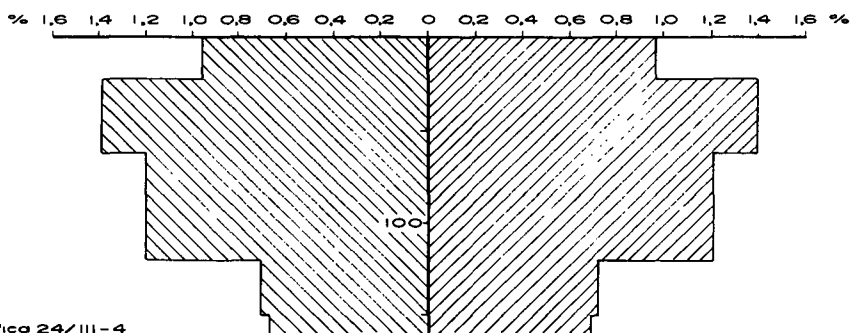
PERFIL No. 4



JÚCARO 4



Gráfica 23/III-3



Gráfica 24/III-4

B 22- 62 cm Arcilla amarilla pardusca, dura cuando está seca, plástica y, pegajosa cuando está húmeda. De reacción casi neutra. No contiene carbonato de calcio.

gris. Se encuentran concreciones de hierro en mayor cantidad que en el anterior, tiene una capa de acumulación de perdigones. De reacción casi neutra. No contiene carbonato de calcio.

C₁ 62-120 cm Arcilla amarilla, dura cuando está seca, plástica y pegajosa cuando está húmeda. Moteada

C₃ 150-180 cm Arcilla plástica moteada de gris, gris azulado, pardo rojizo. De reacción

ARCILLA Júcaro

casi neutra. No contiene carbonato de calcio. Se encuentra una arcilla más pesada que en el anterior. No contiene perdigones.

180- cm Caliza.

El manto freático se encuentra a 160 cm. Es un suelo salino en todo su perfil.

Vegetación nativa: pasto natural.

Tabla 44/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 22	6,7	6,5	1,74	—	—	11,0	5,12	300	7	1,4
22- 62	7,0	6,7	0,32	—	—	9,80	0,32	20	—	2,3
62-120	7,0	6,6	0,33	—	—	9,68	0,10			
120-150	7,1	6,7	0,38	—	—	8,81	0,10			
150-160	7,1	6,7	0,38	—	—	8,12	0,10			

Tabla 45/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 22	48,60	44,85	3,75	92	24,0	15,74	0,76	4,35
22- 62	40,50	39,55	0,95	97	14,27	17,27	0,66	7,35
62-120	42,90	41,80	1,10	97	15,12	18,96	0,81	6,91
120-150	42,10	41,10	1,0	97	16,74	18,83	0,48	5,03
150-160	36,45	34,58	1,87	94	10,86	17,80	0,49	5,43

Tabla 46/III
DISTRIBUCIÓN DE LAS SALES SOLUBLES EN AGUA EN EL PERFIL

Horizonte, cm	Aniones				Cationes				S.S.T.
	HCO ₃ ¹⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ¹⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ¹⁺	Na ¹⁺	
	me/100 g				me/100 g				
0- 22	0,89	—	2,80	13,85	1,01	3,17	0,09	13,91	17,31
22- 62	1,0	—	2,80	18,90	0,88	3,28	0,06	20,0	23,0
62-120	1,0	—	2,80	16,50	0,56	2,63	0,04	17,39	20,17
120-150	0,92	—	1,73	8,56	0,31	1,31	0,02	11,08	11,82
150-160	1,12	—	1,73	7,05	0,51	1,94	0,01	10,43	10,26

Tabla 47/III

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	7900 Mediano	3150 Muy alto	500 Mediano	1650 Alto	115 Mediano	40 Alto
S.S.T.	0,96 %					

Suelo CAONAO

Es más extenso en las llanuras de la faja costera. En la estación de las lluvias se cubre de agua por períodos largos. Usualmente se encuentran presentes sales solubles en agua, principalmente $CaNa$ en cantidades de moderadas a grandes. Este suelo ocupa campos muy llanos en posiciones bajas. En el perfil investigado por nosotros pueden distinguirse los horizontes: *A B y C*.

No se encuentran perdigones.

En la tabla 48/III, se presentan algunos datos del análisis elemental.

Tabla 48/III

ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	57			
Horizonte, cm	A 0-30	B ₁ 30-44	B ₂ 44-80	C 80-115
SiO ₂	53,42	58,49	60,61	60,34
Al ₂ O ₃	12,75	13,88	14,78	14,78
Fe ₂ O ₃	7,95	8,85	9,09	8,09
SiO ₂ /R ₂ O ₃	5,0	5,10	5,0	5,20

El contenido de aluminio y hierro móviles es relativamente alto a través de todo el perfil (ver en la tabla 49/III). Significa esto que el suelo *Caonao* ha sufrido fuertes cambios en los procedimientos del intemperismo.

El aluminio y el hierro liberados per-

manecieron en el lugar de su formación debido a que fue muy poca la acción estabilizadora de la materia orgánica, que llega a la solución del suelo.

Es un suelo hidromórfico; las aguas subterráneas que humedecen el material permanentemente tienen papel importante en el desarrollo del perfil.

El suelo *Caonao* es moderadamente ácido debido al carácter poco ácido de la materia orgánica, parcialmente descompuesta en el subhorizonte *A₁*, debido a las condiciones anaerobias que caracterizan todo el perfil. A esto se debe también que a pesar del alto contenido de materia orgánica (en el *A₁* igual a 8 %) el nivel del nitrógeno asimilable es bajo.

La capacidad de intercambio de bases es alta y más de la mitad del complejo adsorbente está saturada por calcio. El contenido de magnesio intercambiable es muy alto, lo que, junto al sodio, le da al suelo *Caonao* malas condiciones físicas. El por ciento de saturación por el sodio aumenta con la profundidad. Los datos que caracterizan las calidades químicas del suelo *Caonao* los presentamos en las tablas 50-51/III.

Según los datos presentados se puede hacer constar que en la parte arcillosa predominan los miembros del grupo de la montmorillonita en el horizonte *A*, y una mezcla de éste y las illitas en los horizontes *B* y *C*.

De los elementos nutrientes: calcio, magnesio, potasio y sodio el suelo *Caonao* contiene cantidades suficientes para las plantas. La aplicación de fertilizantes fosfatados es muy motivada. Tiene poco de nitrógeno asimilable.

A pesar de esto no hacen falta fertilizantes nitrogenados; será oportuno movilizar por subsolación profunda y labranzas frecuentes una parte del nitrógeno almacenado en el suelo en cantidades relativamente grandes, en forma no asimilable; quiere decir que tendrá que crearse condiciones aerobias para facilitar la descomposición de la materia or-

gánica. Esto mejorará las condiciones físicas por el aumento de la lixiviación de las sales solubles acumuladas en el suelo *Caonao*.

Al final se ofrece la descripción del perfil 57, las gráficas 25/III-1 y 26/III-2, además las tablas 50-52/III, representan los datos detallados de las características químicas del suelo en cuestión.

Tabla 49/III
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 30	13,72	20,39	0,19	0,29
30- 44	16,98	15,25	0,21	0,17
44- 80	21,40	23,45	0,25	0,27
80-115	19,30	27,60	0,23	0,33

Descripción del perfil 57

Suelo *Caonao*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 5 m s.n.m.m.

Hoja: 3784 II Melena del Sur, coord. 393.00-317.00.

Situación: Provincia de La Habana.

*A*₁ 0- 10 cm Arcilla parda muy oscura casi negra, con alto contenido de materia orgánica, descompuesta y semidescompuesta, esta última le imparte al suelo una tonalidad pardusca característica. Presenta una gran cantidad de raíces de la vegetación predominante, en este caso junco. En algunas partes se observan concreciones amarillas calcáreas. Este material al secarse es de una dureza extraordinaria, se presentan notables grietas.

*A*₂ 10- 30 cm Arcilla de color pardo grisáceo muy oscuro, casi negro, extraordinariamente dura cuando seca, en tal condición que se resquebraja; sumamente plástica y pegajosa cuando húmeda. En algunas partes aparece este subhorizonte debido a la penetración mecánica de la materia orgánica procedente de la superficie a través de las grietas, aunque también cabe la posibilidad que sea debido a la precipitación de ésta, origi-

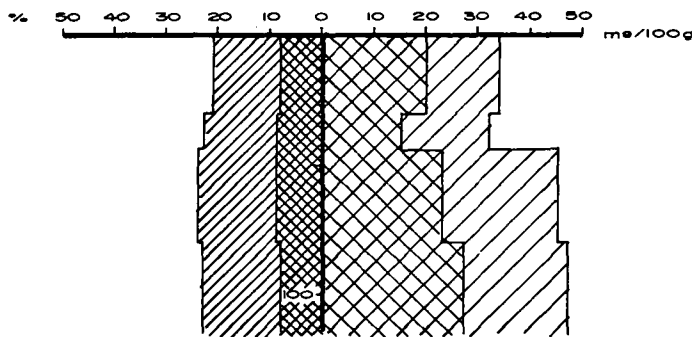
nada por el exceso de sales alcalinas.

En algunas partes aparecen también concreciones amarillas calcáreas. Desarrollo radicular menor que en el horizonte superior.

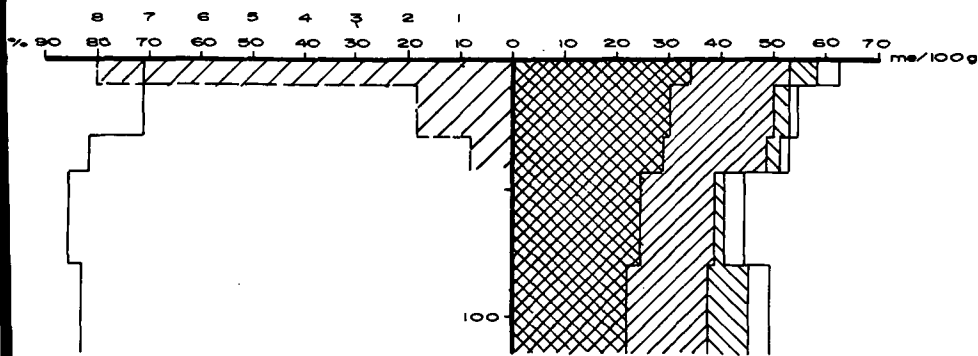
servan algunas manchas negras influidas por materia orgánica, que probablemente constituyeron raíces en épocas anteriores y las cuales en condiciones anaerobias no han podido descom-

PERFIL No. 57

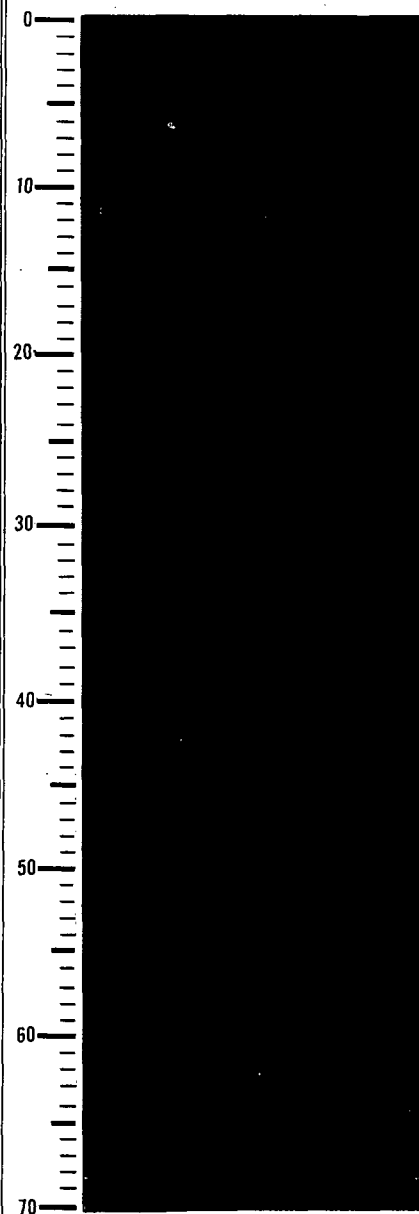
CAONAO 57



Gráfica 25/III-1



Gráfica 26/III-2



ARCILLA Caonao

B₁ 30- 44 cm Arcilla pardo amarillenta, que por ser una transición es más oscura en la parte superior y más amarilla en la parte inferior; sumamente plástica, pegajosa y húmeda. No se observan raíces. Se ob-

ponerse. En algunos lugares se observan manchas ligeramente rojizas producto de la descomposición de algunas concreciones calcáreas, que parece hubo en este horizonte.

B₂ 44- 80 cm Arcilla de color amarillo sumamente plástica, pegajosa y húmeda. No se observan raíces; se observan restos aparentemente descompuestos de raíces, los cuales están dispuestos verticalmente y su curso está señalado por una coloración grisácea, aparentemente pro-

ducto de la reducción. También, ocasionalmente, aparecen algunas manchas negras de materia orgánica, probablemente de antiguas raíces descompuestas.

C 80-115 cm Arcilla amarilla con algunas moteaduras de rojizo y gris, sumamente plástica, pegajosa, y

Tabla 50/III
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 10	7,0	6,3	1,19	—	—	12,76	8,0	310	5	—
10- 30	7,0	6,3	0,59	—	—	12,18	1,86	110	1,5	—
30- 44	7,0	6,5	0,40	—	—	11,78	0,84			
44- 80	6,9	6,8	0,20	—	—	13,03	0,56			
80-115	6,8	5,9	0,79	—	—	11,15	0,22			

Tabla 51/III
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				mg/100 g			
0- 10	62,60	58,70	3,90	93	33,75	19,50	1,15	4,30
10- 30	54,20	53,10	1,10	98	30,0	20,0	0,50	2,60
30- 44	52,90	50,80	2,10	96	29,40	19,0	0,40	2,0
44- 80	44,50	40,50	4,0	91	24,40	14,30	0,20	1,60
80-115	49,0	45,0	4,0	92	21,90	15,60	0,50	6,95

Tabla 52/III
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	10 700 Alto	4000 Muy alto	600 De mediano a alto	1400 Alto	63 Bajo	—

húmeda en extremo. Aparecen muchas manchas grises verticales, en cuyo centro aún pueden observarse las huellas de raíces descompuestas; dichas raíces, han reducido aparentemente los minerales que imparten la coloración amarilla de estos suelos y han ocasionado la coloración gris de las manchas.

A mayor profundidad de 120 *cm* aparecen hilillos de agua, la cual mantiene al suelo con excesiva humedad.

La profundidad de los horizontes en este suelo es sumamente variable, especialmente en lo que se refiere a los horizontes de acumulación de materia orgánica. Hay una gran acumulación de sales en la superficie del suelo, arrastrada por el agua al evaporarse. En las capas superficiales se observan partes de naturaleza turbosa.

Vegetación nativa: Juncos, paraná y algunas plantas de la especie llamada aroma.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRIMARIAS SOBRE LOS SUELOS PARDOS Y NEGROS, SUSTENTADOS POR CARBONATO DE CALCIO O COCÓ

Resumen

I. Los mejores suelos de esta asociación, las series *Oriente* y *Camagüey* de topografía llana, y entre los de topografía alomada, las series *Habana*, *Santa Clara*, *Nazareno* y *Palmarito*, admiten una amplia gama de cultivos, con las limitaciones que impone la característica indeseable de topografía alomada, en los últimos nombrados.

Son estos suelos de una fertilidad natural alta, habiendo probado su durabilidad durante decenas de años de cultivo.

II. Los valores comparativos altos de la higroscopicidad e intercambio catiónico, son indicativos de naturaleza montmorillonítica en la arcilla.

III. Los perfiles poco profundos de estos suelos, además de la inconveniencia de presentar un habitat de poco espesor para el desarrollo de las raíces, con los consiguientes daños cuando una falta de lluvia reseca esos horizontes superficiales, presentan también el inconveniente de que en los horizontes fuertemente calcáreos no se desarrollan bien las raíces. Cuando en un horizonte hay más de 50 me/100 g de suelo de Ca intercambiable, esta excesiva cantidad de este ion es, o puede ser, tóxico para las raíces de los vegetales. Una enmienda para los horizontes superficiales fuertemente calcáreos, es la aplicación de flor de azufre o aspersiones con solución diluida de ácido

sulfúrico para provocar la aparición de yeso, sulfato de calcio, que es muy soluble, y puede ser lavado mediante el riego o las lluvias. Las cantidades de flor de azufre o las aspersiones, en concentración y aplicación de volúmenes por área, deben ser experimentadas previamente.

IV. Se recomienda que los suelos poco profundos de esta asociación sean subsolados, aproximadamente 50 cm, para provocar la meteorización de los planos más profundos; en estos planos profundos hay reservas de nutrientes para los vegetales, difícilmente accesibles para ellos, sin antes provocar esa meteorización.

V. La plasticidad de estos suelos es relativamente alta; el hecho de conservar la humedad durante más largo tiempo, condición ligada a la naturaleza mineralógica de la fracción arcilla, tiene la ventaja de almacenar agua y cederla a las plantas. Esta característica, ventajosa desde este punto de vista, es desde el aspecto de la erradicación mecánica de las hierbas malas durante la temporada de lluvias, un serio inconveniente. Como quiera que el momento óptimo de entrada al campo con la maquinaria, en estos suelos, es sólo unas pocas horas de todas las de posible laboreo durante los meses de lluvia, impone un parque mayor, o sea, un índice mayor de tractores por área, para las zonas del país donde prevalecen estos suelos, para las labores de erradicación de las hierbas malas, y para la preparación de tierras que se intenten hacer de mayo a octubre de cada año normal en lluvias.

Estos suelos, los sustentados por cocó, fueron considerados por algunos autores

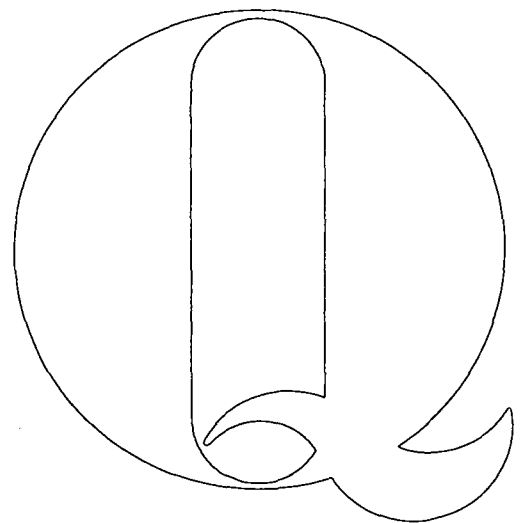
como rendzinas, y por otros, como chernozems tropicales. Véase, *Tropical Soils*, C. C. Webster y P. N. Wilson, Longmans Green & Co. Ltd. 1966.

VI. La estructura de algunos de estos suelos, su composición granulométrica, la excelente porosidad y sus diferentes partes, las acercan, por lo menos en al-

gunas capas, al esquema del suelo «ideal» propuesto por *B. N. Michurin* (Apéndice del Tomo II, de esta obra, *Física del suelo*).

VII. La ocurrencia de estos suelos es, porcentualmente, mayor en las provincias orientales que en las occidentales e Isla de Pinos.

Capítulo IV



***Características
químicas de las arcillas
negras y pardas sobre
material aluvial***

Son suelos aluviales recientes o antiguos. Están constituidos por materiales aportados por las aguas de los ríos desbordados que en diferentes épocas lo han depositado en forma de sedimento y se han drenado una vez que ha pasado la fase de desbordamiento. Los depósitos están formados por cualesquiera productos de erosión que los ríos han recibido de sus afluentes. Por este motivo el material basal que sustenta a los perfiles estudiados puede variar ampliamente según la región donde se encuentren.

Algunos de estos suelos son lixiviados y en sus horizontes superiores ya no contienen cal. La acidificación de los perfiles correspondientes va acompañada de un aumento en el contenido de magnesio intercambiable, el cual junto al sodio intercambiable le imparte condiciones físicas desfavorables. Estos suelos tienen subsuelo firme.

En algunas regiones, los yacimientos contienen sales solubles en agua que suben con el tiempo por capilaridad en el perfil. Estas sales, en su mayor parte, las componen los cloruros y sulfatos de magnesio y sodio que también contribuyen al empeoramiento de las condiciones físicas de los suelos en cuestión.

Otros suelos aluviales cubanos contienen cal aun desde la superficie; su complejo coloidal está en alto grado saturado por calcio. Por lo tanto, son bien estructurados y tienen subsuelos friables.

La base de la subdivisión de los perfiles pertenecientes a este grupo de suelos aluviales será la friabilidad del subsuelo, de la cual depende, en alto grado, el

valor productivo de los suelos en general.

Así se llega a la siguiente clasificación:

1. Suelos con subsuelo firme:

Yaguajay (VIII)
Bayamo (V)

2. Suelos con subsuelo friable:

Río Cauto (IV)
Aluvial Güines
Bacunagua (VIII)

1. Suelos con subsuelo firme

Suelo YAGUAJAY

Este suelo aluvial ocupa llanuras de planos aluviales y está sujeto a inundaciones y a condiciones de humedad excesiva. Por razón de su intensa densidad y usual condición de humedad hace resistencia a la aireación y a la oxidación. Es un suelo medianamente gleyzado y lixiviado, lo que se nota por la casi ausencia de carbonato en los horizontes *A* y *B*.

Es un suelo relativamente joven.

Los datos de los análisis elementales están representados en la tabla 1/IV.

El suelo *Yaguajay* contiene en su horizonte *A*, relativamente, mucho aluminio y hierro móviles (tabla 2/IV). Es un suelo lixiviado, y tiene acidez apreciable. Su higroscopicidad es muy alta, lo que indica junto con la alta plasticidad que es una arcilla pesada, una de las más pesadas en Cuba.

El valor de *T* es muy alto también a través de todo el perfil. El complejo coloidal está saturado hasta el 50 % por calcio y la mayor parte restante la cons-

tituyen los cationes cambiables de magnesio. La cantidad del sodio cambiabile aumenta moderadamente desde la superficie con la profundidad.

Tabla 1/IV
ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	Yaguajay, 44		
	Horizonte, cm	A 0-17	B 17-97
SiO ₂	53,96	55,36	54,46
Al ₂ O ₃	17,44	17,63	15,18
Fe ₂ O ₃	7,40	7,59	7,01
MnO	0,36	0,35	0,28
CaO	0,80	1,12	5,08
MgO	4,12	4,63	4,78
K ₂ O	0,07	0,06	0,06
Na ₂ O	1,06	0,23	0,31
P ₂ O ₅	0,10	—	—
<i>P.p.i.</i>	13,43	12,64	12,36
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,10	4,20	4,70

El contenido relativamente alto de magnesio cambiabile imparte al suelo *Yaguajay* malas características físicas y tampoco es deseable desde el punto de vista de la nutrición de las plantas. Véase la tabla 4/IV.

Las menores cantidades de los macronutrientes las contiene este suelo en potasio y nitrógeno. Pero si se toma en cuenta que la cantidad absoluta de todos los elementos nutrientes es grande, se puede hacer constar que los cultivos no necesitarán casi ningún fertilizante, sino en cantidades muy moderadas.

Con mayor frecuencia es el exceso de humedad el que perjudica a los cultivos. El gran problema es poder eliminar las aguas superficiales. Hasta que eso se realice por medio de canales y drenajes laterales, el cultivo tendrá que ser restringido en toda el área (con la única excepción del arroz), debido a que falta la aireación en el suelo y con demasiada frecuencia abundarán las malas hierbas. Estas condiciones no pueden ser favorables para ningún cultivo.

Sin embargo, las malas propiedades físicas de este suelo se deben, en alto grado, a la presencia de los miembros del grupo montmorillonítica en la fracción arcilla. El mayor poder de hinchamiento de la montmorillonita contribuye grandemente a las desventajosas condiciones físicas de este suelo.

Facilitan la evaluación de las condiciones químicas del suelo *Yaguajay* las gráficas 1/IV-1 y 2/IV-2.

Tabla 2/IV
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 17	9,66	18,0	0,12	0,22
65- 97	4,20	6,78	0,05	0,08
97-173	3,90	3,90	0,05	0,05

Descripción del perfil 44

Suelo *Yaguajay*.

Textura: Arcilla.

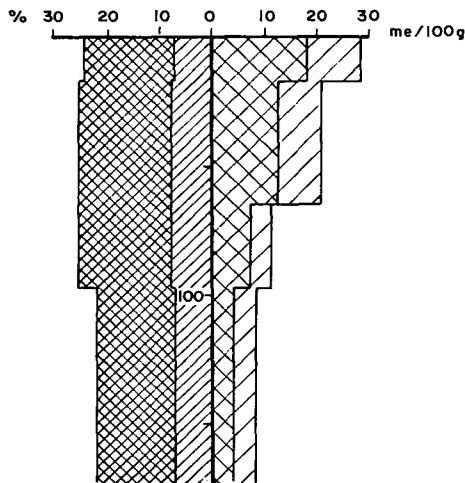
Topografía: Llana, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: Chambas, coord. 278.2-708.5.

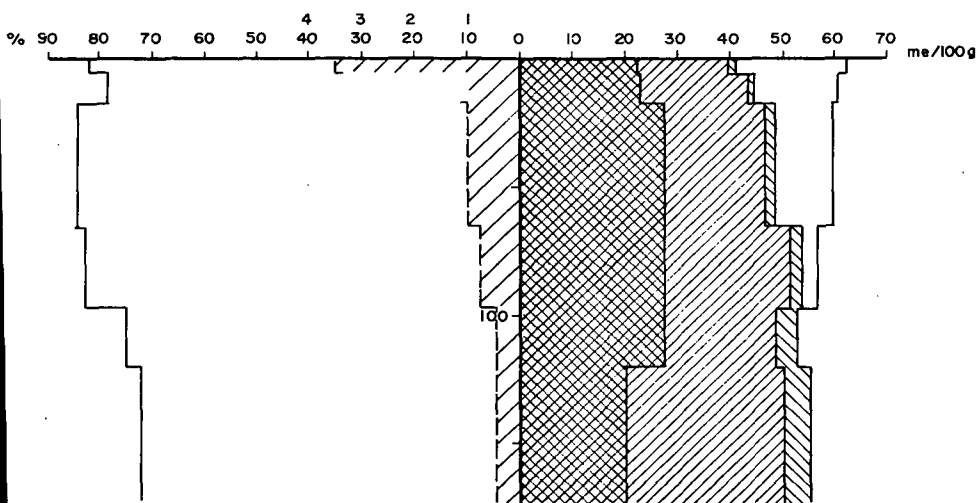
Situación: Provincia de Las Villas.

*A*₀ 0- *cm* Arcilla dura parda; muy plástica cuando húmeda. Abundantes raíces y restos carbonizados de éstos. *A* 6- 17 *cm* Arcilla dura, pardo grisá-
 Fragmentos pequeños de piedra blanca. Algunos pedazos de cuarzo claro.

YAGUAJAY 44

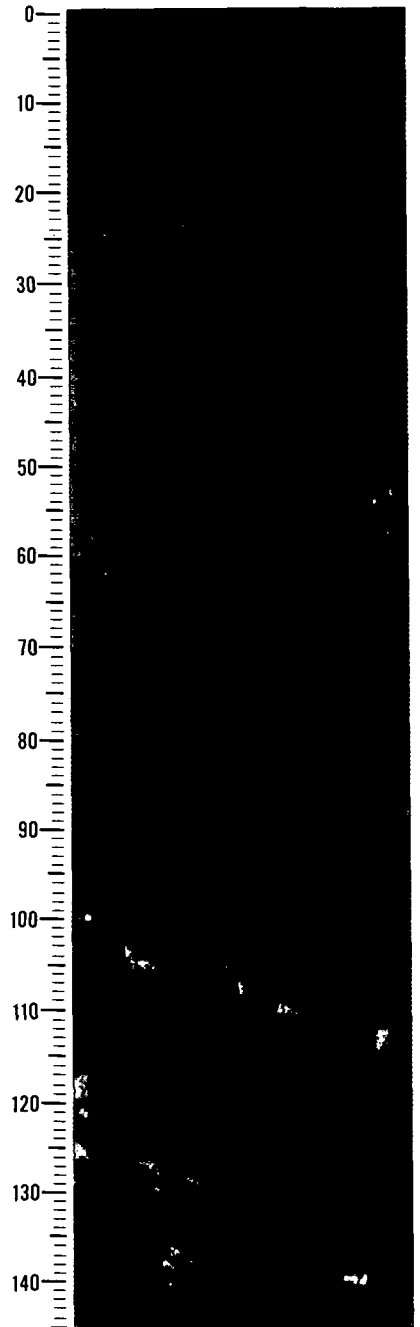


Gráfica 1/IV-1



Gráfica 2/IV-2

PERFIL No. 44



ARENA Yaguajay

- ceo, con manchas grises. Pocas raíces; raíces carbonizadas. Algunos fragmentos muy pequeños de piedra blanca.
- B*₁ 17- 65 cm Arcilla de color gris algo verdusca. Muchos fragmentos blancos de piedra. Moteado de rojizo. Algunos pequeños perdigones negros y duros.
- B*₂ 65- 97 cm Arcilla gris verdusca. Fragmentos de caliza. Algunos pequeños perdigones negros. Algunas raíces.
- C* 97-173 cm Arcilla gris verdusca, con algunas moteaduras azulosas y gris amarillento. Efervesce al ClH. Muchos fragmentos blancos, blandos, de caliza. Grava redondeada, de caliza.

Tabla 3/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _i)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 6	6,5	4,7	2,68	0,34	—	15,15	3,53	175	5	2
6- 17	6,5	5,0	2,73	0,29	—	15,26	2,65			
17- 65	6,2	4,5	0,98	0,38	—	15,75	0,98			
65- 97	7,0	6,5	0,35	—	—	15,61	0,74			
97-120	7,2	7,2	—	—	7,2	13,80	0,46			
120-173	7,2	7,2	—	—	7,2	12,66	0,46			

Tabla 4/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			Sodio (Na)
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	
	me/100 g				me/100 g			
0- 6	61,88	40,94	20,94	66	22,50	17,27	0,36	0,81
6- 17	60,25	44,59	15,66	74	22,75	20,56	0,28	1,10
17- 65	59,50	48,20	11,30	83	27,50	18,91	0,19	1,60
65- 97	56,13	53,72	2,41	96	27,50	23,85	0,14	2,23
97-120	52,88	52,88	—	100	27,50	20,97	0,11	4,30
120-173	55,07	55,07	—	100	20,0	30,01	0,11	4,95

Tabla 5/IV
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	7500	3800	200	750	80	35
Nivel	Mediano	Muy alto	De muy bajo a bajo	Bajo	Bajo	Alto

Suelo BAYAMO

Investigamos tres perfiles del suelo *Bayamo*. Algo difieren unos de los otros en la profundidad del perfil y el grado de la lixiviación. Se distinguen los horizontes: *A*, *B* y *C*.

Los resultados del análisis elemental de la parte arcillosa se presentan en la tabla 6/IV.

Tabla 6/IV

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO BAYAMO

Horizonte	<i>A_p</i>	<i>A₁</i>	<i>A₂</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
SiO ₂	51,56	53,34	52,49	51,50	49,10
Al ₂ O ₃	12,56	11,24	9,91	12,01	13,24
Fe ₂ O ₃	11,20	11,18	12,14	11,09	11,30
<i>P.p.i.</i>	15,62	13,64	13,07	10,52	9,19
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,44	4,92	5,06	4,58	4,08
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	6,96	8,06	8,89	7,31	6,31
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	12,23	12,65	11,56	12,29	11,55

Los perfiles contienen más hierro que aluminio móvil en todos los horizontes. La máxima cantidad del hierro móvil se encuentra en el perfil 48 en la capa *A₃* y en los demás (46 y 40) en los subhorizontes *A₁* y *A₂*, en todos los casos en hori-

zontes de reacción ácida (tabla 7/IV).

Los índices químicos que caracterizan los diferentes horizontes de los suelos en cuestión, los presentamos en las tablas 8-9, 12-13 y 16-17/IV, respectivamente. Se ve muy bien que son suelos lixiviados con algunas diferencias en la profundidad de la lixiviación. La mayor cantidad de materia orgánica de los tres suelos *Bayamo* lo contiene el perfil 46 y la menor el 48. A pesar de esto, el último mencionado tiene la mayor capacidad de intercambio de bases (valor de *T*) en todos los horizontes investigados.

De 45 a 80 % de la suma de los cationes cambiabiles lo constituyen los cationes de calcio, y el promedio es igual a 50 % de la saturación. Se encuentran cantidades elevadas del catión magnesio y cantidades variadas del sodio, y este último aumenta desde la superficie hacia abajo en todos los perfiles. La mayor cantidad de este elemento lo contiene el perfil 46, sobre todo en sus horizontes inferiores. La suma del magnesio más el sodio resulta alta en los suelos *Bayamo* y a esto se deben las malas características físicas que son el factor limitante de su productividad.

Tabla 7/IV

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio		Hierro	
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>Perfil 46</i>				
0-100	8,88	9,90	0,10	0,11
100-200	2,34	3,12	0,03	0,04
<i>Perfil 40</i>				
0-90	5,46	16,14	0,08	0,24
90-100	6,42	9,78	0,09	0,14
100-180	5,76	9,12	0,09	0,14
<i>Perfil 48</i>				
0-40	8,64	8,58	0,16	0,16
40-105	9,66	12,0	0,15	0,18
105-173	5,45	7,98	0,12	0,17

Según la higroscopicidad se concluye que la mayor parte de ésta se compone de una mezcla de las illitas y montmorillonitas. Hay una variación bastante amplia en el valor de T , lo que indica que la proporción de los minerales arcillosos mencionados varía entre amplios límites, en los perfiles investigados.

El perfil 46 contiene sales solubles en agua en pequeñas cantidades ya desde su superficie (0,11 %) y aumentan gradualmente hasta llegar a su máximo valor (= 0,32 %) en el horizonte C .

El perfil 40, en cuanto a la salinidad, ofrece casi el mismo aspecto, con la única diferencia que contiene aún menos sales que el anterior. La cantidad de las sales solubles en agua varía de 0,05 a 0,18 % en el perfil. Ninguno de los dos perfiles, en su primer horizonte, se considera to-

davía como suelo, por ser la cantidad de las sales inferior a 0,2 %.

En los horizontes inferiores de ambos perfiles predomina el $ClNa$.

Se remite al lector a las gráficas 5 y 11/IV-3 y a las tablas 10 y 14/IV (en relación a la composición química), luego, a las gráficas 6 y 12/IV-4 (en cuanto a la distribución de las sales en los perfiles discutidos).

Los suelos *Bayamo* investigados contienen, de todos los macronutrientes, cantidades suficientes para el crecimiento de las plantas. En mínimo se encuentra el nitrógeno. Sin embargo, el factor limitante de la productividad de estos suelos son sus malas propiedades físicas. En el Tomo II de esta obra se discuten detalladamente las modalidades de enmienda de los suelos *Bayamo*.

Descripción del perfil 46

Suelo *Bayamo*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 4878 II La Posta, coord. 495.950-224.05.

Situación: Provincia de Oriente.

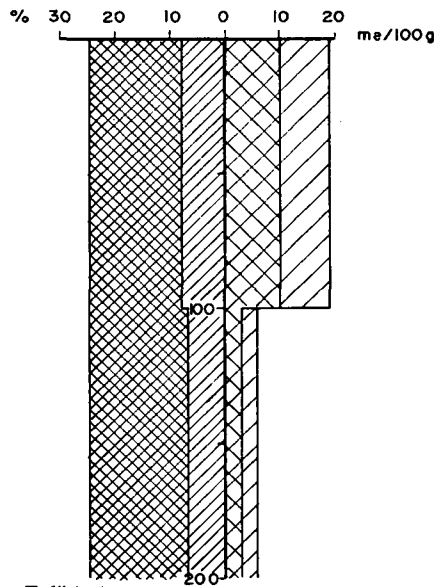
- A_1 0- 45 cm Arcilla pesada negruzca. Plástica y pegajosa cuando húmeda. Muy húmeda. Algunas concreciones muy pequeñas, negras, de hierro. De reacción ácida. Algunos restos de caracoles. Algunos pequeños fragmentos de caliza. Vetas finas negras y rojo ladrillo.
- A_2 45-100 cm Arcilla pardo grisáceo, muy compacta. Plástica cuando húmeda y pegajosa. Más pesada que la anterior. Algunas concreciones muy pequeñas, de color rojo oscuro, casi negro. Fragmentos de ca-

- liza de tamaño 1 mm-1 cm. Los fragmentos efervescen. Medianamente húmeda. Precipitación blanca.
- B 100-160 cm Arcilla parda, poco amarillenta. Muchos fragmentos de caliza. Precipitación de cal. Cristales de caliza. Efervesce mucho al ClH . Muy húmeda.
- C 160-200 cm Arcilla amarilla oscura, moteada de gris azulado y negro. Fragmentos de caliza dura. Precipitación de cal. Muy húmeda, pegajosa y pesada. Algunas concreciones muy pequeñas, negras.

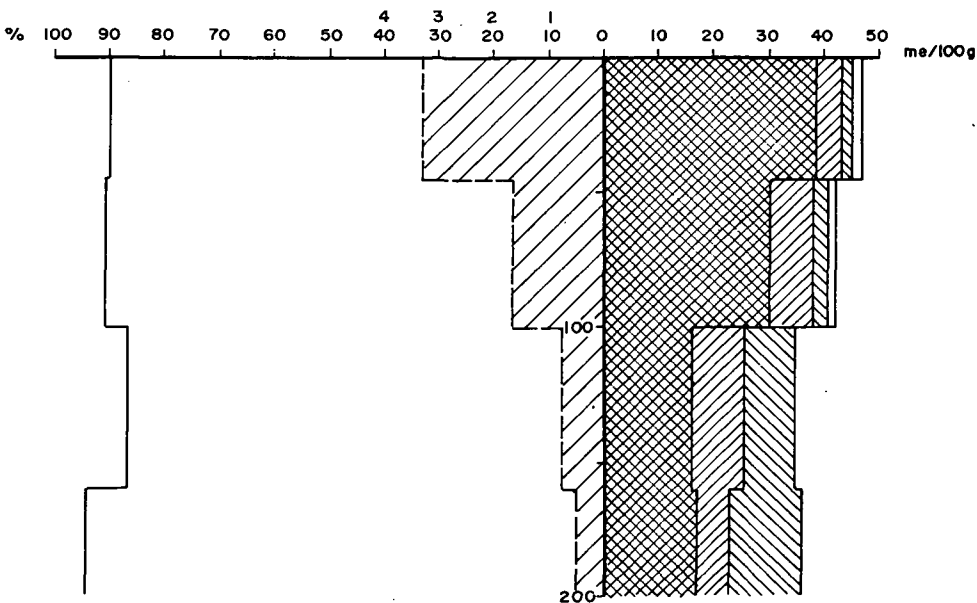
Manchas negras. Efer-
vesce al CIH.
Vegetación natural:
Ausente.
Vegetación asociada:
Caña de azúcar de regu-
lar a mala.

El perfil presenta uniformidad en casi
todos sus horizontes aunque en algunas
partes el gris oscuro llega hasta 110 cm.
El desarrollo radicular es abundante en
los primeros 45 cm, y se encuentran algu-
nas raíces a los 150 cm.

BAYAMO 46

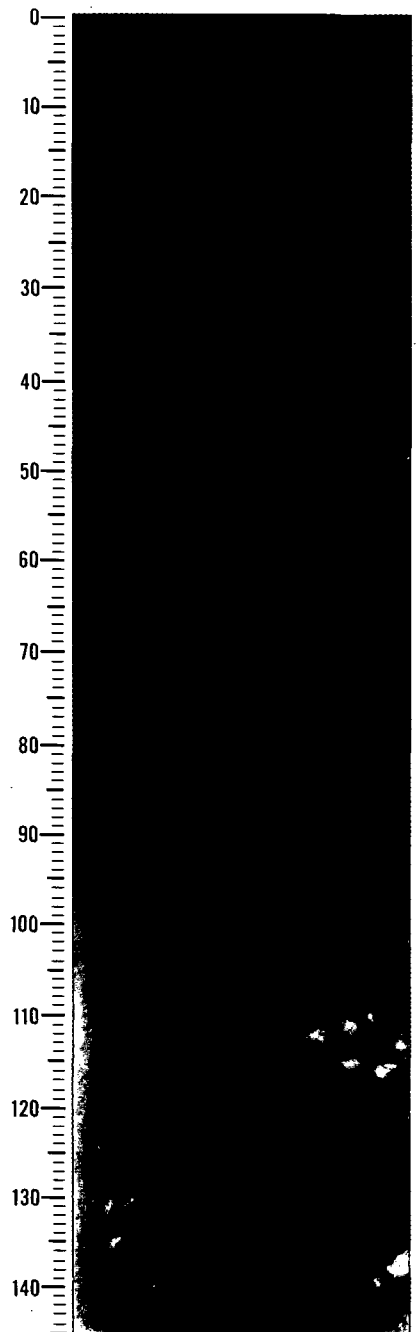


Gráfica 3/IV-1



Gráfica 4/IV-2

PERFIL No. 46



ARCILLA Bayamo

Tabla 8/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0-45	6,5	6,0	0,56	—	—	18,30	3,30	165	5	1,8
45-100	7,0	7,0	0,73	—	0,8	18,23	1,66			
100-160	7,3	7,3	—	—	6,5	15,99	0,74			
160-200	7,3	7,3	—	—	4,8	16,38	0,52			

Tabla 9/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0-45	46,63	45,51	1,12	97	38,55	4,57	0,80	1,59
45-100	41,75	40,63	1,12	97	29,89	8,50	0,63	1,61
100-160	34,37	34,37	—	100	16,26	9,28	0,73	8,10
160-200	35,13	35,13	—	100	16,57	5,99	0,86	11,71

Tabla 10/IV
SALES SOLUBLES EN AGUA

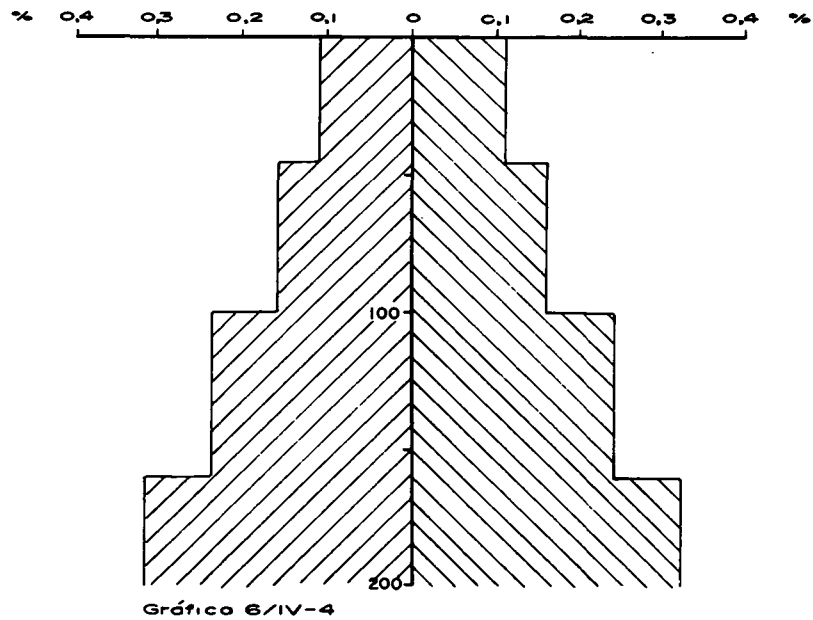
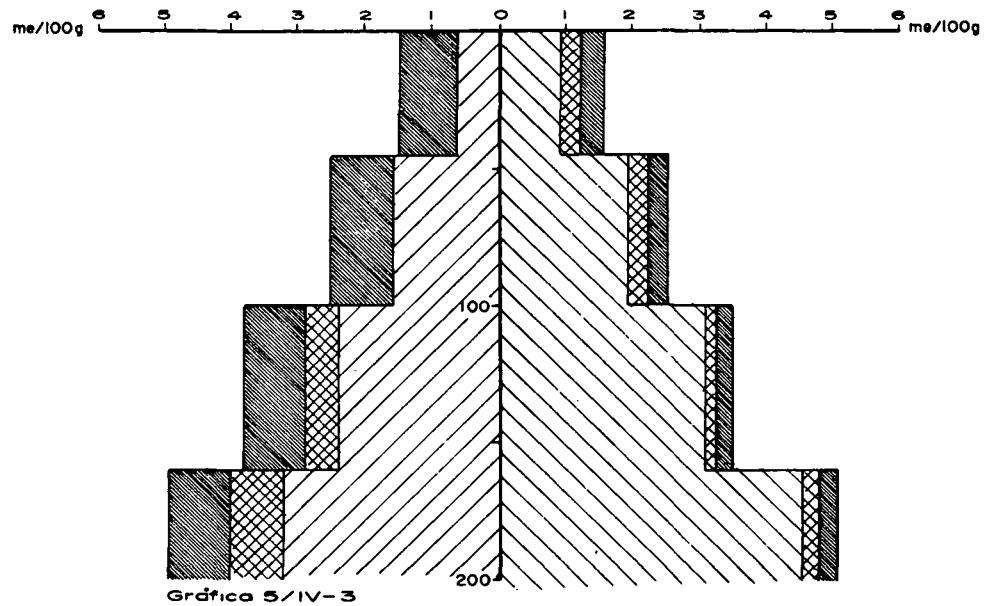
Horizonte, cm	Aniones				Cationes				S.S.T.*
	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
	me/100 g				me/100 g				
0-40	0,90	—	0,62	—	0,35	0,30	0,02	0,91	1,55
40-100	0,90	—	1,58	—	0,28	0,30	0,01	1,90	2,48
100-160	0,90	—	2,40	0,52	0,35	0,16	0,01	3,10	3,72
160-200	0,90	—	3,26	0,78	0,30	0,23	0,01	4,50	5,0

*Promedio de la suma de los cationes y aniones.

Tabla 11/IV
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	12 800 Alto	1300 Alto	450 Mediano	600 Bajo	80 Bajo	30 De mediano a alto
S.S.T.	0,11 %					

BAYAMO 46



Descripción del perfil 40

Suelo *Bayamo*.

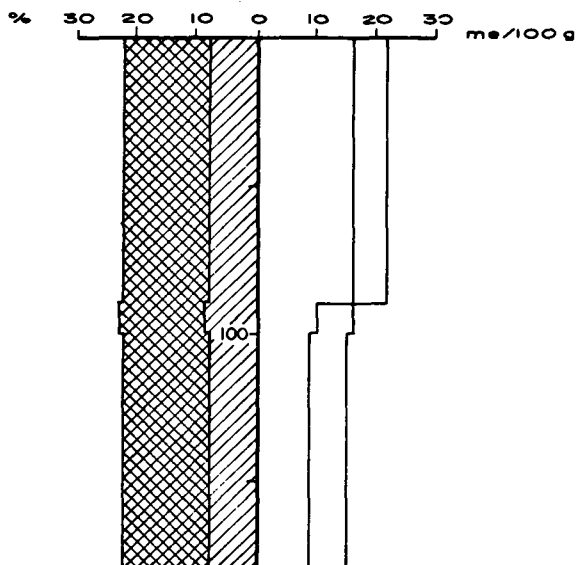
Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 35 m s.n.m.m.

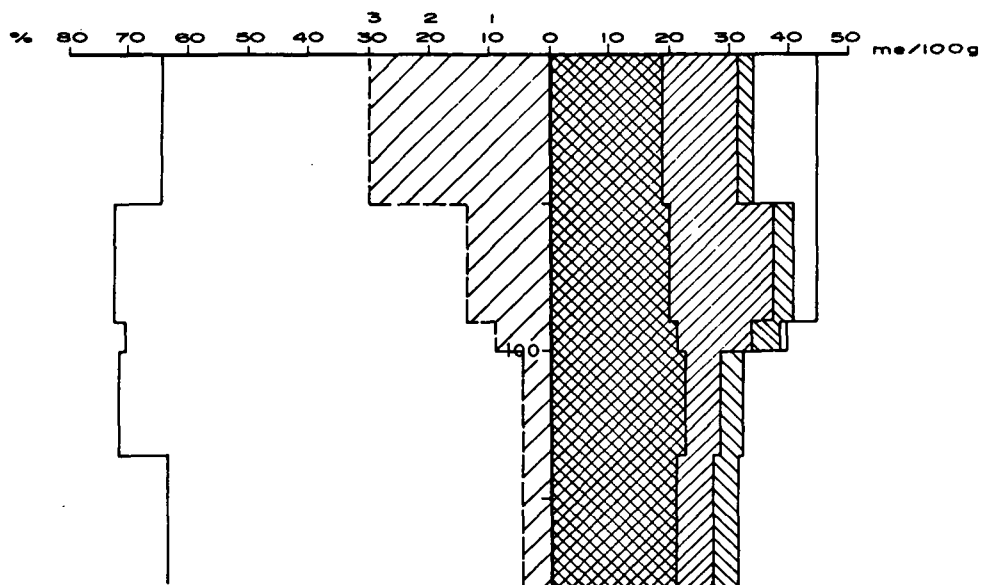
Hoja: 4877 II Bayamo, coord. 510.1-198.5.

Situación: Provincia de Oriente.

BAYAMO 40



Gráfica 7/IV-1



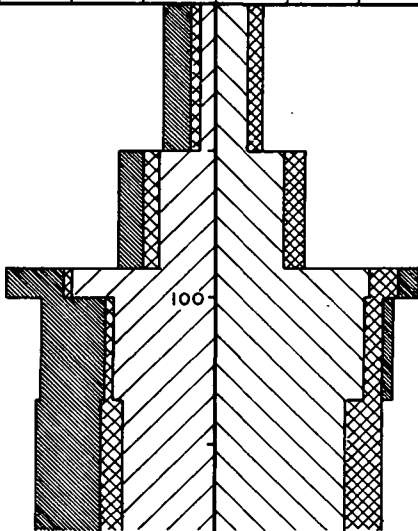
Gráfica 8/IV-2

*A*₁ 0- 50 *cm* Arcilla pesada, de color pardo oscuro. Precipitación blanca, concreciones blancas de 2 *mm* de tamaño en su centro con una concreción negra. De reacción ácida. Sistema radicular bueno.

*A*₂ 50- 90 *cm* Arcilla pesada pardo-negruzca. Muy pequeños perdigones blandos, de hierro. De reacción ácida.
B 90-100 *cm* Capa de transición. Arcilla parda poco amarillenta. Moteada de negro-

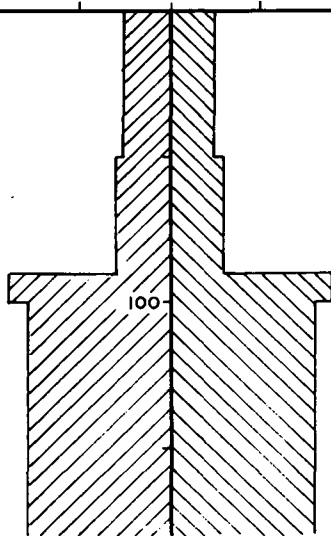
BAYAMO 40

me/100g 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 me/100g



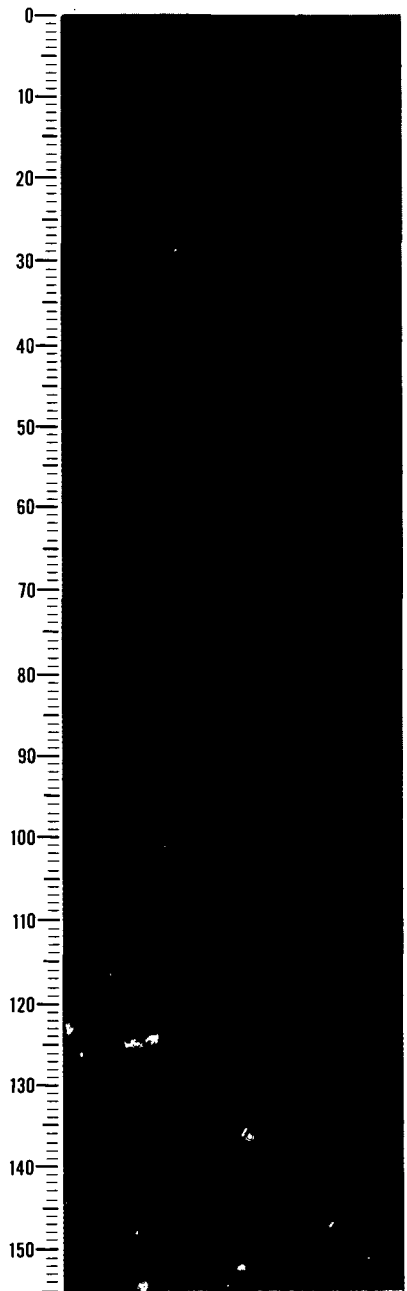
Gráfica 9/IV-3

% 0,3 0,2 0,1 0 0,1 0,2 0,3 %



Gráfica 10/IV-3

PERFIL No. 40



ARCILLA Bayamo

Tabla 12/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			mg/100 g							
0- 50	6,5	6,0	2,95	0,48	—	11,68	3,01	150	5	2,5
50- 90	6,5	6,0	1,45	—	—	12,96	1,36			
90-100	7,0	7,0	0,44	—	—	13,22	0,91			
100-135	7,2	7,2	—	—	2,4	11,88	0,46			
135-180	7,2	7,2	—	—	1,8	10,83	0,46			

Tabla 13/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 50	44,63	33,40	11,23	75	18,75	12,75	0,83	1,07
50- 90	44,63	40,68	3,75	91	20,0	17,58	0,54	2,56
90-100	38,75	37,75	1,0	97	21,0	12,40	0,62	3,73
100-135	32,13	32,13	—	100	22,38	16,26	0,40	3,09
135-180	31,38	31,38	—	100	20,82	6,43	0,26	3,87

Tabla 14/IV
SALES SOLUBLES EN AGUA

Horizonte, cm	Aniones				Cationes				S.S.T.*
	HCO ₃ ¹⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ¹⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ¹⁺	Na ¹⁺	
	me/100 g				me/100 g				
0- 50	0,40	—	0,20	0,13	—	0,20	0,04	0,44	0,70
50- 90	0,40	—	0,80	0,13	—	0,30	0,03	0,91	1,28
90-100	0,80	—	2,01	0,13	0,25	0,40	0,02	2,13	2,87
100-135	0,90	—	1,42	0,13	0,12	0,26	0,01	2,08	2,46
135-180	0,90	—	1,30	0,27	0,01	0,50	0,01	1,78	2,40

* Promedio de la suma de los cationes y aniones.

Tabla 15/IV
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	6200	2550	550	400	80	40
Nivel	Mediano	Muy alto	Mediano	Bajo	Bajo	Alto
S.S.T.	0,05 %					

parda oscura. Una arcilla grasienta al tacto, muy compacta. Algunas concreciones calcáreas.

C 100-180 *cm* Arcilla pesada de color pardo amarillento, poco

rojizo. Pegajosa cuando húmeda. Concreciones calcáreas. Fragmentos de caliza pequeña. Algunos perdigones pequeños de hierro color pardo rojizo, negro.

Descripción del perfil 48

Suelo *Bayamo*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 25 m s.n.m.m.

Hoja: 4877 III Julia, coord. 505.55-204.9.

Situación: Provincia de Oriente.

A₁ 0- 16 *cm* Arcilla pardo oscuro, plástica y pegajosa cuando húmeda. Gran abundancia de raíces. Se observan algunas lombrices. Algunas concreciones de color rojo oscuro, redondas. De reacción ácida.

A₂ 16- 40 *cm* Arcilla gris oscuro. Algunos fragmentos muy pequeños de caliza. Algunos restos de caracoles. Muy plástica, pegajosa, cuando húmeda. Abundantes raíces, aunque en menor cantidad que en el horizonte anterior. De reacción ácida.

A₃ 40-105 *cm* Arcilla pardo amarillento; 40-50 *cm* capa de transición. Algunos fragmentos semiduros blancos de piedra. Algunas concreciones redondas de hierro de 1-4 *mm* de tamaño. De reacción ácida. Precipitación blanca y amarilla oscura. Abundantes raíces.

B 105-128 *cm* Arcilla amarilla con mo-

teaduras pequeñas de amarillo intenso y gris azulado, muy consistente.

Pocas raíces. Algunos fragmentos duros de caliza. De reacción neutral.

C₁₁ 128-148 *cm* Arcilla amarilla, moteada de color gris. Concreciones calcáreas. Abundantes nódulos de caliza. De forma larga e irregular. Pocas raíces. Muchos cristales de caliza. Muy consistente. De reacción neutral.

C₁₂ 148-173 *cm* Arcilla amarilla, moteada de gris, y blanco. Con nódulos de caliza. Manchada de un material blando herrumbroso. Muy pocas raíces. Vegetación nativa: Ateje, algarrobo. Vegetación asociada: Pangola, faragua en buen estado.

Este suelo está resquebrajado hasta la profundidad de 120 *cm*. Hasta 240 *cm* presenta el mismo aspecto.

BAYAMO 48

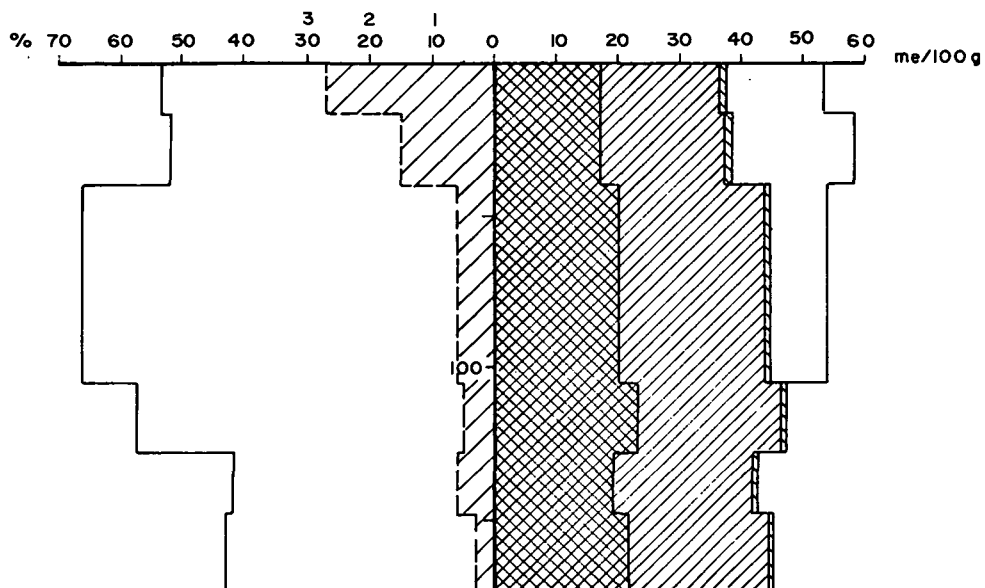
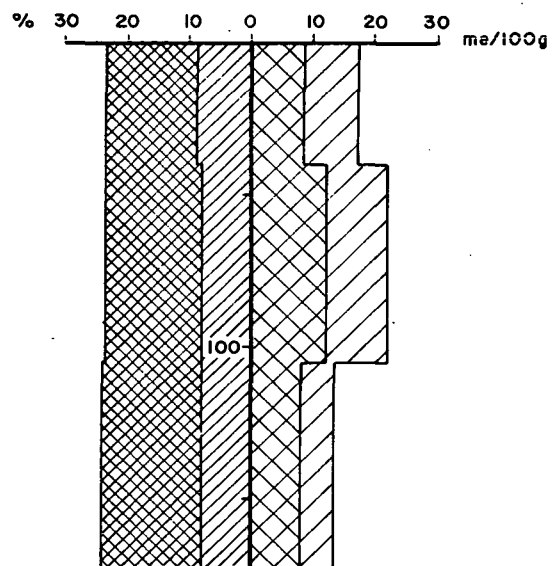


Tabla 16/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (<i>h_v</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			me/100 g							
0- 16	6,5	6,0	2,64	0,59	—	8,82	2,70	135	4	2,5
16- 40	6,5	6,0	2,42	0,85	—	8,78	1,51	75	2	1,5
40-105	6,5	6,0	1,49	0,34	—	11,50	0,60			
105-128	7,3	7,3	—	—	2,1	9,40	0,52			
128-148	7,3	7,3	—	—	4,0	7,40	0,60			
148-173	7,3	7,3	—	—	5,3	7,56	0,30			

Tabla 17/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 16	53,0	37,30	15,70	70	16,79	19,77	0,41	0,33
16- 40	58,0	37,60	20,40	65	16,77	20,12	0,49	0,22
40-105	53,50	44,20	9,30	83	20,25	23,20	0,45	0,30
105-128	47,0	47,0	—	100	22,70	23,55	0,24	0,51
128-148	42,0	42,0	—	100	19,11	22,47	0,08	0,34
148-173	44,60	44,60	—	100	21,63	22,34	0,13	0,50

Tabla 18/IV
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	5550	4000	250	125	35	40
Nivel	Bajo	Muy alto	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto

2. Suelos con subsuelo friable

Suelos RÍO CAUTO y ALUVIAL GÜINES

Son dos diferentes tipos aluviales. Aunque ambos son suelos calcáreos y altamente saturados por calcio, el suelo Río Cauto contiene poca cantidad de cal en su primera sección, y aumenta en la segunda sección. El suelo Aluvial Güines contiene apreciables cantidades de este material

ya desde la superficie; desde aquí sigue aumentando y llega a su máximo contenido en la capa superior de la segunda sección, para disminuir después y, en la sección tercera, contiene cal en muy poca cantidad, en su mayor parte en forma de pequeñas concreciones.

El perfil actual del suelo Aluvial Güines resultó, aparentemente, de la superposición de dos formaciones geológicas, la más antigua es la que forma el material

de la tercera sección, que sustenta los depósitos más jóvenes del río.

Las desigualdades en la distribución de la cal en los dos perfiles investigados refleja muy bien las diferencias de los materiales que les dieron origen.

Los resultados de los análisis elementales del suelo *Río Cauto* se presentan en la tabla 19/IV.

el *Río Cauto* que el *Güines*. El suelo *Río Cauto* contiene algo más del magnesio cambiante, cuya cantidad llega al 30 % del valor de *S*, en la capa inferior de la sección segunda.

Independientemente de esto, los cuatro cationes cambiables están relativamente bien proporcionados para la nutrición de las plantas.

Tabla 19/IV
ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	<i>Río Cauto</i> , 38				
	<i>A</i> ₁	<i>A</i> ₂	<i>B</i> ₁	<i>B</i> ₂	
	0-28	28-67	67-100	100-143	143-185
SiO ₂	57,33	55,96	49,24	46,85	47,21
Al ₂ O ₃	16,85	20,06	16,05	16,10	16,28
Fe ₂ O ₃	8,35	9,45	7,87	7,52	7,98
MnO	0,19	0,27	0,10	0,16	0,16
CaO	-3,01	1,85	9,03	12,38	9,54
MgO	1,91	3,18	2,30	2,37	5,43
K ₂ O	0,57	0,26	0,37	0,35	0,04
Na ₂ O	0,24	0,21	0,60	0,32	0,29
P ₂ O ₅	0,15	0,10	0,10	0,05	0,53
<i>P.p.i.</i>	10,80	8,26	13,74	13,56	12,28
SiO ₂ /R ₂ O ₃	4,40	3,60	4,0	3,80	3,80

Tabla 20/IV
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Sección, <i>cm</i>	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	<i>me</i> /100 g de suelo		<i>me</i> /fracción arcilla, %	
<i>Río Cauto</i> ,	<i>Perfil 38</i>			
I/a 0- 28	4,20	0,52	0,10	0,01
I/b 28- 67	6,24	0,52	0,13	0,01
II 67-185	no det.		no det.	

Se presentan en las tablas 21-22 y 24-25/IV, respectivamente, las características químicas de las secciones de los dos perfiles. El suelo *Río Cauto* contiene más materia orgánica en la primera sección que el *Aluvial Güines*. Ambos son altamente saturados por calcio, algo menos

Basado en la higroscopicidad y valores de *T* de la parte arcillosa en ambas secciones del suelo *Río Cauto* y en las secciones primera y segunda del suelo *Aluvial Güines* aparentemente predomina la montmorillonita. Esto lo apoyan los valores correspondientes de *T* también. La

capa de 100-110 cm del suelo Güines parece ser la capa de transición a la tercera de color rojo lateritizada que contiene, en su mayor parte, caolinita.

Son suelos fértiles, relativamente ricos en fósforo asimilable, de buena consistencia. Sirven bien para la agricultura: hor-

talizas etc., si se preparan frecuentemente y bien, antes de su siembra.

Finalmente se ofrece la descripción detallada de los perfiles investigados y los índices químicos que los caracterizan. Véase las gráficas 13 y 14/IV-2, además las tablas adjuntas.

Descripción del perfil 38

Suelo *Río Cauto*.

Textura: De arcilla a arcilla loamosa.

Topografía: Llana, altura 40 m s.n.m.m.

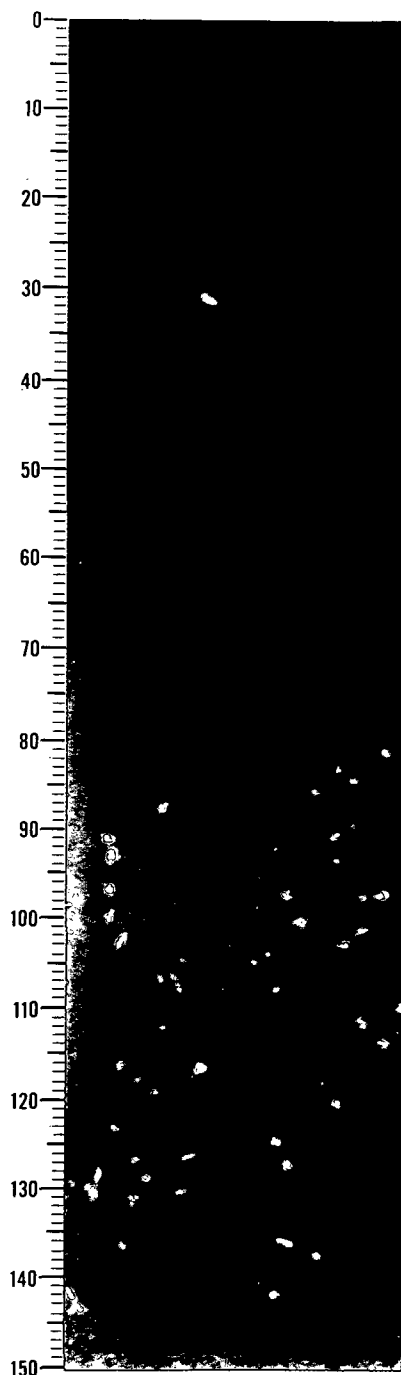
Hoja: 4977 IV Cauto Cristo, coord. 542.9-210.65.

Situación: Provincia de Oriente.

- A₁ 0- 15 cm Arcilla de color pardo. Por la presencia de cáscaras de caracoles efervesce mucho al CIH. Muchas raíces. Fragmentos pequeños de caliza. Algunas concreciones pequeñas de cal. Húmedo.
- A₁ 15- 28 cm Arcilla parda. Restos de caracoles. Efervesce mu-

- cho al CIH. Fragmentos pequeños de caliza. Sistema radicular bueno.
- A₂ 47- 67 cm Arcilla parda oscura. Efervesce al CIH. Muchas vetas de caliza. Poliédrica. Menos raíces.
- A₂ 47- 67 cm Arcilla parda oscura. Efervesce al CIH. Menor cantidad de vetas finas de caliza. Frag-

PERFIL No. 38



ARCILLA LOAMOSA Río Cauto

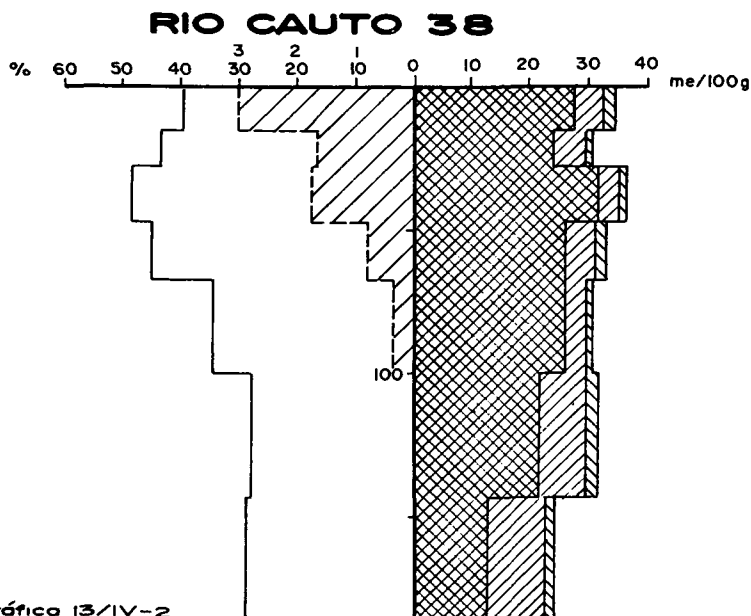


Gráfico 13/IV-2

mentos blandos de caliza. Caliza cristalizada. Pocas raíces.

*B*₁ 67-100 cm Arcilla friable de color amarillo pardusco. Friable. Efervesce mucho al CIH. Fragmentos de caliza dura y blanda.

*B*₂₁ 100-143 cm Loam amarillo. Efervesce mucho al CIH. Fragmentos blandos y duros de caliza. Algunas raíces.

ces. Se encuentran hongos.

*B*₂₂ 143-185 cm Loam amarillo friable. Efervesce al CIH. Muchas concreciones calcáreas. Algunas raíces. Hongos.

Vegetación nativa: Mango.

Vegetación asociada: Pangola en mal estado.

Tabla 21/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 15	7,0	7,0	—	—	3,0	7,36	3,0	150	5	4,9
15- 28	7,0	7,0	—	—	5,6	7,92	1,64	80	3	2,7
28- 47	7,0	7,0	—	—	1,3	8,53	1,72			
47- 67	7,0	7,0	—	—	2,1	8,36	0,78			
67-100	7,0	7,0	—	—	13,6	6,38	0,35			
100-143	7,0	7,0	—	—	20,0	5,75	0,03			
143-185	7,0	7,0	—	—	15,7	6,08	0,04			

Tabla 22/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				mg/100 g			
0- 15	34,63	34,63	—	100	28,75	3,50	1,92	0,45
15- 28	30,50	30,50	—	100	24,10	5,14	0,78	0,48
28- 47	36,34	36,34	—	100	31,36	3,70	0,68	0,60
47- 67	33,0	33,0	—	100	26,28	4,73	0,53	1,46
67-100	30,35	30,35	—	100	26,25	3,08	0,38	0,54
100-143	31,38	31,38	—	100	21,68	7,61	0,35	1,73
143-185	23,88	23,88	—	100	12,68	9,46	0,39	1,35

Tabla 23/IV
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	9500	700	1250	175	50	45
Nivel	Alto	Mediano	Muy alto	Muy bajo	Mediano	Alto

Descripción del perfil 26

Suelo *Aluvial Güines*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Llana, altura 45 m s.n.m.m.

Hoja: 3784 II Melena del Sur, coord. 393.6-333.5.

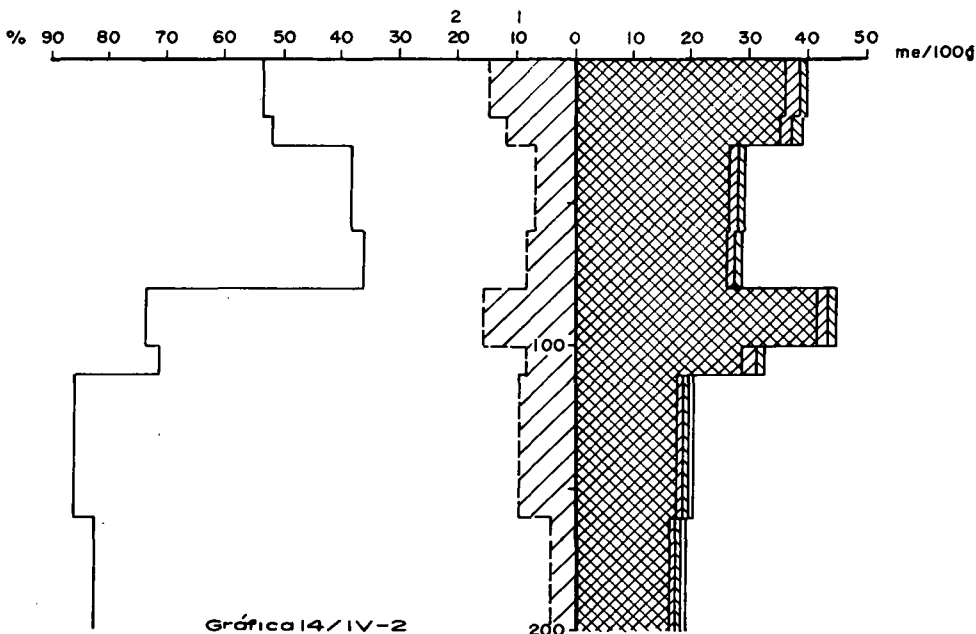
Situación: Provincia de La Habana.

*A*₁ 0- 20 cm Arcilla friable de color pardo amarillento. Algo pegajosa cuando húmeda. Efervesce al CIH. Algunas concreciones de carbonato de calcio. Presenta restos de caracoles. Se obser-

gajosa cuando húmeda. Restos de caracoles y concreciones muy pequeñas de caliza. Menor desarrollo radicular. Efervesce al CIH.

*B*₁ 30- 62 cm Arcilla limosa, pardo claro amarillento. Fria-

ALUVIAL GÜINES 26

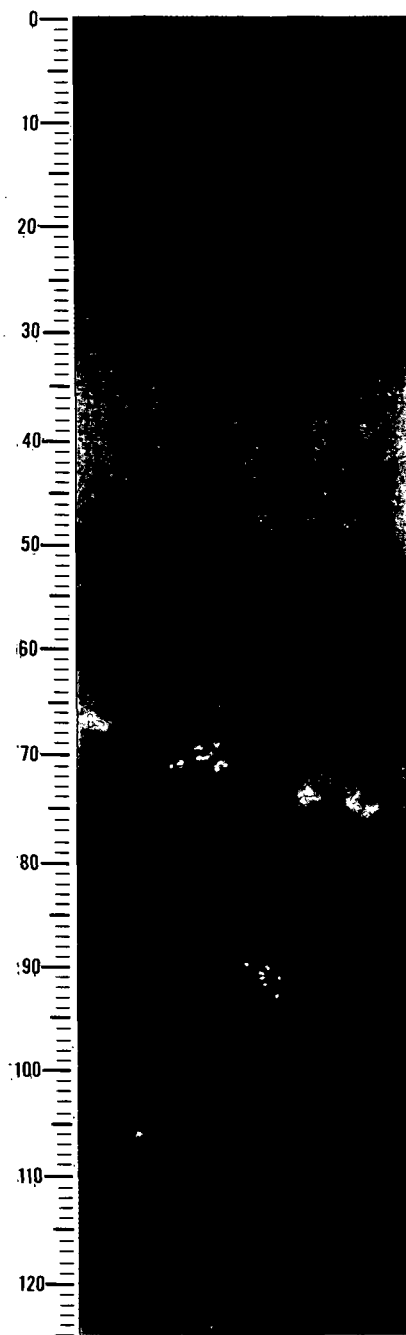


varon algunas lombrices. Este horizonte está cuarteado en bloques pequeños. Buen desarrollo radicular.

*A*₂ 20- 30 cm Arcilla friable, pardo amarillento. Algo pe-

ble. Restos de caracoles, concreciones de carbonato de calcio. Se observaron manchas de rojo. Algunas raíces. Efervesce al CIH.

PERFIL No. 26



ARCILLA ALUVIAL Güines

B₂ 62- 80 *cm* Arcilla de color pardo amarillento. Restos de caracoles de 1 *mm* de tamaño. Fragmentos de caliza, parcialmente descompuesta. Muchas concreciones calcáreas. Generalmente, de 1-2 *cm* de tamaño. Pero se ob-

AR 80-100 *cm* Arcilla pardo oscuro. Pegajosa cuando está húmeda. Con restos de caracoles. Concreciones de cal. Pequeñas manchas rojas. Mayor cantidad de raíces que en el horizonte anterior. Efervesce al CIH.

Tabla 24/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			<i>me/100 g</i>							
0- 20	7,3	7,3	—	—	22,7	9,35	1,50	70	2	3,4
20- 30	7,3	7,3	—	—	29,1	9,0	1,21	60	2	2,8
30- 60	7,3	7,3	—	—	40,6	6,87	0,71			
60- 80	7,3	7,3	—	—	51,8	4,73	0,86			
80-100	7,3	7,3	—	—	13,4	9,79	1,60			
100-110	7,3	7,3	—	—	24,3	7,09	0,86			
110-160	7,2	7,0	0,43	—	1,3	4,97	0,93			
160-200	7,0	7,0	0,42	—	0,8	4,83	0,43			

Tabla 25/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, <i>cm</i>	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (<i>Ca</i>)	Magnesio (<i>Mg</i>)	Potasio (<i>K</i>)	Sodio (<i>Na</i>)
	<i>me/100 g</i>				<i>me/100 g</i>			
0- 20	39,76	39,76	—	100	35,84	2,46	0,90	0,56
20- 30	38,54	38,54	—	100	34,90	2,46	0,62	0,56
30- 60	28,80	28,80	—	100	26,45	1,64	0,32	0,39
60- 80	27,59	27,59	—	100	26,14	0,82	0,37	0,26
80-100	44,39	44,39	—	100	41,20	2,05	0,60	0,54
100-110	31,78	31,78	—	100	28,70	2,40	0,29	0,39
110-160	19,96	19,54	0,42	97	18,75	0,41	0,19	0,19
160-200	18,69	18,27	0,42	96	16,25	1,64	0,19	0,19

serva también en forma de tuberías pequeñas, con diámetro de 3 *cm* y de largo 10 *cm*. Algunas raíces. Pequeñas manchas rojas. Húmeda. Efervesce al CIH.

B₁R 100-110 *cm* Arcilla loamosa de color rojo pardusco, friable. Manchas de color rojo. Muchos restos de caracoles. Concreciones de carbonato de calcio. Efervesce al

B_2R 110-200 cm
 CIH. Algunas raíces.
 Arcilla, roja, friable.
 Pegajosa cuando hú-
 meda. Efervesce muy
 poco al CIH. Muy pe-
 queñas concreciones de
 hierro, duro y blando.

Manchas negras.
 Vegetación nativa: Pal-
 ma real, mango, coco,
 almácigo.
 Vegetación asociada:
 Malanga, yuca, arroz,
 y millo.

Tabla 26/IV

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	11 800 Alto	500 Bajo	600 De mediano a alto	200 Muy bajo	35 Muy bajo	55 Alto

Suelo BACUNAGUA

Se presenta en terrazas de poca elevación. El material basal es ácido. Contiene cantidades apreciables del hierro y aún más del aluminio móvil. Este suelo inmoviliza los fosfatos provenientes de fertilizantes por formación de compuestos ferruginosos no solubles en medio acuoso ácido y son éstos menos accesibles para los cultivos que el fósforo adsorbido.

El contenido de aluminio y de hierro móviles del suelo *Bacunagua* se presenta en la tabla 27/IV.

suelo. El valor de *T* es mediano en los horizontes *A* y *B* y el grado de saturación por bases corresponde a las condiciones de la acidez.

Según los índices para el valor de *T* y la *hy* puede decirse que la mayor parte de la fracción arcilla la compone una mezcla de montmorillonita e illita, aparentemente con el predominio de la última.

Correspondiendo a las condiciones de la edafización, el nivel de la nutrición vegetal es bastante bajo en el suelo *Bacu-*

Tabla 27/IV

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 24	10,19	7,80	0,40	0,31
24- 62	13,66	8,60	0,29	0,19
62-165	12,26	11,70	0,26	0,25

Este suelo es fuertemente ácido y aumenta la acidez desde la superficie con la profundidad, en el perfil. El contenido de materia orgánica en el suelo es mediano, y disminuye bruscamente en el sub-

nagua. Es un suelo bastante productivo en el caso de fertilización adecuada. Se manifiesta una deficiencia en nitrógeno y fósforo. Es recomendable realizar un en-calado en el suelo y, para algunas metas

agrícolas especiales, en el subsuelo también, para aumentar eficazmente las cosechas.

Las gráficas 15/IV-1 y 16/IV-2 completan el aspecto químico de la productividad del suelo *Bacunagua*.

Descripción del perfil 20

Suelo *Bacunagua*.

Textura: Loam arcilloso.

Topografía: Llana (Llanura costera), altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3583 I La Francia, coord. 279.1-06.3.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A₁ 0- 15 cm Loam arcilloso amarillo oscuro, friable. Con pedregones negros y concreciones rojas oscuras. Algunos cristales amarillos de cuarzo. De reacción

ácida. Buen desarrollo radicular, algo húmeda.

A₂ 15- 24 cm Loam arcilloso pardo amarillo. Friable, algo plástico, mezclada con la capa anterior, posible-

Tabla 28/IV
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.)	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb.					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
0- 15	6,3	5,5	2,44	0,40	0,20	—	3,13	2,13	100	3	0,9
15- 24	6,7	5,9	1,22	0,10	—	—	3,35	1,32	65	2	0,2
24- 39	6,7	5,5	1,78	0,43	0,33	—	6,48	0,69			
39- 50	6,3	4,3	5,48	4,81	3,18	—	8,0	0,53			
50- 62	6,3	4,0	6,13	5,98	4,33	—	6,82	0,28			
62- 86	6,4	4,0	6,96	2,80	1,63	—	7,04	—			
86-165	5,2	4,0	7,48	7,40	4,72	—	6,82	—			

Tabla 29/IV
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

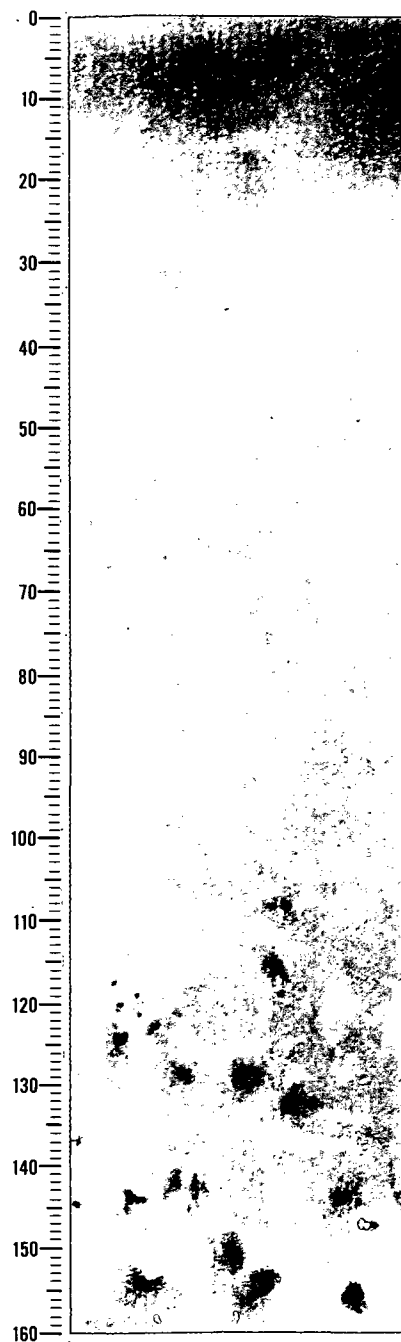
Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
0- 15	18,01	14,83	3,18	82	7,62	6,78	0,10	0,33
15- 24	16,17	14,64	1,53	91	8,37	5,30	0,38	0,59
24- 39	23,51	18,81	4,70	80	11,25	6,29	0,10	1,17
39- 50	28,26	13,52	14,74	48	10,25	2,30	0,10	0,87
50- 62	27,76	13,22	14,54	48	9,87	2,51	0,10	0,74
62- 86	27,76	12,46	15,30	45	9,63	2,30	0,10	0,43
86-165	27,26	12,79	14,47	47	9,37	2,67	0,10	0,65

mente debido a alguna labor de aradura anterior y por influencia de la lluvia. Perdigones negros y abundantes cristales rojizos. Desarrollo radicular menor. Se observan lombrices. De reacción ácida.

B_{11} 24- 39 cm Loam arcilloso amarillo, moteaduras rojizas. Concreciones negras blandas y perdigones negros. Abundantes cristales rojizos. De reacción ácida.

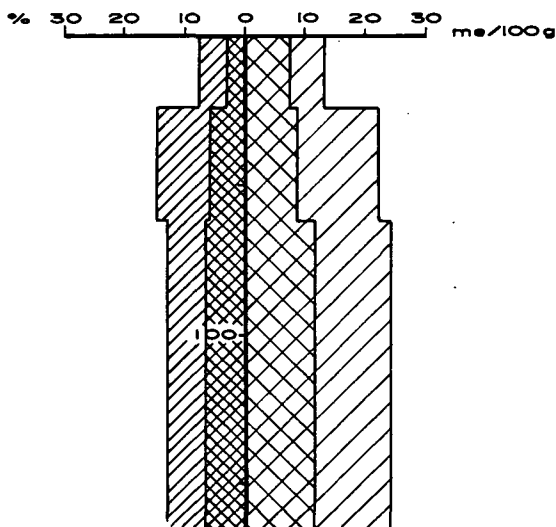
B_{12} 39- 50 cm Loam arcilloso amarillo, moteado de rojo. Concre-

PERFIL No. 20

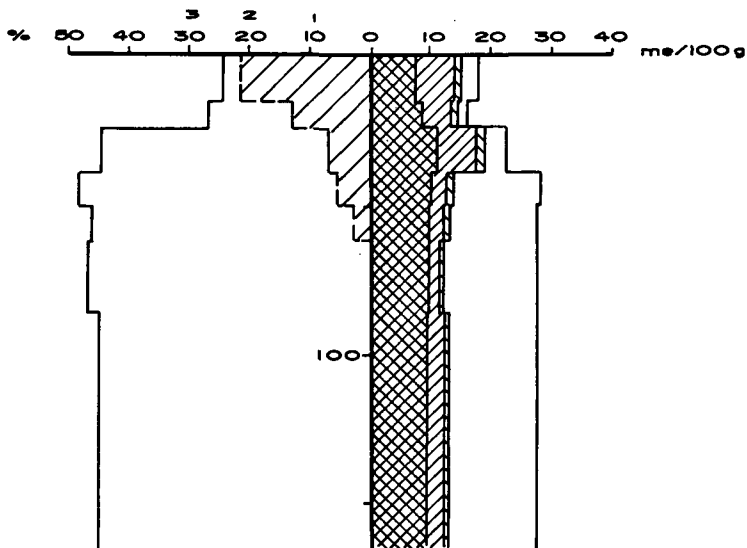


ARCILLA LOAMOSA
Bacunagua

BACUNAGUA 20



Gráfica 15/V-1



Gráfica 16/V-2

- ciones negras blandas y abundantes perdigones negros y pardos. Se observan algunas raíces. De reacción muy ácida.
- B*₁₃ 50- 62 *cm* Loam arcilloso amarillo, moteado de amarillo oscuro, rojo, gris. Abundantes concreciones negras blandas y perdigones negros. De reacción muy ácida.
- B*₂ 62- 86 *cm* Arcilla moteada de rojo amarillo y gris, predominan el amarillo y el gris.
- Menor cantidad de concreciones negras, blandas y algunos perdigones negros.
- C* 86-165 *cm* Arcilla moteada de amarillo, rojo y gris, predomina el gris. Concreciones negras blandas, y perdigones negros. De reacción muy ácida. Vegetación natural: Palma real, marabú, caguazo. Vegetación cultivo: Caña de azúcar.

Tabla 30/IV

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>kg/ha</i>	3000	1600	75	150	60	17,5
Nivel	Alto	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRIMARIAS SOBRE LAS ARCILLAS PARDAS Y NEGRAS SOBRE MATERIAL ALUVIAL

Resumen

I. Estos suelos si poseen regadío son inmejorables para el cultivo del arroz. Un uso continuado en esta explotación puede implicar, según reportes, una lixiviación y consecuentemente una acidificación de los horizontes superiores del perfil. Se recomienda un chequeo del *status* del pH CIK de los suelos de estas clases, que estén dedicados al arroz y proceder en consecuencia.

II. En las peores fases de estos suelos en sus condiciones vírgenes o semivírgenes, frecuentemente, es posible observar en ellos una superficie de saltanejo. Las gráficas que a continuación se ofrecen y sus explicaciones, sirven para aclarar la aparición de esta superficie irregular.

En suelos plásticos de este gran grupo, salinos y/o con una saturación alta por Mg del complejo adsorbido, se presenta usualmente una superficie irregular llamada de «saltanejo» la que se caracteriza por una serie de protuberancias en el terreno. Una explicación a esta ocurrencia se expone en la secuencia de gráficas adjuntas.

En la gráfica *a*, se parte de una superficie relativamente llana; se representa en ésta una sección ideal con dos horizontes. En este momento el suelo conserva humedad suficiente y aún no se ha agrietado.

En la gráfica *b*, una vez avanzada la temporada de sequía, el suelo ha perdido

humedad y comenzó a encogerse y, consecuentemente, a agrietarse. Los primeros centímetros superficiales del suelo se fracturan a una condición fragmentaria gruesa.

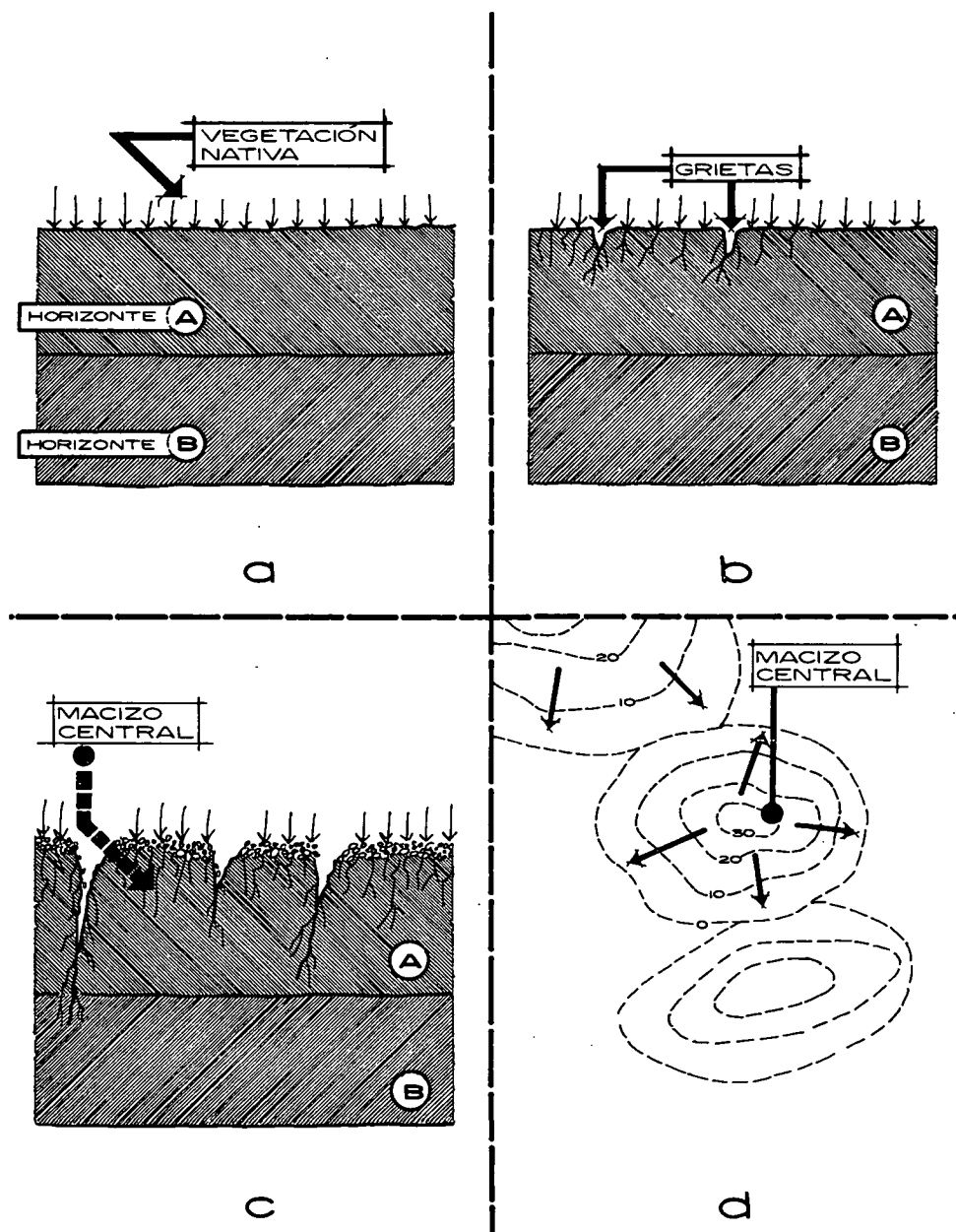
Según avanza la temporada de sequía, la masa de suelo continúa perdiendo humedad, se encoge más aún, y se profundizan las grietas, lo cual se expone en la gráfica *c*. Algún material fragmentario superficial ha caído dentro de algunas grietas. Una lluvia inesperada en la temporada de sequía, una vez establecidas las grietas, acelera el arrastre de material fragmentario superficial y su deposición en las grietas. Algunas grietas han avanzado tanto que llegan ya al horizonte *B*. En la gráfica *d*, que es una vista en planta, se trata de representar que la ocurrencia del agrietado se produce en forma irregular pero a todo alrededor del que identificamos como «macizo central».

Si en esta gráfica, llamamos cero (0) al promedio del fondo de las grietas, 10, 20 y 30 (en *cm*) son las cotas del macizo central. Las flechas indican el escurrimiento superficial que arrastra el material fragmentario grueso de la superficie. Si las grietas han avanzado hasta el horizonte *B*, una lluvia o el laboreo puede cegarlas, y al abrir el perfil mediante una trinchera, serán muy conspicuas las «intrusiones» de material superficial en el mencionado horizonte *B*.

III. Difícilmente en las peores fases de estos suelos es posible hacer agricultura sobre la base de cultivos en hileras durante la época de mayor pluviosidad del año. De haber regadío, su mejor uso es

para arroz; aunque son utilizados como pastizales, el pisoteo de los animales y la maquinaria compactan estos suelos hasta el punto de hacer desaparecer las hierbas nobles; aparentemente, es necesario hacer una subsolación anual de 25-30 cm para proteger el tapiz.

IV. En algunos países (vg. México) suelos con características similares a estos se zanjean profundamente con excavadoras mecánicas. La anchura, profundidad y orientación dependen de los cálculos que hay que realizar para abatir el manto freático, también la frecuencia, es



decir, la distancia entre cada zanja. Una vez abiertas estas zanjas se colocan en su fondo pacas de heno que después se vuelven a cubrir con tierra; al podrirse esas pacas constituyen un material poroso a través del cual drena parte del agua. Es un procedimiento costoso, lento y en la literatura revisada no se menciona su du-

Estos suelos, con regadío, durante la temporada de sequía pueden ser muy buenos productores de granos (maíz y sorgo).

VI. Las fases salinas de esta agrupación de suelos con nivel freático cercano a la superficie, pueden empeorarse con un regadío incontroladamente aplicado.

Muestra número	N-NH ₃	P	K	Ca	Mg	Mn	M.O. %	Cl ⁻	ClNa	pH
1. Suelo	100	45	400	10 000	350	25	3,70	75	123,75	6,4
1. Subsuelo	50	45	200	9 000	350	50	—	50	82,50	6,1
2. Suelo	50	15	250	10 000	350	—	3,45	25	41,25	6,8
2. Subsuelo	50	15	50	10 000	350	—	—	50	82,50	7,1
3. Suelo	50	45	200	10 000	350	—	3,58	50	82,50	6,7
3. Subsuelo	50	30	50	10 000	350	—	—	50	82,50	6,9

Expresado en *kg/ha*, considerar que 1 *ha* de suelo a una profundidad de 20 *cm*, pesa $2,5 \times 10^6$ *kg*.

rabilidad en el tiempo; con todo, vale la pena ensayar experimentalmente este método.

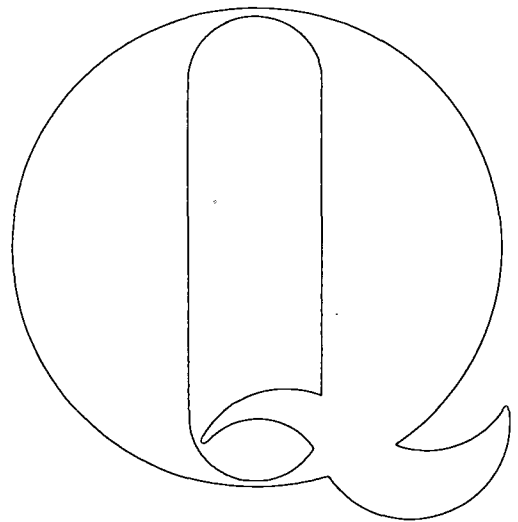
V. En suelos *Júcaro*, con análisis como se señalan a continuación y buen drenaje superficial mediante zanjeo artificial se obtuvieron rendimientos de maíz de 1 200 *q* (híbrido T-62, 12 % de humedad, grano). Con todo, la eliminación mecánica de las malas hierbas durante la época de lluvias es un problema tremendo.

Fases así descritas son de extensiva ocurrencia, aparentemente, en las llanuras del amplio valle del Cauto, en la provincia de Oriente.

VII. El elemento crítico en la masa de suelo en esta agrupación es, usualmente, el oxígeno. Si se pudiera aumentar en estos suelos su contenido de este elemento, sin provocar un aumento en la presión del CO₂, es posible que hubiese efectos beneficiosos. Vale la pena ensayar con el persulfato de potasio.

Capítulo V

*Características
químicas de las arcillas
negras y pardas sobre
rocas ígneas*



En cuanto al origen del material basal que sustenta los perfiles que integran este grupo de suelos, es muy variado. Incorporamos en este grupo los suelos desarrollados sobre rocas ígneas, como tobas, diorita, serpentinita y los productos desintegrados de éstos.

Los suelos en este grupo se califican, en general, de arcilla; pero los análisis granulométricos demuestran claramente que en algunos casos pertenecen a una u otra subclase de los loams. Esto se debe a que en las fracciones arcilla más limo de estos suelos predominan los montmorillonoides de los minerales arcillosos, y le imparten por su alto poder de hinchamiento y encogimiento el aspecto de arcillas. Mantuvimos, al indicar la textura, la tradicional de BENNETT y ALLISON, pero en la caracterización de los horizontes de estos suelos haremos uso del determinado en el laboratorio.

La parte arcillosa de los suelos *La Larga* consta del mayor por ciento de los montmorillonoides de todos los suelos investigados por nosotros. El tipo del mineral arcilla presente lo caracterizamos por la higroscopicidad del suelo seco al aire (*hy*), contenido de magnesio cambiante (Mg camb.) y CIC (valor de *T*). Dos de los tres (*hy*, *T*) tienen valores altísimos en los suelos mencionados.

Incorporamos en este grupo los suelos *La Larga* y *Martí*.

Suelos LA LARGA, MARTÍ

Son suelos sustentados por rocas ígneas. El suelo *La Larga* se ha desarrollado sobre roca de formación tobácea (y/o serpentina).

El perfil del suelo *Martí* está sustentado por serpentina.

Tabla 1/V
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>La Larga</i>	<i>Perfil 18</i>			
0- 35	8,24	18,76	0,12	0,27
35- 55	8,69	11,10	0,28	0,35
55-115	8,39	24,01	0,28	0,79
<i>Martí</i>	<i>Perfil 37</i>			
0- 50	7,0	17,10	0,21	0,51
50-	4,50	17,40	0,19*	0,74*

*Se refiere a la suma de las fracciones arcilla más limo.

En algunas áreas se deriva de la roca ígnea subyacente, de color oscuro y carácter básico.

Si se toma en cuenta que el aluminio y el hierro móviles se refieren en la tabla 3/V, en lugar de a la fracción arcilla a las de la arcilla más limo (cuya razón se explicará más adelante), se puede constatar que de todos los perfiles investigados, los de los suelos *La Larga* y *Martí*, contienen las más grandes cantidades de Al y Fe móviles. La única excepción la constituye el suelo *Limonas*, desarrollado sobre el mismo material basal que los anteriormente mencionados.

Por lo tanto, en los suelos en cuestión puede esperarse la fijación (por adsorción) extensa de los fertilizantes fosfatados.

Los índices químicos principales que caracterizan los suelos *La Larga* y *Martí* figuran en las tablas 4 y 5/V, respectivamente. Por igual, son suelos débilmente ácidos con un contenido mediano de materia orgánica en la capa superficial. Según los valores numéricos de la *hy* y *LSP* el suelo *La Larga* parece ser más pesado que el *Martí*, pero no es así; la diferencia se debe al distinto carácter de la parte arcillosa en ambos suelos.

Eso se refleja también en el orden de magnitud de la capacidad de intercambio catiónico (valor de *T*) y es relativamente alto en el suelo *La Larga*, y mediana en el *Martí*. Hay diferencias en la proporción de los cationes cambiables también, mientras que en el suelo *La Larga* predomina el magnesio, el complejo coloidal del suelo *Martí* está preponderadamente saturado por calcio, y el magnesio constituye el 18,5 % del valor de *S* solamente, y todavía baja algo con la profundidad. A pesar de estas condiciones fisicoquímicas, el suelo *La Larga* está más saturado (*V*, %) en su horizonte *A*, que el *Martí* en el mismo horizonte, lo que todavía no tiene su motivación correcta.

En el material de documentación in-

cluimos la descripción y los índices químicos de dos perfiles más (P1 y P4) del suelo *La Larga*. Estos fueron tomados del material de mapeo del pastoreo Las Pepillas, en la provincia de Las Villas. Son tipos más ligeros que el 18 nuestro y, aparentemente, más avanzados en la edafización; en sus horizontes *A* y *B* no se encontraron fragmentos del material basal. Si se toma en cuenta su textura más ligera, se puede hacer constar que los índices químicos de estos suelos son muy similares al suelo *La Larga* 18, con la única diferencia que contienen menos magnesio cambiante que el anterior. En cuanto a los detalles se remite el lector a las tablas 6-7/V.

A primera vista puede observarse que los datos numéricos que se refieren al perfil 18, y al horizonte *C* del perfil 37, fueron calculados, en lugar de la fracción arcilla sola, para la suma de las fracciones arcilla más limo. El motivo de esto es lo siguiente: si se hacen los cálculos de modo habitual resultan, en los casos enumerados, valores de *T* altísimos, superiores a 200 me/100 g (un ejemplo para esto lo presentamos en la tabla 2/V, y la nota ** respectivamente), lo que no es posible ni en el caso cuando se suponga que están presentes cloritas y/o vermiculitas, cuya capacidad de intercambio catiónico es algo superior a la de los miembros del grupo de los montmorillonoides.

Se concluye que a través de todo el perfil *La Larga* 18 y en el horizonte *C* del perfil *Martí* 37 además de en la fracción arcilla, en la fracción limo también predominan los montmorillonoides; la desintegración de las rocas y las transformaciones químicas de este material suceden simultáneamente. En cuanto a la edad edafológica (y no geológica) de los suelos discutidos se puede establecer el siguiente orden aproximado:

Martí 37 > *La Larga* P1 y P4 > *La Larga* 18,

y el último es el más «joven» de todos.

Sin embargo, la textura más ligera ha contribuido mucho en los perfiles P1 y P4 a la aceleración de los procedimientos de la edafización. Además de los valores de *T*, también tomamos en cuenta en la evaluación anterior, los de la *hy*.

Tabla 2/V

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA PARTE ARCILLOSA

Profundidad del horizonte, cm	Higr. (hy)	Mg camb.	Valor de T
		me/100 g	
<i>La Larga</i>		<i>Perfil 18*</i>	
A 0- 35	15,9	53,7	82,3
B 35- 55	32,5	75,9	104,6
C 55-115	35,5	152,6	182,0
		<i>Perfil P 1</i>	
A 0- 19	16,6	47,5	113,6
B 19- 40	20,3	58,1	153,4
		<i>Perfil P 4</i>	
A 0- 17	17,4	42,0	97,0
B 17- 57	18,7	34,9	101,7
<i>Martí</i>		<i>Perfil 37</i>	
A 0- 37	19,0	10,4	83,7
B 37- 50	19,0	11,2	85,0
C 50-	38,0**	21,1**	212,8**

* Los índices se refieren a la suma de las fracciones arcilla más limo.

** Si se calculan estos índices para la suma de las fracciones arcilla más limo resultan los datos como sigue: 17,5, 9,6 y 96,9, respectivamente.

Si se hace así, y se toman en cuenta también los datos para el magnesio cambiante, se elimina la suposición de que el suelo *Martí* contenga además de los minerales montmorilloníticos algo de las illitas.

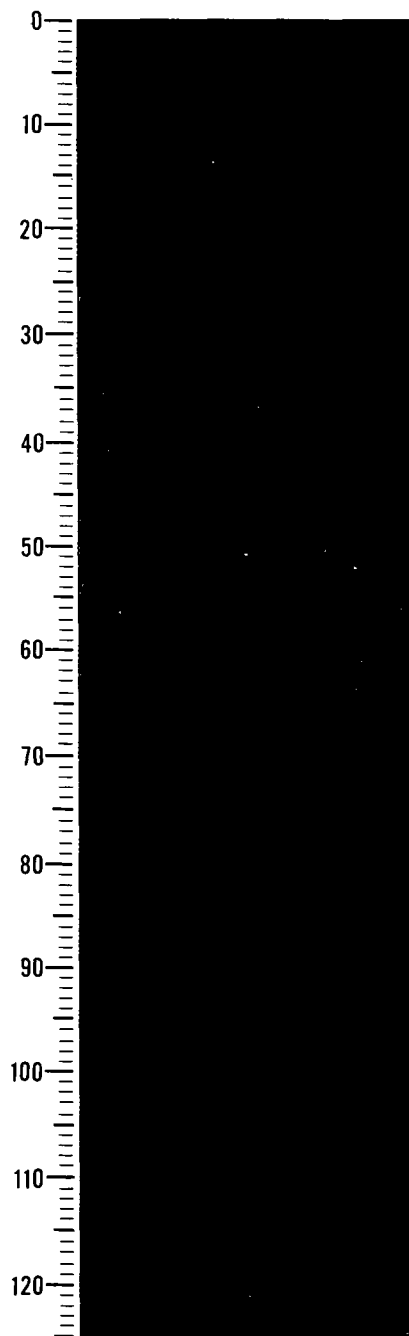
Probablemente, se debe parcialmente a esto que presenta el aspecto de los suelos cálcicos y tiene mejores condiciones físicas que los suelos *La Larga* investigados.

En relación a los macronutrientes más importantes, la disponibilidad para las plantas es mediano en los suelos *La Larga* y baja en el *Martí*. Las menores cantidades de aquéllos las contienen en nitrógeno asimilable y variadas cantidades de fósforo. Al ser el suelo *Martí* más pobre en nutrientes, requiere mayores cantidades de fertilizantes, en primer lugar del nitrógeno, que los suelos *La Larga*. Es aconsejable realizar en estos últimos una enmienda química apropiada para eliminar una parte de la excesiva cantidad de Mg que suele contener.

Sin embargo, el factor limitante de la producción agrícola en estos suelos es la poca profundidad del perfil.

Véase la descripción de los perfiles de suelo investigados, además, las gráficas 1, 3/V-1 y 2, 4/V-2. Igualmente las tablas 3-8/V, adjuntas, expresan los datos químicos detallados referentes a los perfiles correspondientes.

PERFIL No. 18



ARCILLA La Larga

Descripción del perfil 18

Suelo *La Larga*.

Textura: Arcilla.

Topografía: Suavemente ondulada a alomada, altura 40 m s.n.m.m.

Hoja: 3785 II Jaruco, coord. 578.0-367.0.

Situación: Provincia de La Habana.

A₁ 0- 25 cm Arcilla parda, partículas de roca descompuesta de color verdusco. Friable, con una estructura poliédrica. Buen desarrollo radicular. Poca hume-

dad. De reacción casi neutra. La grava tiene un tamaño de 5-10 cm.

A₂ 25- 35 cm Arcilla pardo claro con un viso verdusco y amarillento. Capa de transi-

ción. Más húmeda que la anterior, algo plástica. Algunas raíces. Mayor cantidad de fragmentos de roca, pero más pequeñas. De reacción neutra.

C₁ 55- 85 cm Material originario, parcialmente descompuesto

5-20 cm. Generalmente mayor cantidad de fragmentos pequeños de roca. Algunas raíces. De reacción neutra.

Tabla 3/V
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos * %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 25	7,0	6,6	0,60	—	2,4	11,28	2,63	130	4	2
25- 35	7,0	6,5	0,44	—	1,8	11,18	1,39	70	2	
35- 55	7,0	6,5	0,33	—	2,2	10,20	0,39			
55- 85	6,8	6,0	0,44	—	1,6	11,11	0,33			
85-115	6,8	6,2	0,39	—	1,6	10,62	0,10			

* Nódulos pequeños.

Tabla 4/V
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 25	56,19	55,17	1,02	98	24,20	29,05	1,09	0,43
25- 35	60,39	59,41	0,98	98	11,20	47,02	0,80	0,39
35- 55	32,85	32,15	0,70	98	7,50	23,84	0,42	0,39
55- 85	60,20	60,02	0,18	100	8,50	50,86	0,18	0,48
85-115	51,02	50,91	0,11	100	8,0	42,37	0,15	0,39

Tabla 5/V
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	8000	5800	700	165	65	35
Nivel	Mediano	Muy alto	Alto	Muy bajo	Bajo	Alto

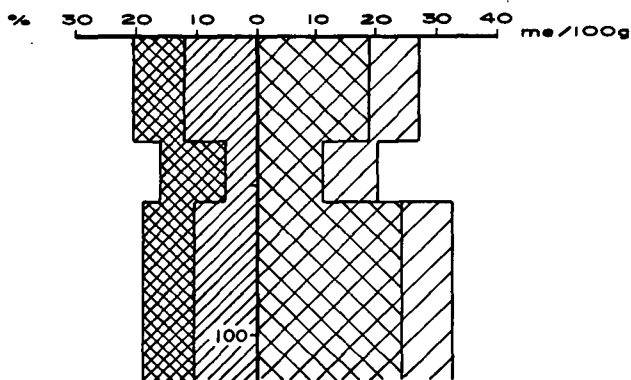
B 35- 55 cm Arcilla moteada de color verde oscuro-gris pardusco-amarillo, con bastante partícula de roca entre 40-50 cm. Entre ellas de

en forma muy fina. De color pardo vesdusco y amarillento. Con algunas raíces muy finas. De reacción neutra.

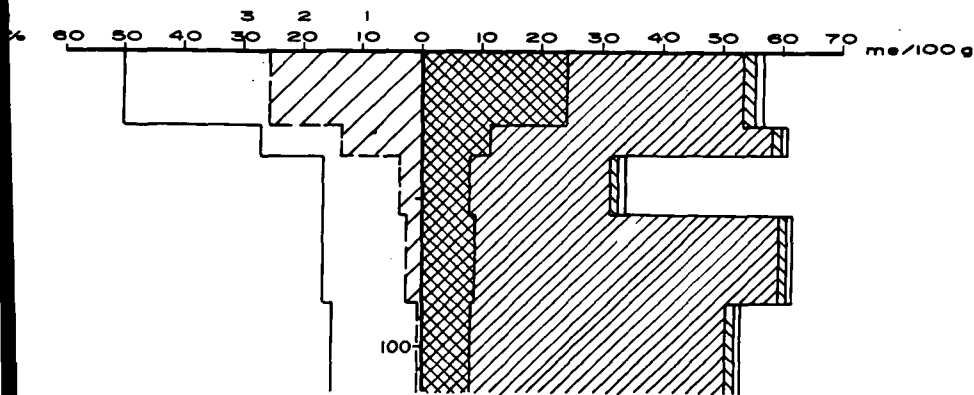
C₂ 85-115 cm Roca originaria, estrato descompuesto de color verde pardusco, amarillento. De reacción neutra. Vegetación natural:

mácigo, piñón florido y piña ratón. Según información de los campesinos, el lugar donde se hizo la cala está des-

LA LARGA 18



Gráfica 1/V-1



Gráfica 2/V-2

Palma real, ceiba, aroma, pasto natural y jata de Guanabacoa. Vegetación asociada: Al-

tinado a potrero y nunca se ha trabajado, pero cerca se ha sembrado millo y se ha dado bien.

Descripción del perfil P 1

Suelo *La Larga*.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: Llana a suavemente ondulada.

Situación: Pastoreo Las Pepillas, Provincia de Las Villas.

- | | |
|--|--|
| <p><i>A</i> 0-19 <i>cm</i> Loam arenoso, pardo, extremadamente duro, cuando se encuentra seco, y se resquebraja, presenta buen desarrollo radicular. No efervesce al CIH.</p> <p><i>B</i> 19-40 <i>cm</i> Loam arcillo arenoso, pardo amarillento, extremadamente duro cuando está seco, presenta, durante la época seca algunas moteaduras de aspecto metálico. Este material se presenta con un ligero matiz grisáceo, producido por una gran cantidad de partículas pe-</p> | <p><i>C</i> 40- <i>cm</i> Este último horizonte cuando se encuentra más húmedo se presenta de color pardo achocolatado. También se aprecian algunas gravas de color verdoso las cuales no efervescen al CIH. Las raíces se desarrollan bien hasta los 45 <i>cm</i> algunas aparecen inclusive, a la profundidad de 1 <i>m</i>.</p> <p> Junto a la pangola, especie predominante, crece también la dormidera, el tamarindillo y algunas malvas.</p> |
|--|--|

Descripción del perfil P 4

Suelo *La Larga*.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: Ligeramente ondulada.

Situación: Pastoreo Las Pepillas, Provincia de Las Villas.

- | | |
|---|---|
| <p><i>A</i> 0-17 <i>cm</i> Loam arenoso pardo, que se endurece mucho al secarse y con la pérdida de humedad del suelo se produce el resquebrajamiento de éste. Algo plástico cuando se encuentra húmedo, poco pegajoso. Bajo poder de retención de humedad. Se observa un buen desarrollo radicular.</p> <p><i>B</i> 17-57 <i>cm</i> Loam arcilloarenoso, pardo amarillento con numerosas partículas inferiores a 1 <i>mm</i></p> | <p>de diámetro, unas de color blanco y otras amarillas. Con la apariencia de arena, aunque de un tipo muy especial. No abundan las raíces.</p> <p><i>C</i> 57-63 <i>cm</i> Roca de naturaleza ígnea, que fractura en poliedros irregulares con aristas cortantes y caras planas de forma trapezoidal; lo más común en los vértices de las caras planas es la abundancia de ángulos de 100° aproximadamente. El color de</p> |
|---|---|

las rocas varía de gris azulado, de aspecto metálico, a verdoso.

Junto a la pangola es fre-

cuenta encontrar algunas otras especies como son la pitilla, dormidera, tamarindillo y caguazo.

Tabla 6/V
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
<i>Perfil P 1</i>										
A 0-19	6,5	5,8	2,55	0,05	—	5,07	2,72	130	4	0,25
B 19-40	6,5	6,1	1,18	—	—	5,40	1,28			
<i>Perfil P 4</i>										
A 0-17	7,3	7,1	—	—	1,6	6,34	2,15	110	3	0,10
B 17-57	6,5	6,0	1,94	—	—	7,97	0,95			

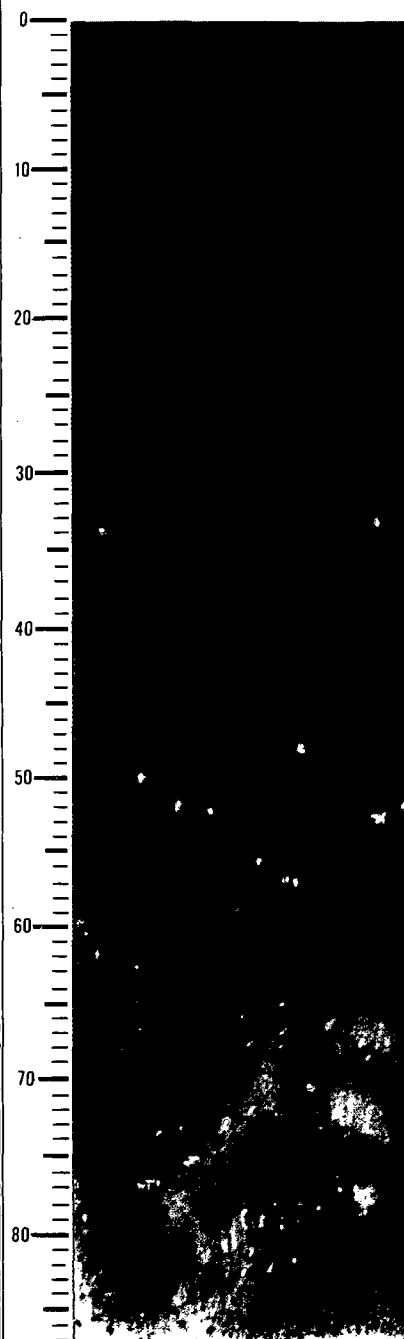
Tabla 7/V
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
<i>Perfil P 1</i>								
A 0-19	34,65	29,04	5,61	84	13,25	14,48	0,23	1,08
B 19-40	40,82	39,68	1,14	97	23,75	15,45	0,09	0,39
<i>Perfil P 4</i>								
A 0-17	43,35	40,08	3,27	93	23,13	14,86	0,24	1,85
B 17-57								

Tabla 8/V
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>Perfil P 1</i>						
kg/ha	5250	3450	175	485	80	5
Nivel	Mediano	Demasiado alto	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo
<i>Perfil P 4</i>						
kg/ha	7500	3625	380	225	60	2
Nivel	Alto	Demasiado alto	Mediano	Muy bajo	Bajo	Muy bajo

PERFIL No. 37



LOAM MARTÍ

Descripción del perfil 37

Suelo *Martí*.

Textura: Arcilla a loam.

Topografía: Ondulada, altura 110 m s.n.m.m.

Hoja: 4680 III Camagüey, coord. 392.2-277.8.

Situación: Provincia de Camagüey.

A 0-37 cm Arcilla de color pardo negruzco. Contiene muchos fragmentos pequeños blancos, de rocas ígneas, aparentemente serpentina. De reacción moderadamente ácida.

B 37-50 cm Arcilla de color pardo grisáceo, friable. Abundan fragmentos de distinto color, en su mayoría de la roca originaria. De reacción débil-

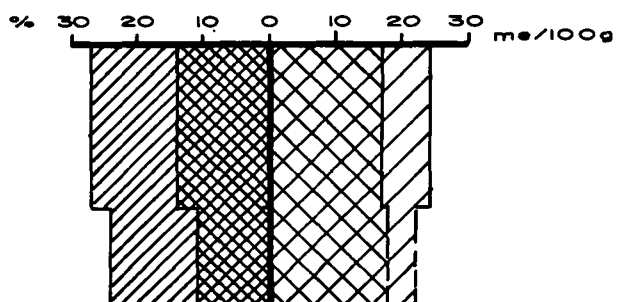
mente ácida, casi neutra. Se observa sistema radicular malo.

C 50- cm La roca originaria fuertemente descompuesta, de color verde y amarillo verdusco. De reacción débilmente ácida, casi neutra.

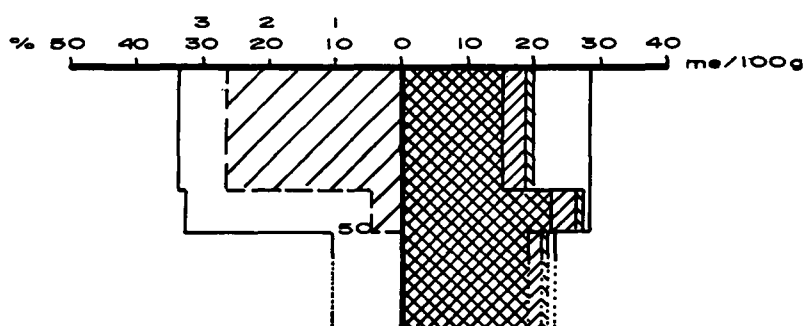
Vegetación nativa: Palma real, mango.

Vegetación asociada: Caña de azúcar, regular.

MARTÍ 37



Gráfica 3/V-1



Gráfica 4/V-2

VARIACIONES EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS SUELOS «LA LARGA», EN UN ÁREA RELATIVAMENTE PEQUEÑA

Anexo 3

Durante el mapeo semidetallado de un área de 102,55 *ha* (ciento dos hectáreas y cincuenta y cinco centiáreas) del pastoreo La Pepilla, carretera Central rumbo este, entre Placetas y Cabaiguán, provincia de Las Villas, se tomaron muestras

para análisis de las capas diferenciadas, y se describieron, un total de veinticinco (25) trincheras de suelos *La Larga*, sustentadas por serpentina u otra roca magnesiana.

De acuerdo a la profundidad del perfil, a la topografía, y parcialmente a la textura observada al tacto en el campo, se establecieron las diferenciaciones que a continuación se tabulan; también se indican las trincheras tomadas en cada diferenciación.

Suelo	Trincheras tomadas
1. Poco profundo y alomado y/o ondulado	2, 3, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 18, 20, 21, 24, 25.
2. Poco profundo, ligeramente ondulada	4, 5, 6, 7, 12, 16, 17, 19.
3. Fase profunda, llana	1-13.
4. Loam <i>La Larga</i> , ligeramente ondulada	22, 23, 26.

Existe gran variabilidad para el pH CIK de los horizontes superiores, con una gama que va de un mínimo de 6,0 hasta un máximo de 7,3. Porcentualmente, se puede establecer la tabla siguiente:

pH CIK	% de los horizontes superficiales
6,0	4
6,2	20
6,3	36
6,4	12
6,5	24
7,3	4

(El valor de pH CIK de 7,3, obtenido en el horizonte superficial de la cala 4 está, aparentemente, afectado por un encalado reciente.)

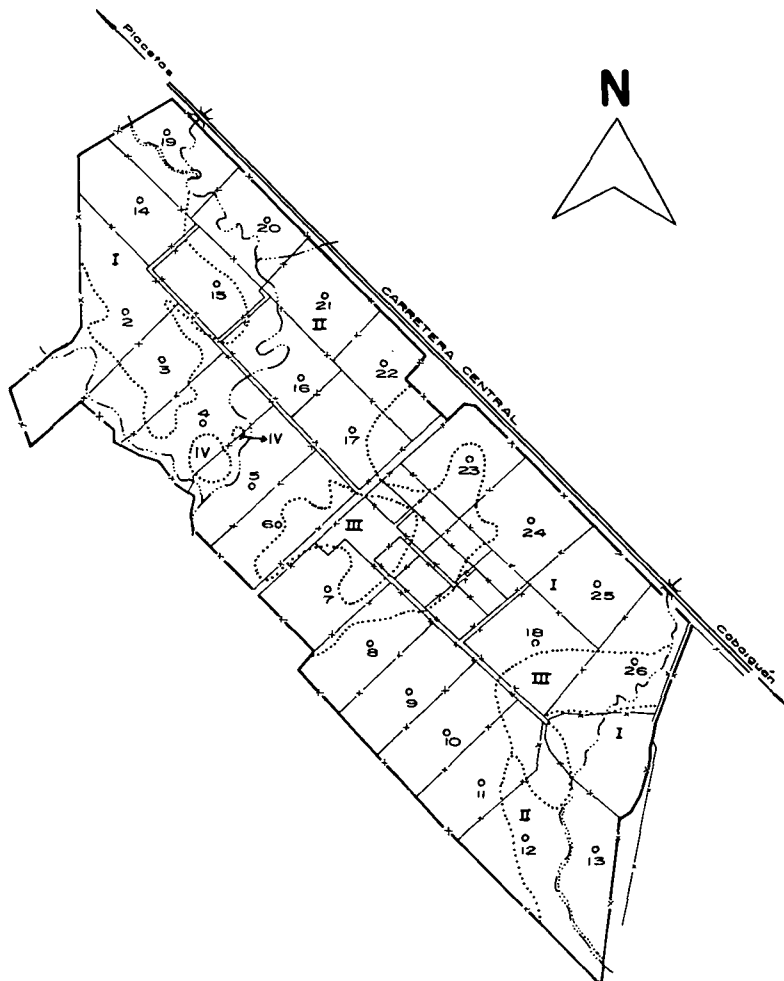
Los máximos valores de y_1 e y_2 son, respectivamente, 3,11 y 0,46. No hay correspondencia entre ellos, ni con el pH. No se detectó aluminio cambiante y sólo en un caso, en el segundo horizonte de una trinchera (No. 2) se apreció CO_3Ca al calcímetro.

La materia orgánica sólo se determinó para el horizonte superficial, y se obtuvo una gama de 3,44-1,72 %. En el 37 % de los casos según se avanza hacia planos más profundos del perfil, el pH se torna más ácido. La diferencia en unidades de pH, entre el obtenido en la capa su-

perficial y la más profunda fue, en el caso máximo 1,0 unidades, correspondiente a la cala 14.

Sólo en un 8 % el pH aumenta ligeramente según se baja en el perfil.

La gama de valores para el intercambio catiónico es, desde un mínimo de 17,46 me/100 g, hasta un máximo de 44,15 me, referido al horizonte superficial.



<p align="center">INRA CENTRO NACIONAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES</p>	<p>I La Larga p. profunda y alomada</p>
<p align="center">PASTOREO INTENSIVO LA PEPIÑA Municipio de Píscaras Prov. de Los Villos escala 1:10,000</p>	<p>II La Larga poca profunda</p> <p>III La Larga fase profunda</p> <p>IV Loom La Larga</p>
<p align="right">Área: 764 Cab.</p>	

A continuación el cuadro establece, en % sobre el total de muestras, la variabilidad del valor de intercambio catiónico (referido al horizonte superficial):

Valores de T, gama	% del total de muestras
Desde 17,46 hasta 25,00	13
Desde 25,01 hasta 30,00	41
Desde 30,01 hasta 35,00	29
Desde 35,01 hasta 44,15	17

La saturación por bases tiene una gama, desde un mínimo de 70,68 % hasta un máximo de 95,96 %, para los horizontes superficiales.

Para esos mismos horizontes superficiales la gama de saturación por calcio tiene un valor máximo de 70,18 y un mínimo de 38,76; para el magnesio hay una saturación máxima de 55,07 y una mínima de 26,11; ambos cationes expresados en % del valor de S.

Las tablas que siguen establecen la variabilidad de las saturaciones antes mencionadas, para los horizontes superficiales, expresados como % del valor de S.

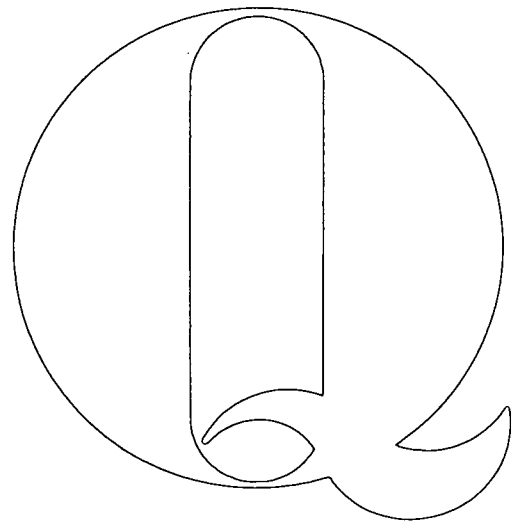
Nótese que todas las trincheras presentan, en los horizontes superficiales, saturaciones por magnesio muy superiores a lo que se considera adecuado.

En algunas trincheras la saturación por potasio, muy alta, es el resultado, aparentemente, de restos de una fertilización mineral reciente.

En me/100 g	Sat. por Ca	Sat. por Mg
	En % del total de muestras	
Desde 26,11 hasta 30,00	no hay	4,4
Desde 30,01 hasta 35,00	no hay	12,6
Desde 35,01 hasta 40,00	4,3	12,6
Desde 40,01 hasta 45,00	8,5	4,4
Desde 45,01 hasta 50,00	49,5	49,4
Desde 50,01 hasta 55,00	20,7	16,6
Desde 55,01 hasta 60,00	4,3	no hay
Desde 60,01 hasta 65,00	8,4	no hay
Más de 65,01	4,3	no hay

Capítulo VI

*Características
químicas de los suelos
arenosos, loams y
sabanas*



Discutiremos las propiedades químicas de los suelos comprendidos en este capítulo según la clasificación práctica elaborada por H. H. BENNETT y R. V. ALLISON y publicada en una versión nueva, al final de la segunda edición castellana, bajo el título: «Clave de los principales suelos de Cuba.» En relación con esto la agrupación nuestra se fundamenta en el carácter del material basal que sustenta los perfiles en cuestión y además, en el color del suelo. Por lo tanto, resultó la siguiente agrupación de los suelos arenosos y loams:

a) *Suelos sobre material de arrastre de regiones silíceas:*

1. Color gris, gris oscuro:

Sta. Lucía (X)

Maboa (VIII)

Scranton (III)

Coxville (III)

2. Color pardo:

Herradura (III)

Norfolk (X)

Corojal (VIII)

3. Color pardo rojizo:

Pinar del Río (III)

Viñales (III)

b) *Suelos sobre residual de esquistos silíceos:*

1. Color pardo, pardo grisáceo:

Guane (Z)

Sta. Bárbara (III)

Nueva Gerona (III)

cada uno de ellos es miembro típico de las asociaciones de suelo de las sabanas;

c) *Suelos de las sabanas:*

Mocarrero (IX)

Hatuey (III)

Estrella (III)

Taco-Taco (IX)

San Cristóbal (IX)

Sin embargo, la agrupación de los suelos que seguimos, por un lado tiene algunas ventajas, pero por el otro, inconvenientes también. El color del suelo tiene papel importante en la clasificación de los suelos hecha por H. H. BENNETT y por esto facilita la identificación de la serie en el campo, pero es inconveniente discutir, dentro del mismo subgrupo, algunas veces, suelos que difieren mucho unos de los otros en relación a los procedimientos de la edafización que formaron los perfiles en cuestión, y su fertilidad natural también.

Todos los perfiles examinados son, de apreciable a fuertemente ácidos, y contienen grandes cantidades de aluminio y de hierro móviles. En aquéllos desarrollados sobre material de arrastre de regiones silíceas y de las sabanas, se observan abundantes perdigones y otras concreciones de material ferruginoso. Según las investigaciones hechas, se puede contribuir algo en cuanto a las condiciones de la *formación de los perdigones*, una forma tan peculiar y típica de concreciones en suelos tropicales.

Se pueden apreciar las siguientes regularidades: la formación de los perdigones la provocan por igual factores climá-

Finalmente incluimos en este capítulo tres suelos diferentes en cuanto a su textura y condiciones de formación, pero

ticos (relativamente alta temperatura, la variación alternante de las épocas de sequía y las lluvias abundantes, respectivamente) y las condiciones del suelo (cambios en la textura con la profundidad). Durante los procedimientos de la meteorización, llegan cantidades apreciables de aluminio y hierro en medio ácido a la solución del suelo. Esto sucede en la época de lluvias y una parte percola hacia las capas de suelo más profundas. La velocidad de la percolación depende de la textura del suelo, y es más intensa en las arenas y muy lenta en las arcillas. Disminúyese la velocidad de la percolación donde la textura cambia de ligera a relativamente pesada y en esta profundidad se forma una zona de estancamiento de la solución en el perfil.

Durante la época de la sequía —debido a las pérdidas de humedad por evaporación— primero se concentra la solución de suelo y al llegar a la saturación completa empieza la precipitación del material ferruginoso. Para la formación de este precipitado es esencial algún cambio en la reacción del medio también. El aluminio y el hierro se precipitan en forma de óxidos hidratados y posteriormente también en forma de carbonatos (los procedimientos químicos coloidales que resultan de la formación de los precipitados mencionados son muy complejos: interviene la acción del CO_2 presente en el aire del suelo y algunos fenómenos como los de la oxidación y reducción, además, la acción estabilizadora de la materia orgánica disuelta, sobre la solución coloidal del aluminio y el hierro, etc.). Una parte del precipitado se convierte en perdigones y la formación de los mismos está controlada, por supuesto, por las irregularidades de la evaporación.

Con excepción del suelo *Herradura*, la zona de la mayor frecuencia de los perdigones coincide bien con la del mayor contenido de aluminio y de hierro móviles en el perfil.

En la gráfica 1/VI se representan las condiciones de la movilidad del aluminio, del hierro y de la sílice, en función del valor del pH del medio. Se ve muy bien que al aumentar el valor de pH con la disminución de la acidez, primero se precipita el hierro, después el aluminio, y la solubilidad del SiO_2 nunca baja hasta 0, y se aumenta moderadamente hacia los valores más altos del pH del medio. En la zona de los pH superiores a 7, tiene el aluminio (en forma aniónica) el segundo máximo de su solubilidad, pero esto actualmente no nos interesa. En los tipos arenosos ha tenido lugar una concentración mayor de hierro en los perdigones, según hace constar H. H. BENNETT (pág. 101) según las investigaciones hechas por R. V. ALLISON. En el caso del aluminio se han encontrado resultados muy diferentes y la sílice no se ha acumulado en las concreciones, por lo que es generalmente mucho mayor en el suelo. A pesar de esto, puede atribuirse a la sílice un papel muy importante en la formación de los perdigones, de acuerdo con el carácter de la curva de su solubilidad representada en la gráfica 1/VI. Aún en medios fuertemente ácidos la sílice es algo soluble y cantidades pequeñas y disueltas modifican sensiblemente el punto isoeléctrico de la coprecipitación de estos tres elementos principales de los perdigones (Al, Fe, Si) de modo todavía no conocido en detalles.

En los perdigones se fija el fósforo en cantidades apreciables. Este fenómeno probablemente contribuye al hecho de que las arenas y suelos arenosos (en general, los suelos con muchos perdigones) son tan pobres en este elemento nutriente para las plantas.

En la tabla 1/VI presentamos la relación entre la profundidad de la mayor frecuencia de los perdigones en el perfil y la textura del suelo, según el análisis hecho a 13 perfiles distintos de suelo. Se ve claramente que la mayor cantidad de los perdigones coincide bien con la capa

de transición, entre el horizonte de textura más ligera que se encuentra por encima y la más pesada por debajo de ésta. La zona de la máxima formación de los perdigones está algo más profunda y es algo más amplia en las arenas que en los suelos más pesados, debido a que los pri-

to en su libro al problema de la formación de los perdigones en suelos cubanos.

Al discutir las condiciones químicas, ellos se basan en algunos cálculos realizados con la fase sólida de los suelos en cuestión y los resultados de estos los comparan con los perdigones separados de

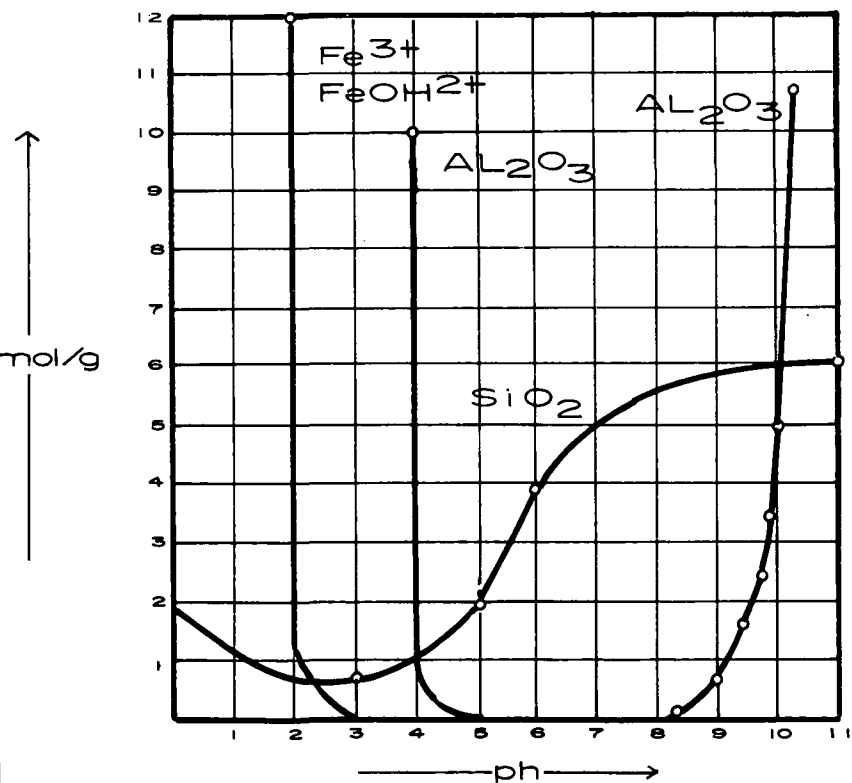


GRÁFICO 1/VI - LA SOLUBILIDAD DEL DIÓXIDO DE SILICIO (SiO_2), DEL HIERRO (Fe^{3+} , $FeOH^{2+}$) Y ALUMINIO (Al_2O_3) EN FUNCIÓN DEL VALOR DE pH DEL MEDIO

meros mencionados se secan más profundamente por evaporación que los posteriores, en los cuales, el agua se mueve también en forma de lámina hacia arriba y por tanto el límite superior de la zona en cuestión se coloca más cerca de la superficie.

Los autores, H. H. BENNETT y R. V. ALLISON, dedicaron un capítulo comple-

ditos diferentes series de suelos. Deducen la siguiente conclusión: «Que las concreciones son de naturaleza laterítica, según el significado que tiene el término en este reporte (esto es, teniendo una relación molecular baja de sílice a hierro y aluminio), se muestra por el hecho de que la relación de sílice a hierro más aluminio es 1,77 en el perdigón y 4,41 en el sue-

lo.»* Más adelante continúa: «Parece estar bastante claro que algunos de aquellos materiales que los especialistas y geólogos en ocasiones han descrito como lateríticos concuerdan con algunos de estos tipos variados de perdigón, no sólo en composición sino en la forma de desarrollo. Las capas sólidas de material de hierro (mocarrero) encontradas bajo ciertos suelos aluviales y sabanosos de Cuba, las cuales probablemente se hayan formado por procesos estrechamente relacionados a los que han dado lugar a algunos de los perdigones, han sido designados por algunos investigadores como lateríticas.»** Las palabras de los autores citados se basan más en conceptos teóricos que prácticos —nos parece— por falta casi completa de material de documentación detallada.

Para conocer más detalles de estos problemas, sería oportuno basar las evaluaciones en los resultados de análisis químicos realizados con la parte arcillosa de los suelos en cuestión, además, tomar en cuenta las cantidades (sus proporciones y distribución en el perfil) del aluminio y del hierro móviles. No tuvimos la oportunidad de realizar investigaciones de este tipo.

Sin embargo, las concreciones de diferentes tipos (más frecuentemente los perdigones) son muy abundantes en los suelos arenosos y de sabanas investigados por nosotros y algunas veces constituyen la mayor parte de la masa del suelo.

Nótese que los índices químicos se refieren sólo a la tierra fina y, por lo tanto, algunas veces son representativos para un % menor de la fase sólida. Lo mismo sucede en el caso de las fases pedregosas y gravillosas de los suelos arenosos discutidos en este capítulo.

Los suelos incluidos en este grupo son fuertemente ácidos. Lo interesante es que

la proporción de la acidez hidrolítica y cambiante entre sí es variable desde la superficie hacia abajo en los perfiles investigados, además, varía el contenido del aluminio cambiante también. Los horizontes humificados contienen, como regla, menos acidez cambiante que los inferiores y una parte de ésta relativamente pequeña se debe al aluminio en forma iónica. De esto surge que la mayor parte de la fuerte acidez la producen materias orgánicas de naturaleza ácida, las que no son tan perjudiciales para las plantas como el ion aluminio. Sin embargo, la encaladura adecuada disminuirá una parte de la acidez del suelo y aumentará el rendimiento de las cosechas, pero al calcular la cantidad necesaria de la cal, es oportuno tomar en cuenta también el carácter de la acidez a neutralizar. Por encalado se disminuirá igualmente, la proporción muy alta del magnesio intercambiable.

En cuanto a las modalidades de la enmienda química de los suelos, se remite al lector al siguiente capítulo.

Los suelos discutidos en este capítulo contienen cantidades apreciables de aluminio y de hierro móviles que fijan una parte de los fosfatos solubles en agua incorporados en el suelo en forma de fertilizantes, esto es un fenómeno no deseable, ya que disminuye marcadamente la eficiencia de la fertilización. Por medio de la encaladura se elimina, parcialmente este fenómeno. Si por cualquier razón la encaladura no resultara económica, será aconsejable hacer uso de los fosfatos dicálcicos que tienen mayor solubilidad en medio ácido y su eficiencia frecuentemente es superior a la de los superfosfatos.

Con la excepción de algunos, el mayor número de los suelos discutidos en este capítulo son altamente cuarcíticos y no tiene sentido calcular el valor de la relación molecular $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$; tampoco nos dicen algo los resultados de los análisis elementales detallados y, por lo tanto, no

* H. H. BENNETT y R. V. ALLISON. *Los Suelos de Cuba*, pág. 102, E.R. La Habana, 1965.

** *Idem.*, pág. 104. Ed. cit.

los realizamos en la mayoría de los casos.

También señalamos finalmente que en las gráficas tipo 2 (que representan la relación entre la fracción arcilla y la materia orgánica, y los cationes cambiabiles y el valor de T-S en función de la pro-

a) *Suelos sobre material de arrastre de regiones silíceas.*

La mitad de los suelos discutidos en este grupo, pertenecen a la familia de suelos *Norfolk*. Los miembros de esta aso-

Tabla I/VI

ZONA DE LA MAYOR FRECUENCIA DE LOS PERDIGONES EN EL PERFIL RELACIONADA A LA TEXTURA DEL SUELO

Suelos	Textura						Zona* de perdigones	
	Arenas	Loams		Loam	Arcillas		Promedio	
		Loam arenoso	Loam arcilloso arenoso		Arcilla loamosa	Arcilla		
	Profundidad, cm						cm	
<i>Sta. Lucia</i> , 42	0-(150)						—	50-85
<i>Coxville</i> , 51							50 80**	
<i>Scranton</i> , 35	0- 100	100-(150)					50-100***	
<i>Coxville</i> , 52	0- 80	80-(130)					50- 80	
<i>Norfolk</i> , 5	0- 50	50-(180)					50- 90	35-70
<i>Mocarrero</i> , 31		50- 80			80-(125)		50- 80	
<i>Maboa</i> , 32			50-(125)				20- 50	
<i>Herradura</i> , 16			50-(150)				20- 50	
<i>Pinar del Río</i> , 15	0- 12	12- 30		30-70	70-(170)		30- 70	30-70
<i>Taco-Taco</i> , 29		0- 20	20-(160)				20- 80	20-75
<i>Corojal</i> , 33			20- 40		40-(120)		20- 70	
<i>Estrella</i> , 58						0-(175)		20- 70
<i>Hatuey</i> , 23					0- 60	60-(170)	40- 60	

* Zona de la mayor frecuencia.

** Escasos y muy pequeños perdigones.

*** Perdigones semiduros.

fundidad en el perfil) utilizamos, en lugar de las rayas inclinadas para el calcio, el negro, por sus muy pequeñas cantidades. Constituyen excepción los suelos de las sabanas discutidos por nosotros.

ciación los caracteriza H. H. BENNETT así: «...son muy altos en sílice pero deficientes en calcio, magnesio y en potasio, ácido fosfórico y materia orgánica». Sin embargo, se refieren estas palabras a las

cantidades absolutas de los elementos nutrientes mencionados. En cuanto a la causa de la relativa pobreza de los nutrientes, el mismo autor es de la opinión que «...probablemente estos suelos no hayan perdido sus elementos de fertilidad tanto por lixiviación como por colección y remoción del material que no sea cuarzo durante el proceso de transporte por el agua que arrastraron el material de las áreas elevadas y lo depositaron en su presente posición. Por supuesto que desde su depósito estos materiales transportados han experimentado alguna lixiviación (seguro que es así a lo que se debe la fuerte acidez de los suelos en cuestión) y alguna remoción de partículas finas por erosión interna...».*

por lo tanto, el perfil es poco diferenciado. Algunos datos de los análisis elementales los presentamos en la tabla 2/VI.

Ambos son suelos marcadamente ácidos, con expresada acidez hidrolítica y relativamente poca acidez cambiante en el suelo. La mayor parte de la acidez se origina de materia orgánica de carácter ácido, el contenido de la cual es bajo en el suelo *Santa Lucía* y algo mayor en el *Maboa*.

Los índices químicos referentes a los dos suelos en cuestión se ofrecen en las tablas 4-5 y 7-8/VI, respectivamente.

El valor de *T* es bajo en ambos suelos, disminuye aún más con la profundidad en el suelo *Santa Lucía* y aumenta en el perfil del *Maboa*, lo que corresponde al

Tabla 2/VI

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO MABOA

Horizonte	A ₀	A ₁	A ₂₁	A ₂₂	B ₁ D	B ₂ D
SiO ₂	48,06	46,40	40,08	45,46	43,25	45,04
Al ₂ O ₃	17,67	19,68	22,82	21,70	31,25	27,20
Fe ₂ O ₃	6,71	4,91	5,45	6,97	8,78	8,19
P.p.i.	19,61	16,11	14,06	12,95	11,89	11,67
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,72	3,47	2,60	2,96	2,00	2,36
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	4,62	4,02	2,99	3,57	2,35	2,81
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	18,97	25,22	19,77	17,26	13,18	14,58

También incluye este grupo algunos miembros de la asociación de suelos *Mocarrero*. Los caracteriza la relativa abundancia de perdigones y/o la formación de capas de roca de hierro a *hardpan* en el subsuelo, las cuales se conocen como *mocarrero*. La productividad de estos suelos depende, en alto grado, de la profundidad de esta capa endurecida en el perfil.

I. Suelos, color gris, gris oscuro

Suelos SANTA LUCÍA, MABOA

El suelo *Santa Lucía* es casi cuarzo puro; en su capa superficial algo humificado,

cambio en la textura de este último. Ambos contienen pocas cantidades de los

Tabla 3/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Móvil	
	Aluminio	Hierro
	me/100 g de suelo	
<i>Sta. Lucía,</i>	<i>Perfil 42</i>	
0- 24	4,60	2,50
24-160	3,85	2,35
<i>Maboa,</i>	<i>Perfil 32</i>	
0- 40	6,75	12,90
40-125	8,25	11,30

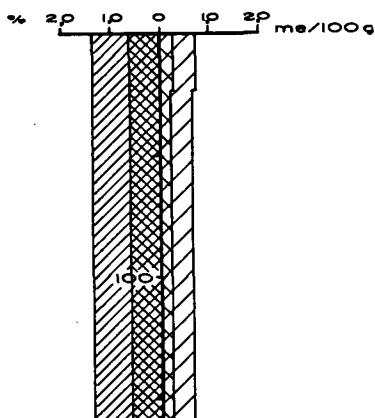
* Ob. cit., pág. 100, ed. cit.

caciones cambiables, cuya suma (el valor de *S*) es inferior a 4 en todos los horizontes investigados. El mayor por ciento del valor de *S* está saturado, en ambos suelos, por magnesio. La disponibilidad de los macronutrientes para la nutrición de las plantas es, en ambos suelos, bajo, pero

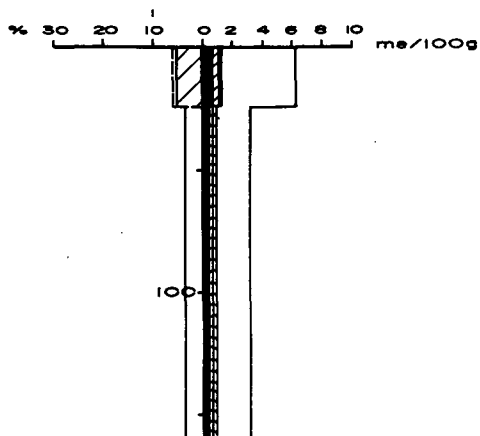
la proporción del magnesio es relativamente alta.

Necesitarán una enmienda adecuada (encaladura) en casos motivados, o sea económicos, y fertilización liberal para aumentar la productividad de estas arenas pobres en nutrientes.

SANTA LUCÍA 42

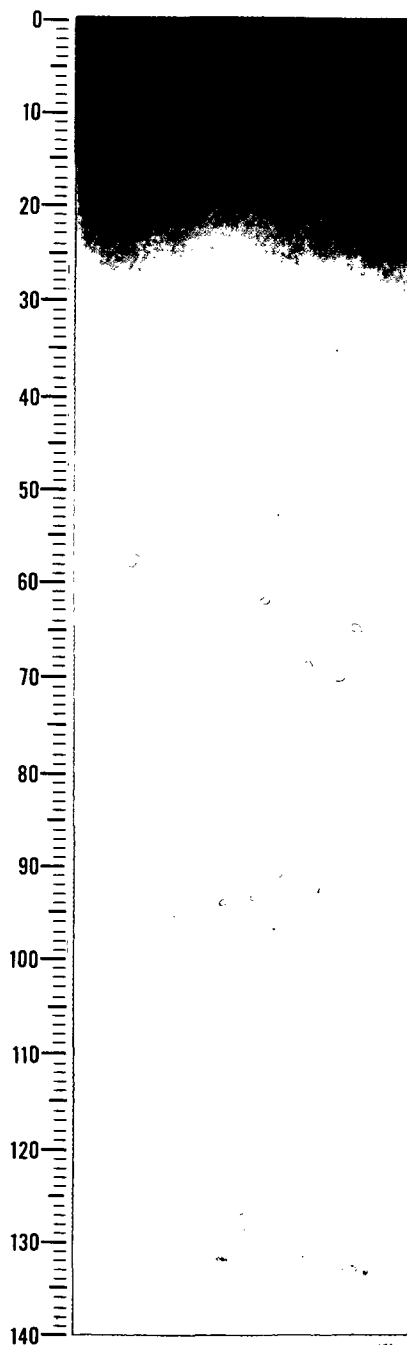


Gráfica 2/VI-1



Gráfica 3/VI-2

PERFIL No. 42



ARENA Santa Lucía

Descripción del perfil 42

Suelo *Santa Lucía*.

Textura: Arena.

Topografía: Llana a suavemente ondulada, altura 10 m s.n.m.m.

Hoja: San Juan y Martínez, coord. 208-4-268.4.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A 0- 24 cm Arena de color gris claro, con abundantes raíces.

C 24-160 cm Arena fina, color amarillo muy pálido, que al secarse al aire toma una tonalidad blanca, con fragmentos de cuarzo después de los 90 cm. Tiene algunas raíces y se notan algunas man-

chas rojas a través de este horizonte.

Vegetación natural: Guano prieto, pajón, peralejo, cerezo, tejana y algunos árboles de madera dura.

Vegetación asociada: Ninguna.

Observaciones: Se pro-

Tabla 4/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			mg/100 g							
0- 24	6,0	5,3	1,85	0,41	—	0,38	0,60	30	1	0,05
24-160	6,5	6,0	1,48	0,12	—	0,20	0,03			

Tabla 5/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	mg/100 g				mg/100 g			
0- 24	6,10	1,20	4,90	19	0,25	0,82	0,07	0,06
24-160	3,01	0,61	2,40	20	0,13	0,41	0,04	0,03

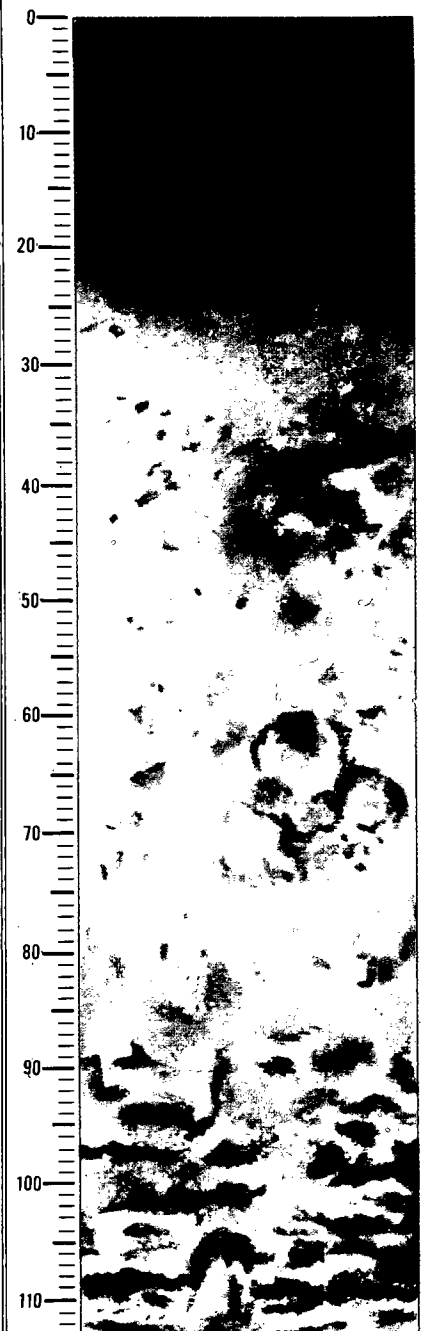
Tabla 6/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	110	225	61,5	31	22,5	1
Nivel	Muy bajo	Mediano	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo

fundizó con la barrena hasta la profundidad de 220 cm y aparece el mismo material. También se observaron raíces hasta la profundidad de 110 cm. En la zona próxima al antiguo

central «Galope», este suelo ocurre en abundancia y se utiliza para el cultivo del tabaco, yuca, boniato, pangola y otros pastos, en los que se nota hay buenas cosechas de tabaco.

PERFIL No. 32



LOAM ARENOSO FINO
Maboa

Descripción del perfil 32

Suelo *Maboa*.

Textura: Arena a loam arenoso fino.

Topografía: Llana, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 3684 III Artemisa, coord. 298-05-324.00.

Situación: Artemisa, Provincia de Pinar del Río.

*A*₁ 0- 20 cm Arena fina de color gris amarillento. Reacción ácida. Algunos perdigones de hierro, redondos. Algunas raíces. Húmeda.

*A*₂ 20- 40 cm Arena de color gris pardusco. Reacción ácida. Algunos perdigones de hierro, redondos. Algunas raíces. Húmeda.

*B*₁*D* 40- 80 cm Loam arenoso, de color amarillo vivo, plástico. Algunos fragmentos grandes, de 5 cm, de roca, y muchos pequeños de color rojizo. Reacción ácida. Algunas raíces.

*B*₂*D* 80-125 cm Loam arenoso moteado de gris, rojizo, amarillo. Contiene terrones de material más friable, duro y semiduro, de color rojo, rojo oscuro, influencia del agua freática. Reacción ácida. Húmeda. Vegetación nativa: Palma cana.

MABOA 32

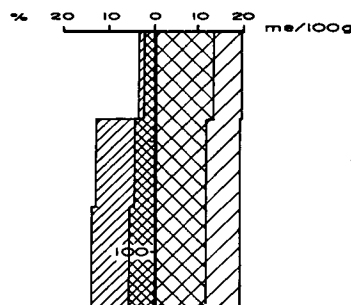


Gráfico 4/VI-1

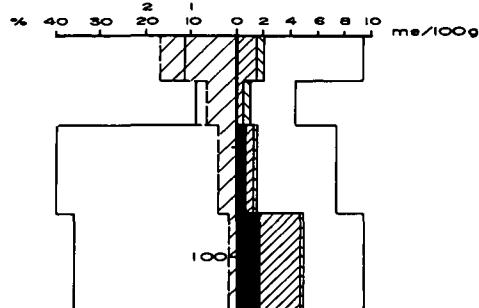


Gráfico 5/VI-2

Tabla 7/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbo- natos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiable					Total (N ₁)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
	me/100 g								mg/100 g		
0-20	6,5	5,3	3,24	0,32	0,23	—	1,02	1,72	85	2	0,9
20-40	6,5	5,5	1,58	0,32	0,15	—	0,62	0,64	30	1	0,7
40-80	6,3	5,2	2,31	1,15	1,03	—	2,48	0,39			
80-125	6,2	5,2	2,10	1,05	1,01	—	2,48	0,14			

Tabla 8/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0-20	9,28	1,98	7,30	21	—	1,64	0,25	0,09
20-40	4,39	0,99	3,40	22	—	0,64	0,12	0,26
40-80	7,35	1,55	5,80	21	0,75	0,61	0,02	0,17
80-125	9,24	4,84	4,40	52	1,75	2,88	—	0,21

Tabla 9/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	—	450	220	46,5	45	20
Nivel	—	Alto	Mediano	Muy bajo	De muy bajo a bajo	De bajo a mediano

Suelos SCRANTON, COXVILLE

Son miembros de las familias de suelos del mismo nombre, y el último constituye el único miembro de su familia descrito por H. H. BENNETT. Los perfiles son bien desarrollados; las secciones son bien distinguibles. Son suelos frecuentes en las llanuras costeras en la provincia de Pinar del Río. Ocurren también en la Isla de Pinos; dos de los tres perfiles del suelo

Coxville fueron tomados allí (los perfiles 51 y 52).

Los perfiles 51 y 52, en cuanto a su carácter, son muy parecidos al 39, y son de textura algo más ligera (arena y arena suelta, respectivamente).

A continuación se ofrecen, en la tabla 12/VI, algunos datos de los análisis elementales referentes al suelo *Scranton* y al tipo loam de los suelos *Coxville* (perfil 39). No realizamos este análisis para

los tipos arenosos del mismo suelo; tampoco determinamos en ellos el aluminio y el hierro móviles, por razón de que el primero resulta casi igual en todas las arenas, y por lo tanto, no nos dicen mucho; la cantidad de los sesquióxidos móviles, resulta algo inferior a la determinada en el perfil 39.

móvil, en ambos suelos, es casi igual. Si se toma en cuenta que el suelo *Scranton* es una arena, puede decirse que, relativamente, contiene más hierro móvil que el suelo *Coxville*.

En las tablas 12-13 y 15-16/VI, respectivamente, presentamos los índices químicos de los suelos investigados (apar-

Tabla 10/VI
ANÁLISIS ELEMENTAL

Número del perfil	Scranton, 35			Coxville, 39		
	Horizonte, cm	0-15	15-53	53-97	97-150	0-45
SiO ₂	93,0	95,35	93,87	75,56	89,96	80,58
Al ₂ O ₃	0,64	0,90	2,44	6,70	2,06	7,15
Fe ₂ O ₃	0,89	0,71	1,39	4,17	0,74	1,62

Los datos que figuran en la tabla 10/VI, indican que el material de ambos suelos es altamente cuarcítico, sobre todo el *Coxville*, si se toma en cuenta la textura del suelo que en este último es un loam.

te para los suelos *Coxville*, de la Isla de Pinos).

Son suelos ácidos; el suelo *Scranton* moderadamente y los suelos *Coxville* de moderada hasta fuertemente ácidos, de la arena suelta al loam; en éstos, la acidez

Tabla 11/VI
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Sección, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>Scranton</i> ,	<i>Perfil 35</i>			
0- 15	3,60	15,90		
15- 97	6,0	10,80		
97-150	9,10	10,40		
<i>Coxville</i> ,	<i>Perfil 39</i>			
0- 45	9,51	9,90	0,56	0,58
45-150	10,35	10,50	0,30	0,31

Se ve claramente en la tabla 11/VI, que en el suelo *Scranton*, de los sesquióxidos, predomina el hierro móvil y en el *Coxville* están los dos presentes en cantidades iguales, pero la cantidad del hierro

aumenta con el contenido de la fracción arcilla.

Lo común en estos suelos es que su acidez disminuye en el subhorizonte B₁, pero hay diferencia en el carácter de la

acidez misma. Las arenas sueltas *Scranton* y *Coxville* no tienen aluminio cambiabile; en la arena *Coxville* el aluminio cambiabile constituye las 2/3 partes de la acidez cambiabile y en el loam el Al casi sólo la produce.

Los tipos arenosos contienen materia orgánica, en el promedio de su horizonte *A*, relativamente de poca a mediana cantidad y el loam poca.

El valor de *T* es en todos los perfiles bajo; el orden de magnitud del mismo corresponde al de las arenas, en el suelo *Scranton*, pero es relativamente muy bajo en los *Coxville*. Esto se debe a que en estos últimos las fracciones superiores a la arcilla las constituyen sólo SiO_2 , y son la causa de la relativa pobreza en elementos nutrientes para las plantas de los suelos *Coxville* en general

En el horizonte *A* de todos los perfiles investigados abunda el magnesio cambiabile, y predomina éste (expresado en % del valor de *S*) en los perfiles *Coxville*. El suelo *Scranton* y la arena y loam *Coxville* contienen también cantidades relativamente apreciables del sodio cambiabile.

Hemos mencionado ya que el nivel de la nutrición de las plantas, en general, es bajo en los suelos *Scranton* y *Coxville*. Son además, suelos ácidos y por lo tanto la encladura adecuada con fertilización liberal podrá aumentar eficazmente la productividad de estos suelos.

A continuación, se ofrecen detalladamente las descripciones de los perfiles de suelo en cuestión y los índices químicos en las gráficas 6 y 8/VI-1 y 7, 9-11/VI-2, y las tablas adjuntas.

Descripción del perfil 35

Suelo *Scranton*.

Textura: Arena fina.

Topografía: Llana, altura 40 m s.n.m.m.

Hoja: 3583 III El Cariba, coord. 252.1-298.8.

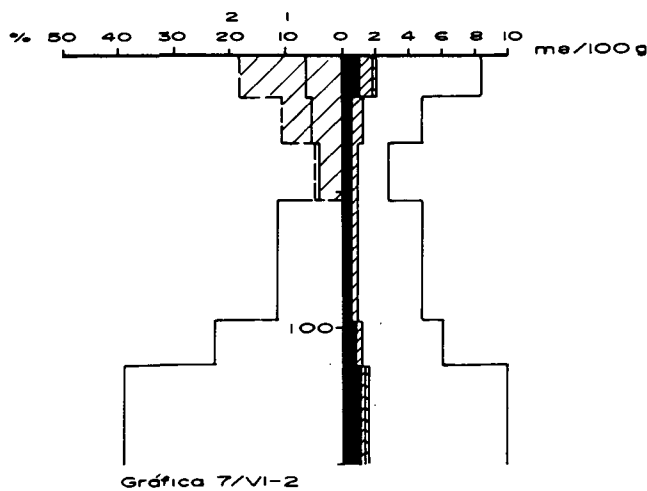
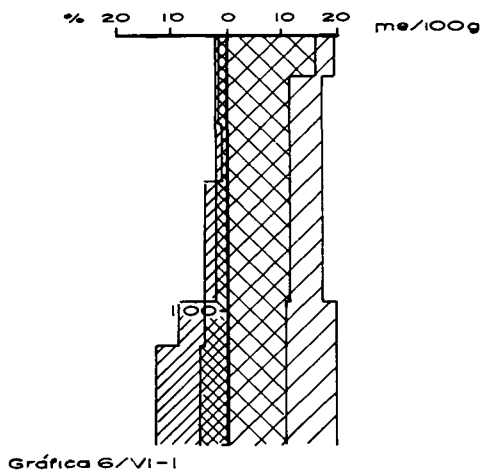
Situación: Provincia de Pinar del Río.

<i>A</i> ₁	0- 15 cm	Arena fina, de color pardo grisáceo oscuro. Muchas raíces. De reacción ácida.	
<i>A</i> ₂	15- 32 cm	Arena, de color amarillento claro, con algunos pequeños perdigones negros. Pocas raíces. De reacción ácida.	<i>B</i> ₂₁
<i>B</i> ₁₁	32- 53 cm	Arena, de color amarillo claro. De reacción ácida. Se observan pocas raíces.	<i>B</i> ₂₂
<i>B</i> ₁₂	53- 97 cm	Arena, de color amarillo, moteado de rojizo y gris. Algunos perdigones	semiduros pardos rojizos. Algunas raíces. De reacción ácida. Arena fina, de color amarillo moteado de rojizo y gris. Perdigones semiduros de color pardo rojizo. De reacción ácida. Loam arenoso de color rojizo, moteado de gris, con material concrecionario rojo intenso. De reacción ácida. Vegetación nativa: Tejana, palma real, palma

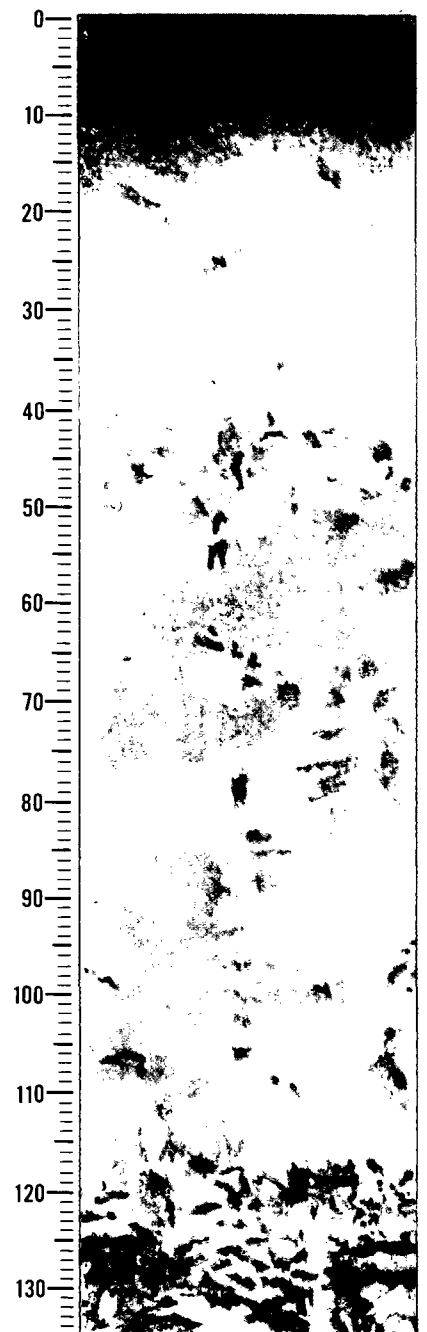
barrigona, marabú, ble-
do, copal (medicinal),
espartillo.

Vegetación asociada:
Pangola, tabaco y bo-
niato.

SCRANTON 35



PERFIL No. 35



ARENA FINA Scranton

Tabla 12/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbo- natos %	Higr. (<i>h_y</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Cambiabile					Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
				(<i>y₂</i>)	(Al)						
				me/100 g					mg/100 g		
0- 15	6,8	5,8	2,35	0,13	0,03	—	1,0	1,88	93	3	0,65
15- 32	6,5	5,8	1,30	—	—	—	0,52	1,07	24	0,7	0,25
32- 53	6,7	6,2	0,57	—	—	—	0,22	0,48			
53- 97	6,5	5,0	0,90	—	—	—	0,63	0,04			
97-113	6,3	4,2	2,22	1,82	1,79	—	1,40	0,04			
113-150	6,0	4,0	4,82	4,23	4,20	—	2,27	0,04			

Tabla 13/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	0- 15	8,26	1,97		6,28	24	1,0	0,83
15- 32	4,56	1,16	3,40	25	0,50	0,64	0,01	0,01
32- 53	2,75	1,50	1,25	55	0,50	0,15	—	0,85
53- 97	4,70	1,60	3,10	34	0,50	0,30	—	0,80
97-113	5,10	2,0	3,10	39	0,75	0,25	—	1,0
113-150	9,83	2,38	7,45	24	0,87	0,25	0,03	1,23

Tabla 14/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	450	225	52,5	41,5	67,5	14,5
Nivel	Muy bajo	Mediano	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

Descripción del perfil 39

Suelo *Coxville*.

Textura: Arena fina loamosa a loam.

Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3583 III El Caribe, coord. 253.4-287.8.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

- A₁ 0- 17 cm Loam color gris oscuro, muy ácido. Sistema radicular muy bueno.
- A₂ 17- 29 cm Loam arenoso muy fino, color gris claro, algo moteado de amarillo, pardo

herrumbroso. Muy ácido. Pocas raíces.

B₁ 29- 45 cm Loam arcillo arenoso de color gris amarillento. Muy ácido. Sistema radicular pobre.

B₂ 45- 99 cm Arcilla amarilla moteada de gris, rojo ladrillo, amarillo oscuro. Muy ácido.

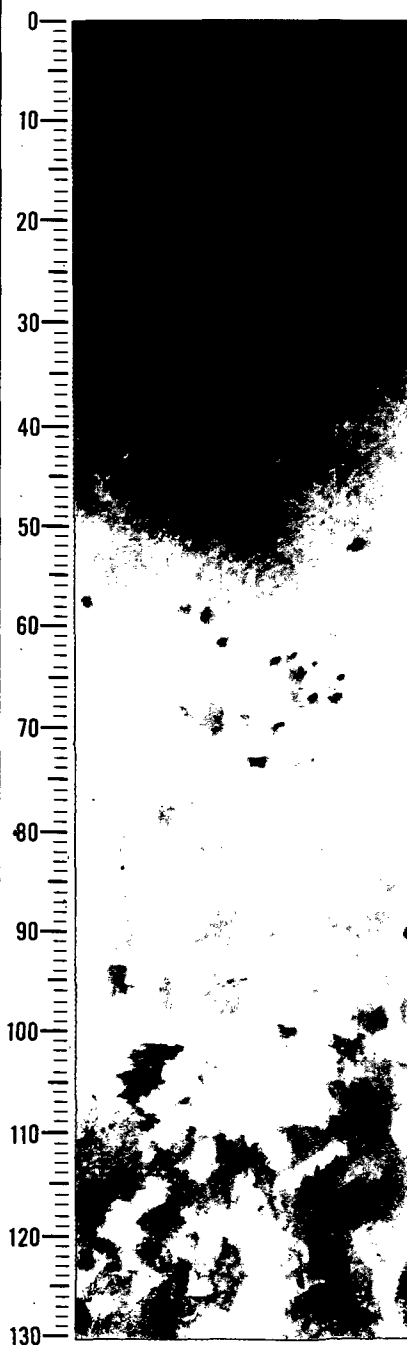
B₃D 99-150 cm Material friable amarillo pardusco, moteado

de lila, gris amarillo oscuro. Ácido.

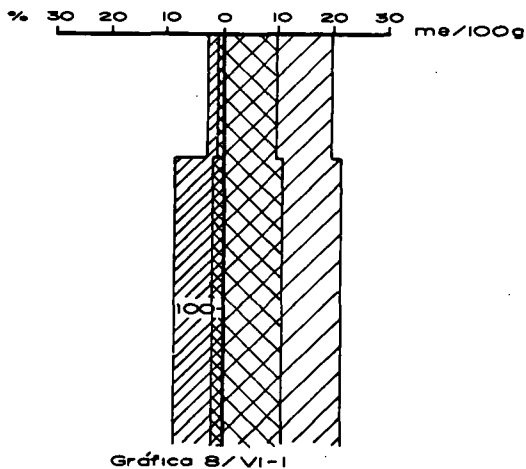
En este tipo de suelos se ha obtenido arroz con rendimiento de 600 quintales por caballería. Vegetación nativa. Pajón, palma barrigona, malva blanca, dormidera, dagamito.

Cultivo asociado: Pangola y yerba elefante.

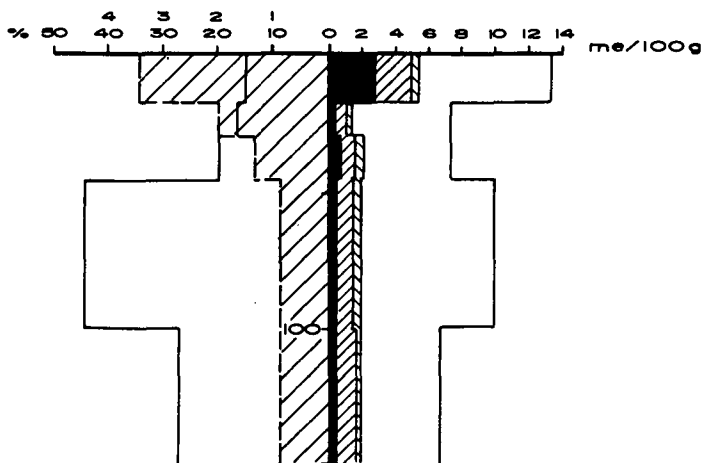
PERFIL No. 39



COXVILLE 39



Gráfica 8/VI-1



Gráfica 9/VI-2

ARENA FINA LOAMOSA
Coxville

Tabla 15/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (y ₁)	Cambiabile					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
	me/100 g								mg/100 g		
0- 17	5,5	4,5	4,53	0,17	0,08	—	1,80	3,39	170	5	0,5
17- 29	5,5	4,2	3,74	0,98	0,78	—	1,18	2,05	100	3	0,3
29- 45	5,5	4,2	3,34	1,80	1,71	—	1,10	1,36			
45- 99	5,5	4,0	6,12	6,08	5,04	—	2,71	0,91			
99-150	5,5	4,0	4,81	4,23	4,16	—	1,87	0,91			

Tabla 16/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 17	13,24	5,44	7,80	41	2,75	2,10	0,01	0,58
17- 29	7,19	1,39	5,80	19	0,15	0,90	—	0,34
29- 45	7,21	1,91	5,30	26	0,38	1,20	—	0,33
45- 99	9,86	1,66	8,20	17	0,15	1,20	—	0,31
99-150	6,58	1,68	4,90	26	0,15	1,40	0,05	0,08

Tabla 17/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	1100	500	7,5	260	100	10
Nivel	Muy bajo	Mediano	Muy bajo	Bajo	Mediano	De muy bajo a bajo

Descripción del perfil 51

Suelo *Coxville*.

Textura: Arena.

Topografía: Llana, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 3681 II Loma Huguilla, coord. 324.100-208.250.

Situación: Isla de Pinos.

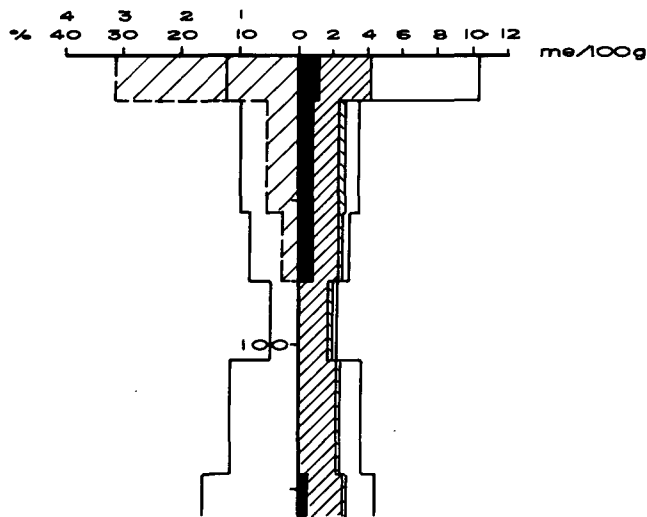
A₁ 0- 15 cm Arena humosa de color gris oscuro. Se ven raíces.
A₂ 15- 54 cm Arena de color más claro que el anterior con menos contenido de ma-

teria orgánica. Material friable. Pocas raíces. De reacción ácida.

B₁₂ 78-105 cm Arena mediana, de color gris claro en la parte superior, que se torna gradualmente amarillo con moteaduras y manchas rojo parduscos. Contiene pequeñas cantidades de grava de distintos colores. De reac-

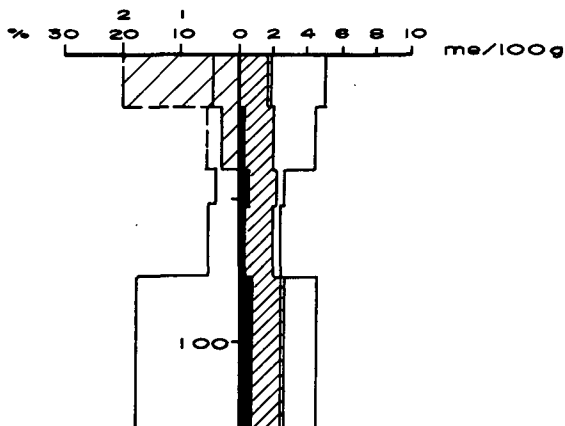
B₁₁ 54- 78 cm Capa de color gris pardusco. De reacción ácida. Arena con poca cantidad (1 %) de pequeños perdigones de distintos colores.

COXVILLE 51



Gráfica 10/VI-2

COXVILLE 52



Gráfica 11/VI-2

ción moderadamente ácida.

*B*₂₁ 105-145 cm Arena de color amarillo rojizo con manchas rojas oscuras que contienen algunas veces un núcleo negro de concreción de hierro. De reacción ácida.

*B*₂₂ 145-160 cm El mismo material que el anterior, con motea-

duras y manchas de color rojo oscuro más frecuentes que en el horizonte anterior.

Los límites de los horizontes son poco definidos. Hasta 105 cm de profundidad está el perfil seco; se encuentra poniéndose húmedo debajo debido a la cercanía del nivel freático.

Tabla 18|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiabile					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
			me/100 g			mg/100 g					
0- 15	6,1	5,5	5,23	0,99	0,70	—	1,67	3,15	160	5	1
15- 54	6,4	5,5	2,09	0,58	0,27	—	0,88	0,57			
54- 78	6,8	6,4	1,04	—	—	—	0,50	0,29			
78-105	6,8	6,3	0,62	—	—	—	0,36				
105-145	6,0	5,1	1,29	—	—	—	0,56				
145-160	5,9	5,0	1,67	—	—	—	0,79				

Tabla 19|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 15	10,30	4,16	6,14	40	1,13	1,94	0,05	1,04
15- 54	3,40	2,52	0,88	74	0,88	1,44	0,01	0,23
54- 78	2,60	2,37	0,23	91	0,88	1,44	—	0,05
78-105	1,90	1,79	0,11	94	—	1,74	—	0,05
105-145	3,40	2,27	1,13	67	0,08	2,14	—	0,05
145-160	4,30	2,60	1,70	60	0,38	2,14	—	0,08

Tabla 20|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	510	535	44	540	112,5	22,5
Nivel	Muy bajo	Muy alto	Muy bajo	Alto	Mediano	Mediano

Descripción del perfil 52

Suelo *Coxville*.

Textura: Arena fina loamosa.

Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3681 II Loma Huguilla, coord. 327.250-206.300.

Situación: Isla de Pinos.

*A*₁ 0- 18 cm Arena fina de color gris oscuro, negra, con buen desarrollo radicular. Contiene poca cantidad (5 %) de grava de distintos tamaños. De reacción ácida.

*A*₂ 18- 40 cm El mismo material de color claro, con buen desarrollo radicular y presenta algunos puntos negros debido a la descomposición de las raíces.

ces. Se encuentra una poca cantidad de grava (5 %).

*B*₁₁ 40- 52 cm Capa de color gris amarillento, con poca cantidad de grava, y presenta algunas raíces finas y gruesas.

*B*₁₂ 52- 77 cm Arena de color amarillo, con poca cantidad de raíces finas y gruesas. De reacción ácida. Presenta perdigones pardos y roji-

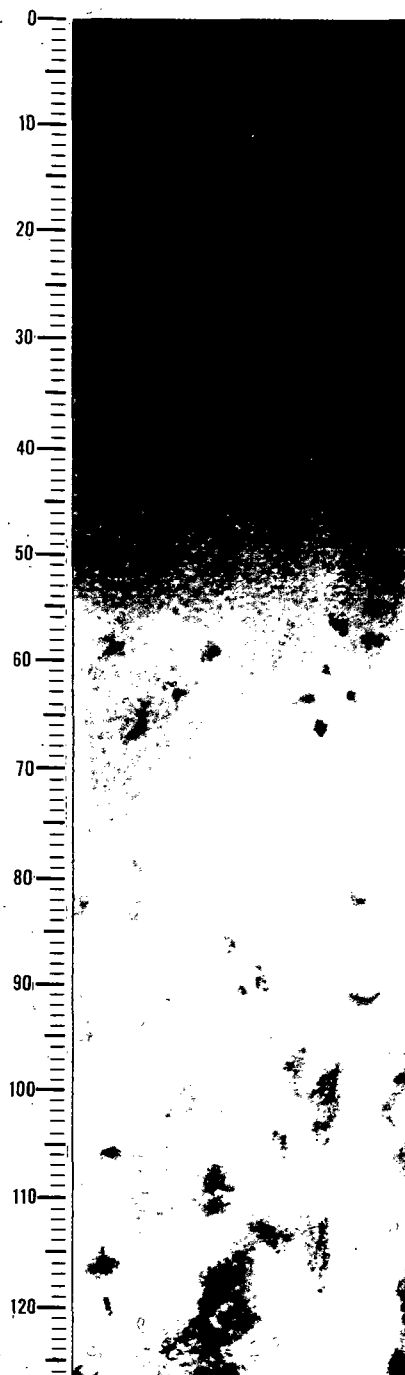
Tabla 21|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 18	6,5	5,9	2,52	0,11	—	0,71	1,99	100	3	2
18- 40	6,8	6,4	1,43	—	—	0,32	0,57			
40- 52	6,9	6,7	0,53	—	—	0,20	0,20			
52- 77	6,8	6,5	0,57	—	—	0,21	—			
77-130	6,2	5,5	1,24	0,65	—	0,58	—			

Tabla 22|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 18	5,0	1,88	3,12	38	—	1,74	0,01	0,13
18- 40	4,30	1,96	2,04	47	0,25	1,70	—	0,01
40- 52	2,50	2,13	0,37	84	0,50	1,62	—	0,01
52- 77	2,20	1,97	0,23	91	0,25	1,70	—	0,02
77-130	4,50	2,43	2,07	53	0,63	1,70	—	0,10

PERFIL No. 52



ARENA FINA LOAMOSA
Coxville

zos, de diferentes tamaños.
 B₂ 77-130 cm Loam arenoso moteado de amarillo, rojo y gris. Cuando húmedo algo

plástico. Presenta algunos perdigones de color rojizo. El color rojo y el gris aumentan con la profundidad.

Tabla 23|VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	—	475	9	67	67,5	45
Nivel	—	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

2. Suelos color pardo

Suelos HERRADURA, NORFOLK

El perfil de ambos suelos fue tomado en la provincia de Pinar del Río, donde típicamente ocurren; el suelo *Herradura* en la zona de mayor elevación de la Llanura Costera Sur y el *Norfolk* en la misma y, además, en la Llanura Costera del Norte, pero en posiciones más bajas y de topografía casi llana.

Los resultados de los análisis elementales los presentamos en la tabla 24|VI, y de estos surge que el suelo *Herradura* es altamente cuarcítico. Más del 80-85 % de la fase sólida se compone de SiO₂ y los demás elementos (con la excepción de los sesquióxidos) son representados por décimas a centésimas partes por ciento. Por lo tanto, no figuran todos los datos de los análisis para el suelo *Herradura* en dicha tabla.

Tabla 24|VI

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO HERRADURA

Horizonte	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
SiO ₂	32,18	34,83	38,04	41,42
Al ₂ O ₃	29,32	29,97	27,74	30,28
Fe ₂ O ₃	6,93	7,78	7,73	7,09
P.p.i.	21,25	15,96	14,02	11,92
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,62	1,70	1,98	2,02
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,97	1,98	2,33	2,33
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	12,39	12,15	13,04	15,46

La tabla 25|VI contiene los datos que se refieren a la distribución del aluminio y el hierro móviles en el perfil de los suelos *Herradura* y *Norfolk*, detalladamente. De los mismos surge que una mayor acumulación de sesquióxidos se manifiesta en el horizonte B en ambos perfiles.

Tabla 25|VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro
	me/100 g de suelo	
<i>Herradura</i> , Perfil 16		
0- 18	5,09	—
18- 42	3,49	1,10
42- 61		
61-125	15,59	8,70
125-150	20,39	9,60
<i>Norfolk</i> , Perfil 5		
0- 14	7,20	2,10
14- 35	6,0	2,10
35- 52	15,60	13,40
52- 90	15,60	13,40
90-180	8,60	3,30

El suelo *Herradura* es marcadamente ácido y su acidez aumenta con la profundidad. A pesar de esto —debido a la poca cantidad de la fracción arcilla en la fase sólida— no tiene mucha acidez hidrolítica ni tampoco cambiante en su horizon-

te *A*. El suelo *Norfolk* es más ácido en su horizonte *A* que en el anterior, con mayor acidez hidrolítica y cambiante. Disminuye algo ambos tipos de acidez en el subhorizonte *B₁* para aumentar algo en los horizontes inferiores. El contenido de materia orgánica en ambos suelos es de bajo a mediana.

El valor de *T* corresponde a la clase textural a la cual pertenecen los dos suelos investigados. Por la misma razón es más bajo en el horizonte *A* del suelo *Herradura* que en el del suelo *Norfolk*. En los horizontes superiores el 90 % del valor de *S* es calcio en el suelo *Herradura* y varía de 18 a 40 % en el suelo *Norfolk*. En correspondencia con esto el contenido del magnesio cambiante es de muy bajo a 0 (cero) en los horizontes *A* más *B₁* del suelo *Herradura* y llega al 40 % en el promedio de los mismos horizontes en el suelo *Norfolk*. Estas condiciones del complejo adsorbente se observan muy bien según los índices que figuran en las tablas 27 y 30/VI.

La disponibilidad de los macronu-

trientes para la nutrición de las plantas es muy baja (con la excepción del fósforo asimilable) en el suelo *Herradura*. Requiere el uso de fertilizantes. Con adecuadas cantidades de éstos, en fórmulas apropiadas (con un contenido no muy alto del magnesio también) se pueden producir buenas cosechas con cultivos seleccionados.

El suelo *Norfolk* es también pobre en elementos nutrientes, además, contiene en abundancia magnesio, el cual podría eliminarse —en casos motivados— por una encaladura apropiada para disminuir por este medio su fuerte acidez. Según la opinión de algunos agricultores la arena fina *Norfolk* (que es el perfil nuestro) «de no someterse a algún uso agrícola, debe de emplearse en una amplia reforestación».

Sigue la descripción detallada de los perfiles investigados, las gráficas 12 y 14/VI-1 y 13 y 15/VI-2, además, las tablas 26-31/VI, con los índices químicos que caracterizan detalladamente los mismos perfiles de suelo.

Descripción del perfil 16

Suelo *Herradura*.

Textura: Arena.

Topografía: Llana, altura 60 m s.n.m.m.

Hoja: 3585 IV San Diego de los Baños, coord. 254.2-303.5.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

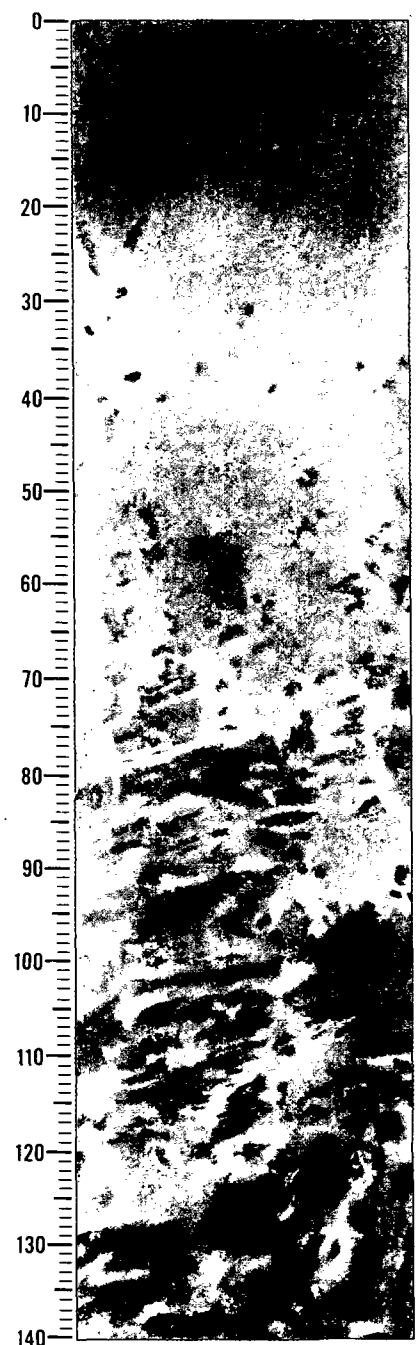
A₁ 0- 18 cm Arena fina ligera, pardo amarillento. Reacción ácida. Con algunas concreciones rojas y blandas. Raíces abundantes.

A₂ 18- 26 cm Arena fina ligera. Reacción ácida. De color amarillo pardusco claro, moteado de pardo grisáceo y amarillo rojizo. Algunos perdigones negros, de hierro, y frag-

mentos muy pequeños de grava de cuarzo. Menor cantidad de raíces.

A₃ 26- 42 cm Arena muy fina suelta, de color amarillo rojizo. Reacción ácida. Con fragmentos de grava de cuarzo blanco y rosado. Concreciones blandas rojizas y rojas. Concreciones grandes negras y

PERFIL No. 16



ARENA *Herradura*

pardo oscuras. Algunas pequeñas concreciones de hierro negras. Escaso contenido de raíces.

*B*₁ 42- 61 cm Arena fina loamosa suelta. Reacción muy ácida, de color amarillo moteado de rojo y amarillo oscuro. Concreciones casi negras duras y rojas de

material firme. Algunos perdigones de hierro y gravas redondas de cuarzo.

*B*₂ 61-125 cm Loam arcilloso, de color amarillo, moteado de color rojo, amarillo oscuro, gris. A menudo grava cuarzosa. Reacción muy ácida.

Tabla 26|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiabile					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			(y ₂)	(Al)							
			me/100 g			mg/100 g					
0- 18	6,0	4,5	2,41	0,49	0,49	—	0,66	1,25	60	2	2,2
18- 26	6,0	5,0	1,43	0,42	0,42	—	0,52	0,96	50	2	1,8
26- 42	6,0	5,0	0,91	0,32	0,30	—	0,40	0,53			
42- 61	5,0	4,0	2,33	0,76	0,72	—	0,93	0,24			
61-125	5,0	3,7	6,61	5,34	0,17	—	2,80	0,17			
125-150	5,0	3,51	0,96	6,42	0,14	—	3,44	0,10			

Tabla 27|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 18	3,95	1,85	2,10	47	1,62	0,14	0,05	0,04
18- 26	2,10	1,65	0,45	79	1,50	—	0,05	0,10
26- 42	2,10	1,65	0,45	79	1,50	—	0,05	0,10
42- 61	3,10	1,65	1,45	53	1,50	—	0,05	0,10
61-125	8,29	3,48	4,81	42	1,50	0,78	0,10	1,10
125-150	11,84	4,74	7,10	40	1,50	1,79	0,15	1,30

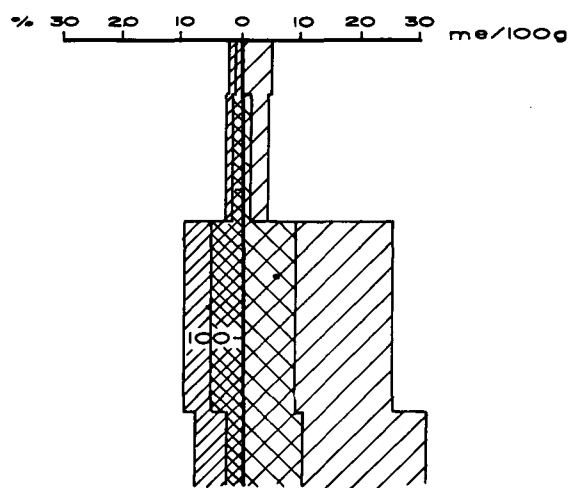
Tabla 28|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	730	38	44	20,5	45	49,5
Nivel	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	De muy bajo a bajo	Alto

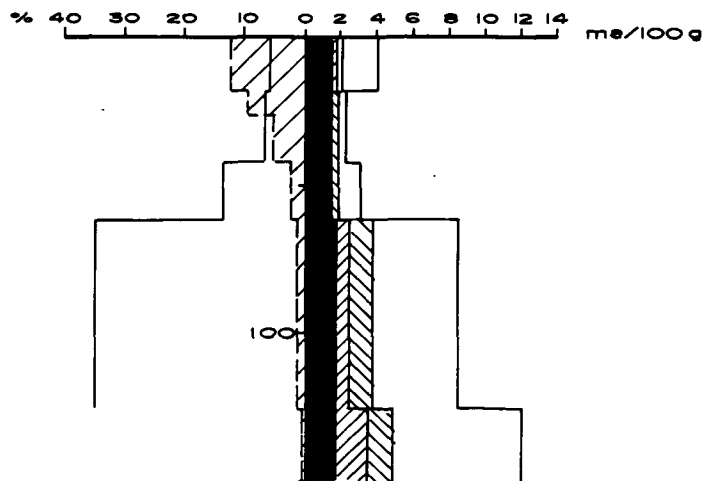
B_{22} 125-150 cm Loam arcilloso, de color amarillo moteado de gris, azuloso, rojizo, rojo, amarillo oscuro. Predomina el moteado de gris azuloso. Contenido de grava cuarzosa.

Reacción muy ácida.
Este suelo es fácilmente permeable para las raíces de las plantas, y fácil de cultivar. Tiene alto contenido de arena cuarzosa.

HERRADURA 16



Gráfica 12/VI-1



Gráfica 13/VI-2

Descripción del perfil 5

Suelo *Norfolk*.

Textura: Arena.

Topografía: Llana, altura 15 m s.n.m.m.

Hoja: 3382 II San Julián, coord. 170.75-254.20.

Situación: Provincia de Pinar del Rfo.

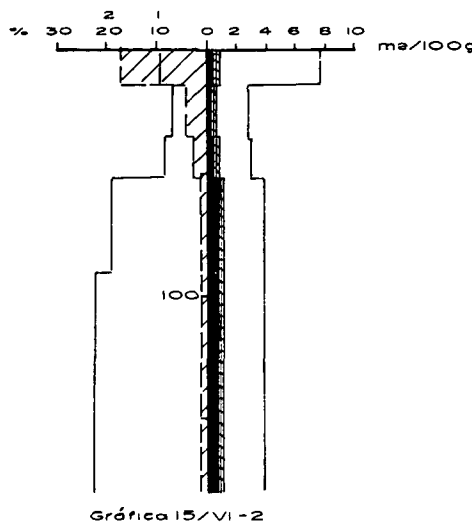
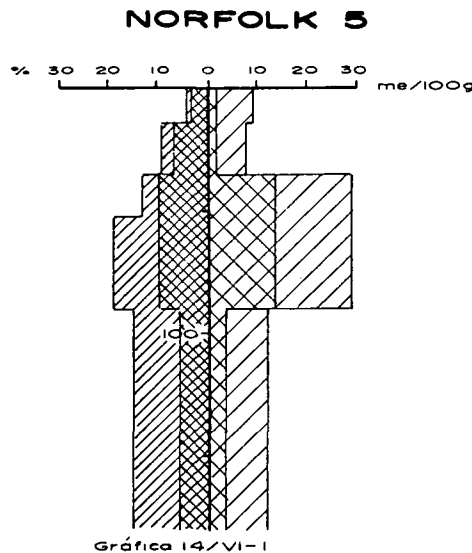
*A*₁ 0- 14 cm Arena cuarcítica de color pardo grisácea. Una mitad de ésta es arena gruesa, el diámetro de 0,3 mm y la otra es arena fina de diámetro de 0,05 mm. El 10 % del total de este material es cuarzo puro cristalino. En la superficie de las grandes partículas hay una membrana de materia orgánica. De reacción ácida.

*A*₂ 14- 35 cm Capa de transición. Arena compuesta en un 75 % de partículas gruesas de color amarillo grisáceo. Reacción muy ácida. Dentro de la capa se observa [de 18 a 25 cm] un horizonte de arena cementada, muy compacta, de color gris oscuro. La arena está compactada por los coloides de los silicatos. La materia orgánica ha sido lavada de la superficie hacia abajo y fue precipitada y acumulada en esta profundidad. Se observan raíces grandes.

*B*₁ 35- 52 cm Arena de color amarillo grisáceo pálido, con vetas de hierro de color pardo rojizo. Pocas concreciones de cal. Reacción ácida.

*B*₂ 52- 90 cm En su mayoría arena gruesa de color rojizo amarillo brillante. Concreciones de hierro de 1-2 mm de diámetro y mayores, estas úl-

timas de color rojizo pardo oscuro. La membrana de hierro de los granos es



más gruesa que en las capas anteriores. Esto es consecuencia de las aguas subterráneas en tiempos más antiguos. Reacción muy ácida.

C 90-180 cm Loam arenoso de color amarillo, manchada de rojizo, y moteada de color gris, como consecuencia de la migración del hierro,

el cual se acumuló en las manchas de color rojo. Este hierro se puede quitar fácilmente de los granos cuarcíticos. Está bajo la influencia de las aguas subterráneas. Reacción ácida. No se encuentran perdigones. Vegetación: Pasto natural.

Tabla 29|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M.O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 14	6,2	4,0	4,70	1,14	—	1,25	1,70	85	3	0,9
14- 35	6,2	4,5	2,0	1,14	—	0,51	0,39	20	0,5	0,8
35- 52	6,5	4,5	1,46	0,54	—	0,55	0,24			
52- 90	6,4	4,5	3,20	0,74	—	1,17	0,17			
90-180	6,4	4,5	2,20	1,20	—	1,80	0,17			

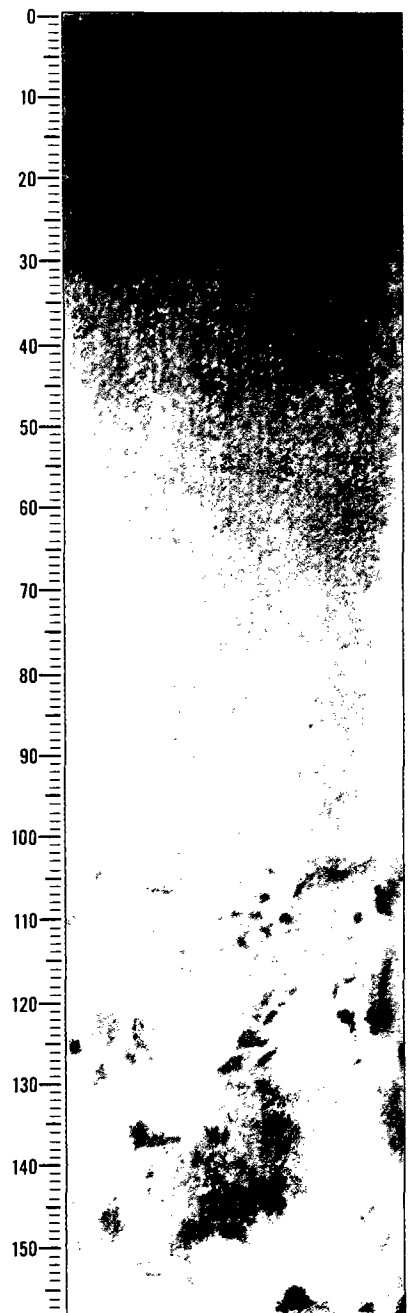
Tabla 30|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasic (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 14	7,65	0,85	6,80	11	0,17	0,41	0,21	0,06
14- 35	2,79	0,39	2,40	14	0,08	0,16	0,11	0,04
35- 52	3,03	0,63	2,40	21	0,25	0,24	0,10	0,04
52- 90	3,82	0,92	2,90	24	0,37	0,24	0,12	0,19
90-180	3,87	0,97	2,90	25	0,50	0,16	0,12	0,19

Tabla 31|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	75	110	185	31	67,5	20
Nivel	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	De bajo a mediano

PERFIL No. 5



ARENA Norfolk

Suelo COROJAL

El suelo *Corojal* investigado por nosotros es un loam arenoso.

El contenido del aluminio y el hierro móviles lo indica la tabla 32/VI. Se ve muy bien que de los dos predomina el hierro móvil en el perfil del suelo *Corojal*.

Estas condiciones del complejo adsorbente se ven muy bien en la tabla 34/VI.

La parte arcillosa del suelo *Corojal* contiene, aparentemente, una mezcla de los tres grupos principales de arcilla, son éstos: el caolín, las illitas y los motmorillonoides en varias proporciones en los horizontes genéticos. El horizonte *C* con-

Tabla 32/VI
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 40	8,85	27,0	0,33	1,01
40-120	13,50	31,50	0,31	0,72

Es un suelo moderadamente ácido. En los horizontes *A* y *B₁* hay mediana acidez hidr. (γ_1) cuya tercera parte corresponde a la acidez cambiante y carece por completo del aluminio soluble. El valor de *T* es mediano y más de la mitad de los cationes cambiables metálicos está compuesta por el calcio. El contenido de magnesio cambiante es también alto y bajo el del potasio y el sodio aunque, este último aumenta con la profundidad.

tiene relativamente más del grupo del caolín que los horizontes superiores.

La disponibilidad de los macronutrientes es de mediana a baja y mal proporcionada. Necesita fertilización para obtener buenas cosechas.

Se presenta a continuación la descripción detallada del perfil estudiado y las gráficas 16/VI-1 y 17/VI-2, además, las tablas 33-35/VI, que sirvieron de base para las evaluaciones anteriores.

Descripción del perfil 33

Suelo *Corojal*.

Textura: Loam.

Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3683 IV El Francés, coord. 302.00-316.25.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A 0- 20 cm Arena loamosa de color pardo grisáceo. Concreciones redondas negras, pequeñas, de hierro. Buen desarrollo radicular. Húmedo. Reacción ácida.

B₁ 20- 40 cm Loam arenoso de color amarillo, moteado de gris claro y rojizo. Con muchos perdigones y concreciones de hierro negras y pardo oscuro. Desarrollo radicular bueno.

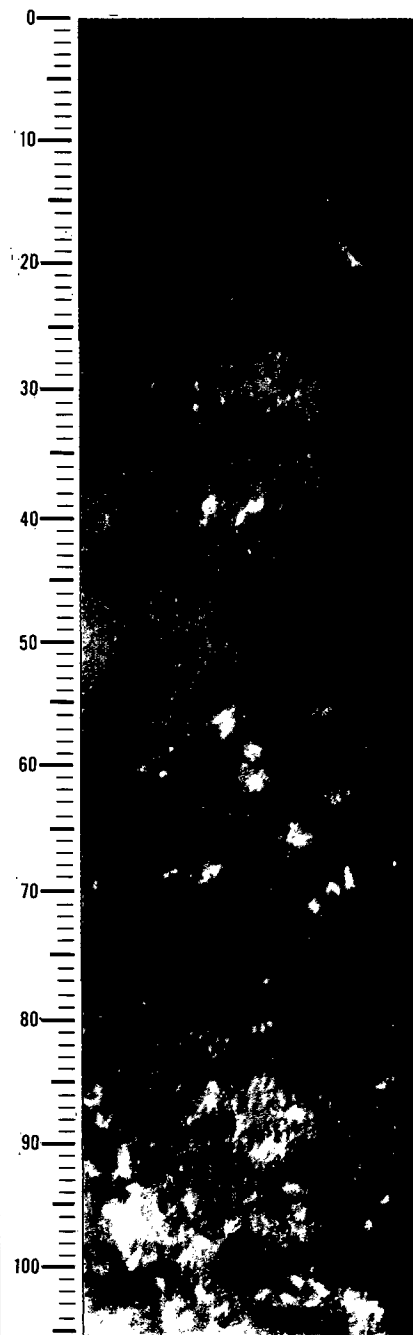
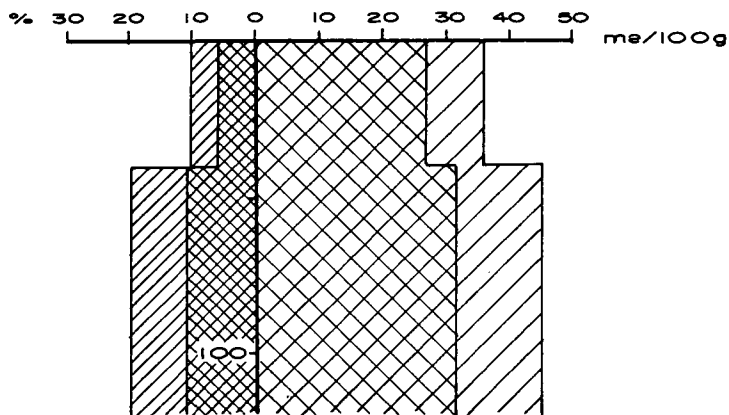
B₂ 40- 70 cm Arcilla loamosa amarilla moteada de gris azulado claro, rojizo, amarillo oscuro. Algunas concreciones duras de hierro. Muchas concreciones duras y blandas de color negro.

C 70-120 cm Arcilla loamosa plástica de color amarilla moteado de rojo, amarillo rojizo, gris azulado. Terrones de

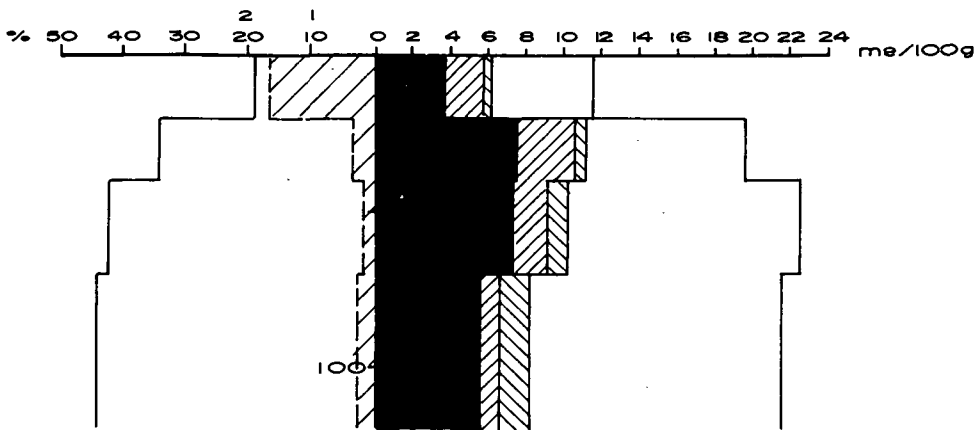
Fragmentos blancos. Algunas raíces. Húmeda. Reacción muy ácida.

PERFIL No. 33

COROJAL 33



LOAM Corojal



material duro y semiduro de color rojo oscuro y blanco.
Reacción muy ácida.
El perfil contiene cristales

blancos pequeños y más grandes, algo rojizos, en abundancia.
Vegetación natural: Palma cana.

Tabla 33|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiabile					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
me/100 g						me/100 g					
0- 20	6,2	5,5	1,57	0,62	0,02	—	2,20	1,64	80	2	2
20- 40	6,2	5,5	1,70	0,45	—	—	5,02	0,35			
40- 70	5,8	4,5	4,60	1,10	0,87	—	5,86	0,21			
70-120	5,6	4,5	5,67	4,78	2,03	—	6,0	0,28			

Tabla 34|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiabiles			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 20	11,40	6,14	5,26	53	3,75	2,05	0,17	0,17
20- 40	19,43	11,23	8,20	57	7,50	3,08	0,15	0,50
40- 70	22,29	10,19	12,10	45	7,37	1,68	0,23	0,95
70-120	21,28	8,18	13,10	38	5,50	1,02	0,25	1,41

Tabla 35|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	1700	285	150	88,5	45	45
Nivel	Mediano	Alto	Bajo	Muy bajo	de muy bajo a bajo	Alto

3. Suelos color pardo rojizo

Suelo PINAR DEL RÍO

Es un suelo extensivo e importante, presenta muchas variaciones en el contenido de perdigones y la textura. El suelo

Pinar del Río investigado es arena en su capa superficial y se vuelve más pesado con la profundidad.

Los datos del análisis elemental de la parte arcillosa del suelo los presentamos en la tabla 36|VI.

Tabla 36/VI

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE
ARCILLOSA DEL SUELO PINAR DEL RÍO

Horizonte	A ₁	B	BC
SiO ₂	35,58	34,19	35,70
Al ₂ O ₃	24,51	28,90	23,38
Fe ₂ O ₃	14,07	14,43	18,10
P.p.i.	12,58	14,15	11,71
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,81	1,82	1,74
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,47	2,56	2,61
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	6,72	6,32	5,28

En relación con el contenido de los sesquióxidos móviles puede observarse que predomina el aluminio, cuya cantidad aumenta con la profundidad aunque este aumento es moderado en los subhorizontes del horizonte B.

Tabla 37/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 30	8,99	6,15	0,52	0,36
30- 67	12,44	7,80	0,32	0,22
67-170	13,19	5,40	0,31	0,13

Indicamos en la tabla 38/VI las características químicas por subhorizontes. El suelo *Pinar del Río* es moderadamente ácido en sus horizontes A más B₁ con

Finalmente, se ofrece la descripción detallada del perfil investigado. Las gráficas 18/VI-1 y 19/VI-2 completan el material de documentación.

Descripción del perfil 15

Suelo *Pinar del Río*.

Textura: Arena loamosa a loam arcilloso.

Topografía: Ligeramente ondulada, altura 50 m s.n.m.m.

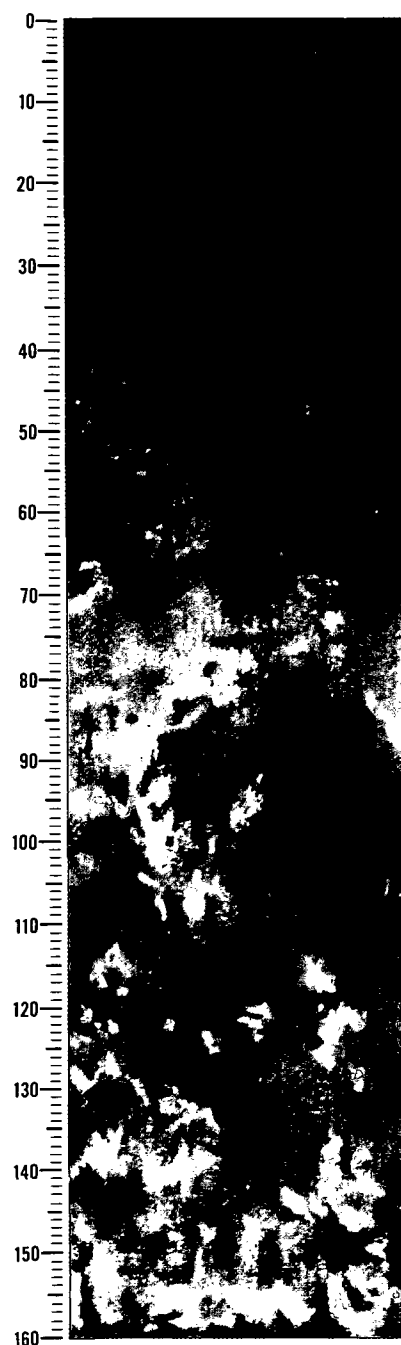
Hoja: 3585 IV San Diego de los Baños, coord. 253.2-304.1.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A₁ 0- 12 cm Arena fina loamosa, ligera, de color pardo rojizo, amarillento. Al-

gunos perdigones muy pequeños de hierro, de color negro. Mediana-

PERFIL No. 15

ARENA LOAMOSA Pinar
del Río

mente húmeda. Reacción ácida. Raíces abundantes.

*A*₂ 12- 30 *cm* Loam arenoso fino, friable, de color pardo rojizo, amarillento. Con perdigones negros y pardos, los cuales aumentan con la profundidad.

más friable. Contiene 40 % de perdigones y concreciones rojizas y negras, de hierro, en diferentes tamaños. Reacción ácida.

*B*₁₂ 45- 67 *cm* Como el horizonte anterior, y predomina el color amarillo.

Tabla 38|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M.O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y</i> ₁)	Cambiabile					Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
				(<i>y</i> ₂)	(Al)						
mg/100 g								mg/100 g			
0- 12	6,2	5,0	1,74	0,46	0,29	—	1,42	1,19	60	2	3,7
12- 30	6,2	5,5	1,52	0,26	0,07	—	1,75	0,89	45	1	1,8
30- 45	6,2	5,3	1,44	0,11	0,07	—	3,56	0,69			
45- 67	6,2	5,0	1,22	0,18	0,18	—	3,76	0,39			
67- 97	5,0	4,5	2,09	0,62	0,48	—	3,59	0,39			
97-130	5,0	4,5	2,70	1,03	0,99	—	3,77	0,17			
130-170	5,0	4,3	3,80	1,70	1,50	—	4,25	0,17			

Tabla 39|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, <i>cm</i>	Valor de			<i>V</i> , %	Cationes cambiabiles			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
0- 12	5,24	2,34	2,90	44	1,25	0,90	0,18	0,01
12- 30	6,62	3,72	2,90	56	2,50	1,0	0,13	0,09
30- 45	10,38	5,48	4,90	52	4,25	1,05	0,07	0,11
45- 67	12,68	8,38	4,30	62	7,0	1,15	0,06	0,17
67- 97	11,80	6,90	4,90	58	4,50	2,14	0,06	0,20
97-130	12,87	7,57	5,30	58	4,50	2,67	0,05	0,35
130-170	12,07	6,77	5,30	56	3,75	2,86	0,05	0,11

Abundantes granos de cuarzo. Reacción muy ácida. Algunas raíces.

*B*₁₁ 30- 45 *cm* Loam friable de color amarillo rojizo. Manchado de material rojo,

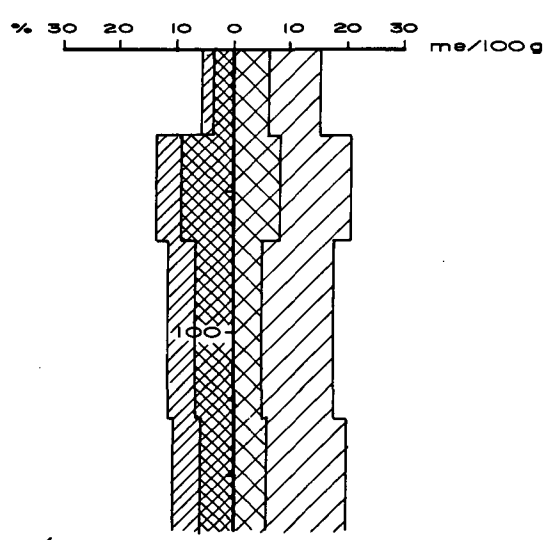
*B*₂₁ 67- 97 *cm* Loam arcilloso, medianamente compacto, amarillo rojizo, manchado de material rojo, friable. Abundantes perdigones y concreciones

de hierro de color rojizo y negro. Reacción muy ácida.

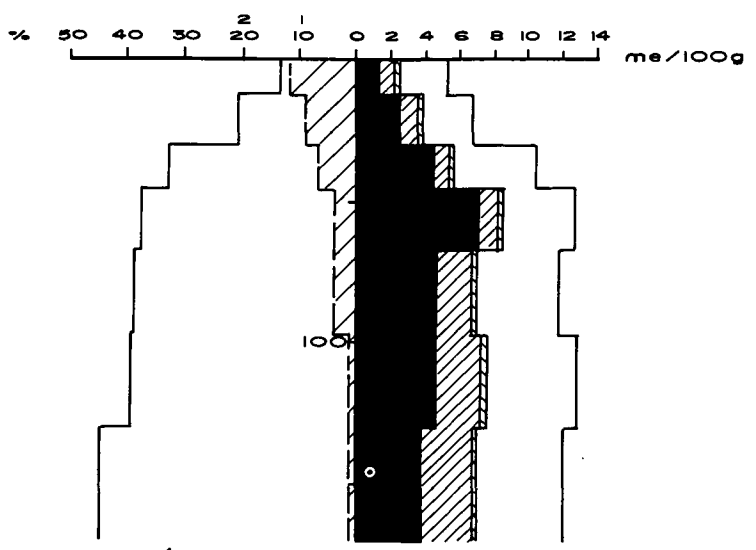
color amarillo moteado de rojo, gris. Concreciones de hierro, negras y rojizas, perdigones en menor cantidad, de co-

B₂₂ 97-130 cm Loam arcilloso medianamente compacto. De

PINAR DEL RÍO 15



Gráfica 18/VI-1



Gráfica 19/VI-2

lor negro. Reacción muy ácida.

BC 130-170 cm Loam arcilloso amarillo moteado de gris, rojo, amarillo oscuro. Algunos perdigones negros de hierro y de concreciones negras y rojizas,

de hierro. Reacción muy ácida.

El suelo se ha formado por acumulación. Es fácilmente permeable para las raíces de las plantas y fácil de cultivar.

Tabla 40/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	585	245	160	15,5	45	67,5
Nivel	Muy bajo	Alto	Bajo	Muy bajo	De muy bajo a bajo	Alto

Suelo VIÑALES

El suelo *Viñales* es un *deluvial* sobre arcilla laterizada; en su primer horizonte es loam arcilloso y se vuelve aún más pesado con la profundidad. Es un suelo

rizontes cuyas características son presentadas en las tablas 42 y 43/VI.

El valor de *T* y las cantidades de los cationes cambiables son, en este suelo, relativamente pequeñas. Predomina en el complejo adsorbente hasta el horizon-

Tabla 41/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 8	14,2	0,9	0,30	0,02
8- 40	22,4	1,1	0,40	0,02
40- 85	34,3	1,8	0,58	0,03
85-140	41,6	4,2	0,68	0,09

expresadamente ácido; contiene todas las formas de la acidez desde la superficie. Por lo tanto, contiene también aluminio cambiable en cantidades apreciables, que es tóxico para los cultivos. De acuerdo con esto el aluminio móvil es también alto en este suelo (ver la *Tabla 41/VI*).

Según las investigaciones morfológicas y químicas se distinguen tres horizontes principales, las que se dividen en subho-

te *C* el calcio y, en este mismo horizonte el magnesio.

El suelo *Viñales* tiene baja productividad, pero después de una encaladura adecuada pueden utilizarse con éxito los fertilizantes.

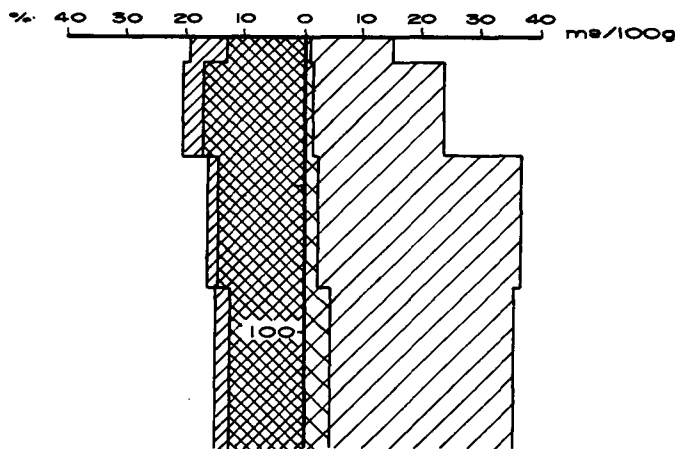
Las gráficas 20/VI-1 y 21/VI-2 facilitarán la evaluación de las características químicas del suelo *Viñales*.

Descripción del perfil 12

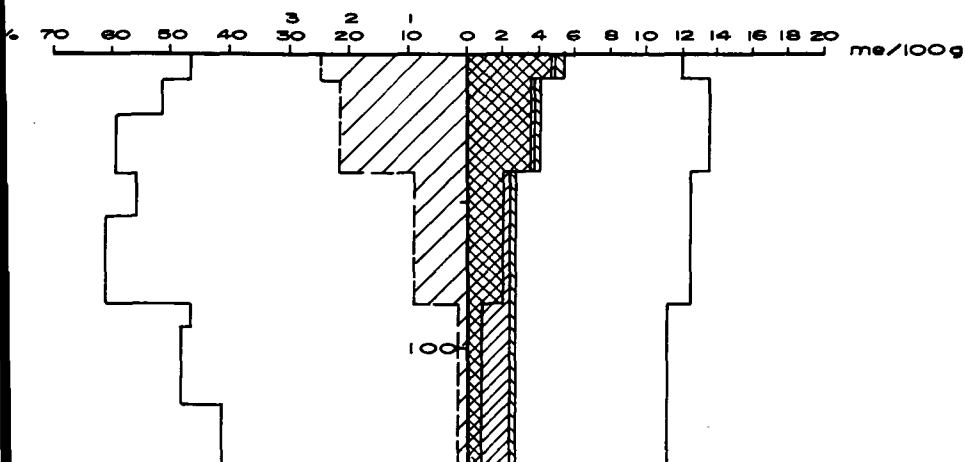
Suelo *Viñales*.
 Textura: De loam arcilloso a arcilla
 Topografía: Ligeramente alomada, altura 140 m s.n.m.m.
 Hoja: 3483 I Consolación del Sur, coord. 221.9-119.5.
 Situación: Provincia de Pinar del Río.

A₀ 0- 8 cm Loam arcilloso friable de color rojo pardusco, con algunos perdigones pe-
 queños de hierro. Buen desarrollo radicular. De reacción ácida.

VIÑALES 12

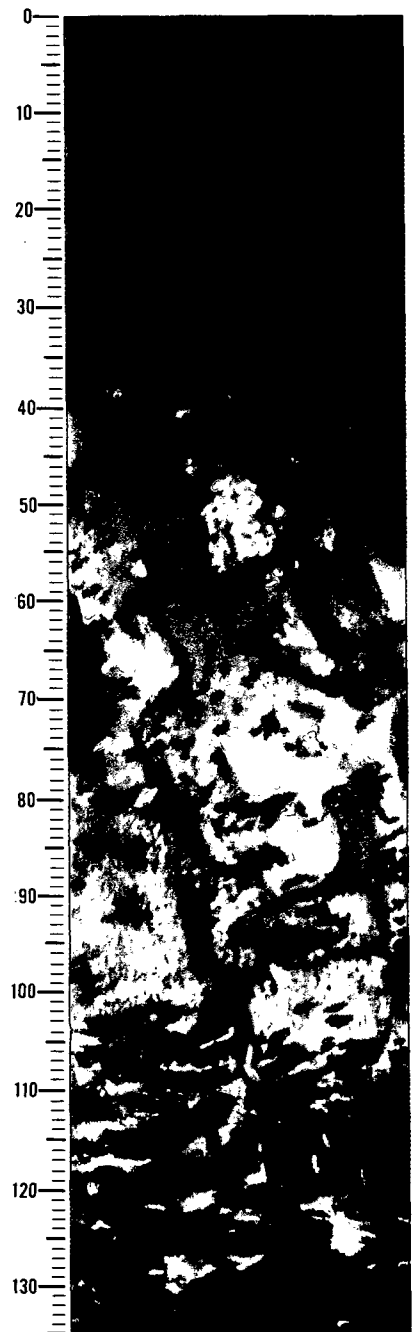


Gráfica 20/Vi-1



Gráfica 21/Vi-2

PERFIL No. 12



ARCILLA Viñales

- A*₁ 8- 20 *cm* Loam arcilloso friable de color rojo pardusco, amarillento con algunos perdigones pequeños de hierro. Se agrieta si está seco. De reacción ácida.

agrieta mucho si está seca. De reacción ácida.
- A*₂ 20- 40 *cm* Arcilla plástica de color rojo. Algo moteado de amarillo y gris. De reacción ácida. Se agrieta si está seca.

*B*₂ 55- 93 *cm* Arcilla moteada de rojo, rojizo, amarillo y gris. Pegajosa. Se agrieta mucho si está seca. Algunas pequeñas partículas de cuarzo. De reacción ácida.
- B*₁ 40- 55 *cm* Arcilla moteada de rojo, amarillo, rojizo y gris. Más pegajosa que el horizonte anterior. Se

*C*₁ 93-120 *cm* Arcilla plástica, moteada de rojo en 60 % y gris azulado, amarillo y blanquecino. De reacción ácida.

Tabla 42/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, <i>cm</i>	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M.O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y</i> ₁)	Cambiabile					Total (<i>N</i> ₁)	Asim. (<i>N</i> ₂)	
				(<i>y</i> ₂)	(<i>Al</i>)						
	<i>me/100 g</i>								<i>mg/100 g</i>		
0- 8	5,5	4,5	3,97	1,11	0,06	—	3,42	2,48	140	4	2,9
8- 20	4,7	4,2	5,50	3,0	2,80	—	3,31	2,34	135	4	1,6
20- 40	4,5	4,0	7,86	4,78	4,48	—	3,46	2,06	125	3	1,0
40- 55	4,5	4,0	9,20	6,24	3,50	—	3,06	1,12	60	1	
55- 85	4,5	4,0	9,30	6,44	4,28	—	3,70	0,76	40	1	
85- 93	4,5	4,0	9,04	7,10	4,40	—	2,86	0,89			
93-120	4,5	4,0	9,08	7,14	4,53	—	3,01				
120-140	4,5	4,0	9,12	7,15	4,60	—	2,94				

Tabla 43/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, <i>cm</i>	Valor de			<i>V</i> , %	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (<i>Ca</i>)	Magnesio (<i>Mg</i>)	Potasio (<i>K</i>)	Sodio (<i>Na</i>)
	<i>me/100 g</i>				<i>me/100 g</i>			
0- 8	11,90	5,20	6,70	43	4,75	0,04	0,24	0,20
8- 20	13,50	3,80	9,70	28	3,50	0,04	0,15	0,13
20- 40								
40- 55	12,40	2,50	9,90	20	1,90	0,34	0,10	0,13
55- 85								
85- 93	11,10	2,40	8,70	21	0,55	1,70	0,07	0,09
93-120								
120-140								

C₂ 120-140 cm Arcilla de idéntica consistencia, donde predominan las moteaduras de

amarillo sobre la de gris azulado y rojizo, a medida que se profundiza.

Tabla 44|VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	1350	8	130	65	50	35
Nivel	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

b) Suelos sobre material residual de esquistos silíceos

Este grupo incluye las investigaciones de tres suelos distintos: *Guane*, *Santa Bárbara* y *Nueva Gerona*. A pesar de que su material basal pertenece a la misma formación geológica, debido a algunas diferencias en la intensidad del intemperismo por un lado, y los procedimientos de la edafización, por el otro, el material que sustenta los perfiles en cuestión y estos últimos propiamente dicho, son bastante variados. Lo común en ellos es su relativa abundancia en hierro y en aluminio móviles, o sea su marcada o fuerte acidez potencial (caracterizada por el valor numérico de la acidez cambiante).

1. Suelos color pardo, pardo grisáceo

Suelo *GUANE*

Ocupan en la provincia de *Pinar del Río* áreas con topografía suavemente y alomada.

Los índices del aluminio y del hierro móviles los contiene la tabla 45|VI.

Los procesos de la meteorización condujeron a que, en este suelo exista más aluminio que hierro móvil; el motivo se debe al carácter del material basal.

El suelo *Guane* es fuertemente ácido, pero la mayor parte de su acidez se debe, aparentemente, al carácter ácido del material orgánico que contiene.

En el horizonte *B* ya predomina la acidez proveniente de los compuestos inorgánicos y por esto es más perjudicial para los cultivos que aquella en la capa superficial.

El contenido de materia orgánica es mediano y el valor de *T* es bastante bajo en este suelo. El calcio y el magnesio constituyen por igual el 40 % aproximadamente, de la suma de los cationes cambiables (el valor de *S*); el por ciento del potasio cambiante es, en comparación con la mayoría de los suelos arenosos, bastante alto y el del sodio alto, y aumenta aún más con la profundidad.

Tabla 45|VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	mg/100 g de suelo		mg/fracción arcilla %	
0- 13	8,96	0,60	0,90	0,05
13- 70	16,26	1,20	0,57	0,04
17-(85)	11,09	1,20	1,38	0,15

El suelo *Guane* es de baja productividad, y el factor limitante, en primer lugar, es su fuerte acidez.

Para el caso de que fuera económica una encaladura, debería encalarse también el subsuelo, y esto aumentará eficazmente los rendimientos de las cosechas,

si se realiza además una fertilización liberal.

Finalmente, se presentan en las gráficas 22/VI-1 y 23/VI-2 y además en las tablas 46-48/VI, las características químicas detalladas del perfil 13 del suelo *Guane*.

Descripción del perfil 13

Suelo *Guane*.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: Alomada, con una pendiente del 15 % en el lugar, altura 100 m s.n.m.m.

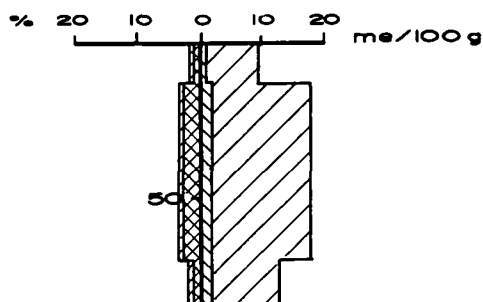
Hoja: 3382 I Guane, coord. 177.9-274.2.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

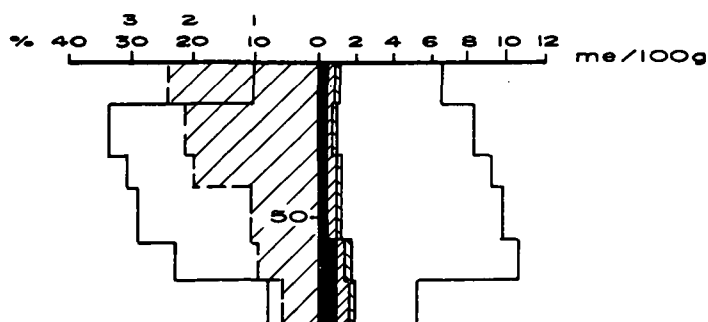
A_1 0-13 cm Arena fina, de color pardo amarillento pálido. Algo húmeda. Abundantes raí-

ces, veteado con cuarzo y fragmentos medianos de cuarzo. Reacción ácida.

GUANE 13



Gráfica 22/VI-1



Gráfica 23/VI-2

- A*₂ 13-30 cm Loam, de color amarillo rojizo, con fragmentos medianos de cuarzo en mayor cantidad que el anterior. Vetas de cuarzo. Menor cantidad de raíces, y más húmeda. Reacción muy ácida.
- B*₂ 57-70 cm Loam de color amarillo, moteado de color gris rojizo. Reacción muy ácida. Esquistos cuarcíticos.
- B*₁₁ 30-40 cm Loam de color amarillo más rojizo, manchado de color gris. La humedad
- moteado de gris y rojizo. Menos humedad. Algunas raíces. Algunos fragmentos de cuarzo. Reacción muy ácida.
- C* 70-85 cm Material esquistoso de roca descompuesta de color

Tabla 46|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez*		Carbonatos %	Higr. (<i>hy</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (<i>y</i> ₁)	Camb. (<i>y</i> ₂)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			me/100 g							
0-13	5,8	4,0	5,60	2,50	—	0,94	2,41	120	4	3
13-30	5,5	3,8	8,05	7,05	—	1,48	2,13	90	3	1
30-40	5,4	4,0	8,50	7,25	—	1,62	1,99			
40-57	5,7	3,8	9,55	9,31	—	1,87	1,12			
57-70	5,7	3,6	9,16	8,92	—	1,80	1,05			
70-85	5,8	4,5	3,60	2,60	—	0,60	0,62			

* No se ha determinado el aluminio cambiante.

Tabla 47|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				mg/100 g			
0-13	6,57	0,97	5,60	15	0,38	0,41	0,05	0,13
13-30	8,18	0,88	7,30	11	0,38	0,24	0,05	0,21
30-40	9,21	1,01	8,20	11	0,38	0,41	0,07	0,15
40-57	9,68	0,98	8,70	10	0,38	0,41	0,09	0,10
57-70	10,43	1,73	8,70	17	0,75	0,69	0,10	0,19
70-85	5,20	1,80	3,40	35	0,75	0,78	0,14	0,13

aumenta. Pequeños granos de cuarzo en menor cantidad que en el anterior. De reacción ácida.

verdusco, gris, amarillento. Reacción ácida. Vegetación natural: Perajejo, pajón, jata, esta última tiene mal crecimiento.

*B*₁₂ 40-57 cm Loam de color amarillo

Tabla 48/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha . Nivel	170 Muy bajo	95 Bajo	44 Muy bajo	77,5 Muy bajo	90 De bajo a mediano	67,5 Alto

Suelos SANTA BÁRBARA, NUEVA GERONA

Los perfiles investigados fueron tomados en la Isla de Pinos y aquí se pueden diferenciar, según C. WRIGHT, dos áreas principales. La primera ocupa la mayor parte de la porción noreste de la Isla. Los suelos son mayormente *Nueva Gerona* y sus asociados. La segunda es mucho más extensa y ocupa la mayor parte del sector sur y oeste. En esta última, los esquistos subyacentes contienen una mayor cantidad de sílice, generalmente micáceos y cuarcíticos. Los suelos pertenecen casi en su totalidad a la serie *Santa Bárbara* y sus asociados y se caracterizan por una acumulación superficial de grava de cuarzo.

«En el área de los suelos *Nueva Gerona* la capa meteorizada muestra señales evidentes de haber estado sometida a un fuerte intemperismo —evidencia C. WRIGHT— y únicamente los minerales más resistentes, como el cuarzo, aparecen en el perfil de los suelos. El caolín es la arcilla predominante en toda la capa meteorizada.» El perfil 55 nuestro del suelo *Nueva Gerona* es el tipo loam arenoso, fase gravillosa.

Las rocas que sustentan los suelos *Santa Bárbara* las afectó menos el proceso del intemperismo, por lo que unos suelos son menos profundos y marcadamente gravillosos y/o arenosos, hace constar el autor mencionado arriba. A pesar de esto «el material formador del suelo ha sufrido gran transformación y todos los minerales cristalinos, excepto el cuarzo, han desaparecido. La única excepción en gene-

ral es la presencia ocasional de algunas láminas finas o gruesas de mica». Los suelos *Santa Bárbara* contienen poca arcilla, probablemente caolinitica. Tomamos cuatro perfiles de este suelo que son el 49, el tipo arena fina; el 53 y el 50 la fase pedregosa y gravillosa respectivamente, del mismo tipo; y el 54, la fase gravillosa del tipo arena fina loamosa.

Discutiremos en detalle sólo el perfil 49 porque los demás son muy parecidos a éste y por su gravillosidad tienen poco valor productivo. La descripción de los perfiles correspondientes la ofrecemos al final.

La meteorización ha avanzado más en el perfil del suelo *Nueva Gerona* que en el *Santa Bárbara* y, por lo tanto, el primero mencionado contiene más aluminio y hierro móviles que el segundo (ver la *Tabla 49/VI*). En ambos, predomina el aluminio, lo que modificará algo las condiciones de la fijación de los fosfatos de modo no claramente conocido todavía.

En las tablas 50-51 y 62-63/VI figuran los índices químicos que caracterizan los dos perfiles en cuestión. Ambos son suelos marcadamente ácidos, que disminuyen su acidez hidrolítica (p_h) con la profundidad. En lo que se refiere a la diferencia en la textura, el suelo *Nueva Gerona* contiene más materia orgánica en su capa superficial. Por estar ambos suelos formados por materiales fuertemente intemperizados y los procedimientos del intemperismo dirigidos hacia la formación de arcillas caoliniticas, la capacidad del intercambio de bases (valor de T) es bajo. En el complejo adsorbente predomina, en ambos, el magnesio cambiante,

lo que parece estar en contradicción con las observaciones de C. WRIGHT, que opina que el lavado había operado en los suelos *Santa Bárbara* y las bases de cambio debían ser escasas (esto es correcto todavía), con «...un probable imbalance entre el magnesio (muy bajo) y el potasio (de moderado a alto), de modo que las plantas, como los cítricos y el tomate, muy susceptibles a este desequilibrio deben presentar síntomas de *deficiencia en magnesio*». Continúa así: «No existe un proceso similar operando en los suelos Nueva Gerona... Sin embargo, presen-

la excepción de algunos casos raros, sirven sólo para pastos.

Los tipos que no contengan mucha grava o piedras en abundancia en su superficie y tampoco, como mínimo, hasta 60/80 cm de profundidad en el perfil, a pesar de su baja fertilidad, sirven para varios cultivos, y los rendimientos de las cosechas se pueden aumentar con abono apropiado.

Según C. WRIGHT, los suelos *Santa Bárbara* —para mejorar su productividad— requieren regularmente (tres veces al año en la estación lluviosa) una aplicación de

Tabla 49/VI
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Sección, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>Sta. Bárbara,</i>				
<i>Perfil 49</i>				
0- 28	11,39	0,51	1,05	0,05
28- 46	1,95	0,51	0,10	0,03
46- 74	1,44	0,24	0,06	0,01
74-155	1,95	0,24	0,08	0,01
<i>Nueva Gerona,</i>				
<i>Perfil 55</i>				
0- 20	20,53	8,65	0,92	0,39
20- 41	9,55	1,83	0,33	0,06
41- 73	4,06	1,44	0,16	0,06
73-150	4,57	4,95	0,13	0,14

tan... evidencia de un contenido *mucho más elevado de magnesio* y hierro móvil activo; también probablemente son deficientes en fósforo asimilable.» Nosotros determinamos en la capa arable de ambos suelos casi la misma cantidad (igual a 1,5 m/100 g de suelo) de magnesio asimilable. Entonces, el problema de la deficiencia de magnesio en suelos arenosos existe, pero los motivos de esta falta no son todavía claros.

Las fases pedregosa y gravillosa de los suelos *Santa Bárbara* y *Nueva Gerona* tienen muy poco o ningún valor productivo; con

abonos cargados en nitrógeno y fósforo. Los *Nueva Gerona* requieren menos abonados, principalmente fósforo, con algún nitrógeno y potasio. Puede resultar conveniente, en ambos suelos, una encaladura moderada.

El régimen de la materia orgánica parece —según las observaciones del autor ya citado— en ambos suelos, comparativamente poco activo y se deduce la conclusión de que era fundamental e importante incorporar materia orgánica adicionalmente a ambos suelos, no sólo para conseguir un tipo de ciclo orgánico más

eficiente, sino también, para aumentar la capacidad de retención de humedad, especialmente en los suelos *Santa Bárbara*. Finalmente sigue la descripción de

los perfiles investigados, las gráficas 24-28/VI-2 y las tablas 50-64/VI, para facilitar el estudio detallado de los suelos anteriormente discutidos.

Descripción del perfil 49

Suelo *Santa Bárbara*.

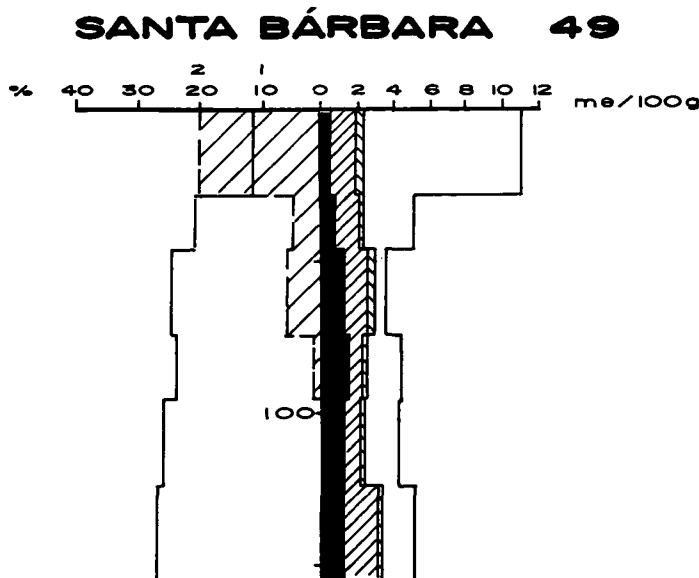
Textura: Arena fina loamosa.

Topografía: Suavemente alomada, altura 50 m s.n.m.m.

Hoja: 3681 III Sigüenza, coord. 302.450-210.300.

Situación: Isla de Pinos.

<p>A_1 0- 28 cm</p> <p>A_2 28- 46 cm</p> <p>B_{11} 46- 74 cm</p>	<p>Arena fina de color pardo grisáceo, con buen desarrollo del sistema radicular. De reacción ácida.</p> <p>Arena fina loamosa de color gris, más claro que el anterior. Es la capa de transición a la inferior con límites difusos. De reacción ácida.</p> <p>Arena fina loamosa con moteaduras pardas, ro-</p>	<p>B_{12} 74- 95 cm</p> <p>B_{21} 95-124 cm</p>	<p>jizas y pequeñas, escasas concreciones de hierro. De reacción ácida.</p> <p>El mismo material que el anterior. De reacción ácida. Con poca grava, con menos de 5 mm de diámetro.</p> <p>La continuación del horizonte anterior. En su parte inferior las moteaduras rojas de hierro se tornan más grandes.</p>
---	--	---	---



En algunos lugares aparecen concreciones de hierro, y son más frecuentes en la parte inferior. De reacción ácida.

cen decoloraciones gris pálido, blanquecinas. En la parte inferior del horizonte desaparecen las concreciones de hie-

Tabla 50|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 28	6,3	5,6	3,33	0,10	—	1,22	1,99	100	3	0,8
28- 46	6,6	5,9	1,48	—	—	1,18	0,43			
46- 74	6,8	6,1	1,09	—	—	1,03	0,57			
74- 95	6,5	5,2	1,49	—	—	1,01	0,15			
95-124	6,4	5,1	2,24	1,38	—	1,01	—			
124-155	6,2	5,1	2,90	2,57	—	1,17	—			

Tabla 51|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 28	11,0	2,15	8,85	20	0,50	1,44	0,17	0,04
28- 46	5,0	2,18	2,82	44	0,63	1,50	0,03	0,02
46- 74	3,50	2,85	0,65	81	1,25	1,28	0,24	0,08
74- 95	4,20	2,25	1,95	54	1,38	0,76	0,08	0,03
95-124	4,10	2,13	1,87	52	1,12	0,94	0,06	0,01
124-155	5,0	2,95	2,05	59	1,12	1,78	0,04	0,01

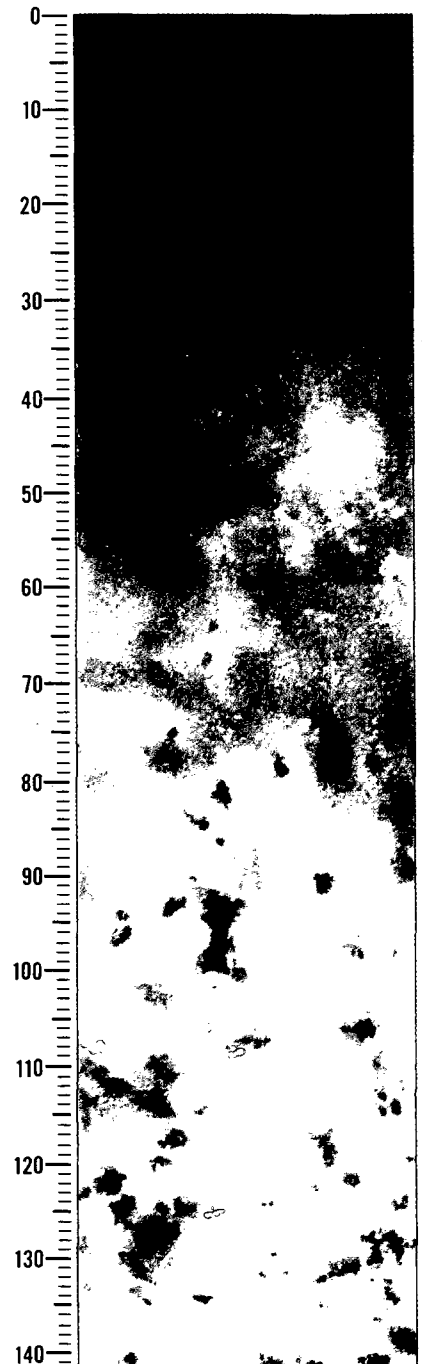
Tabla 52|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	225 Muy bajo	395 Alto	150 Bajo	20,5 Muy bajo	67,5 Bajo	18 Bajo

B₂₂ 124-155 cm Loam arenoso de coloraciones variadas con manchas ligeramente firmes, a veces. Apare-

ro. Con poca grava con menos de 5 mm de diámetro. De reacción ácida.

PERFIL No. 49



ARENA FINA LOAMOSA
Santa Bárbara

Descripción del perfil 53

Suelo *Santa Bárbara*, fase gravillosa.

Textura: Arena fina.

Topografía: Llana a suavemente alomada, altura 10 m s.n.m.m.

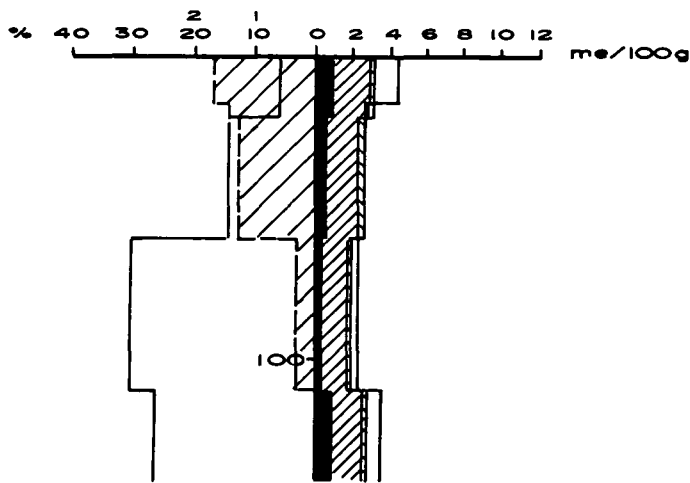
Hoja: 3681 III Sigüanea, coord. 245.00-211.250.

Situación: Isla de Pinos.

A_1 0- 15 cm Arena fina gravillosa de color gris pardusco. Se encuentran concreciones. De reacción moderadamente ácida.

A_2 15- 20 cm Capa de transición, arena

SANTA BÁRBARA 53



Gráfica 25/VI-2

Tabla 53/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (<i>h_y</i>) %	Materia org. (<i>M. O.</i>) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			mg/100 g							
0- 15	6,5	6,0	2,24	0,15	—	0,79	1,72	85	2	0,5
15- 20	6,7	6,0	1,0	—	—	0,39	1,43	65	2	0,3
20- 60	6,7	6,1	0,76	—	—	0,46	1,29			
60-110	6,6	6,1	0,53	—	—	0,85	0,65			
110-140	6,3	5,3	1,66	—	—	0,85	—			

Tabla 54/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 15	4,30	2,87	1,43	67	0,88	1,84	0,10	0,05
15- 20	2,90	2,56	0,34	88	0,88	1,64	0,03	0,01
20- 60	2,50	2,15	0,35	86	0,38	1,76	—	0,01
60-110	2,0	1,67	0,33	83	0,08	1,56	—	0,03
110-140	3,4	2,56	0,84	75	0,63	1,90	—	0,03

fina de color amarillento. Aparecen muchas piedras, la cantidad de grava aumenta también. De reacción moderadamente ácida.

B₁ 20- 60 cm Arena fina arcillosa, de color amarillo debido a la presencia de hierro móvil; abundan las concreciones. Hay piedras de distintos tamaños y grava también. De reacción moderadamente ácida.

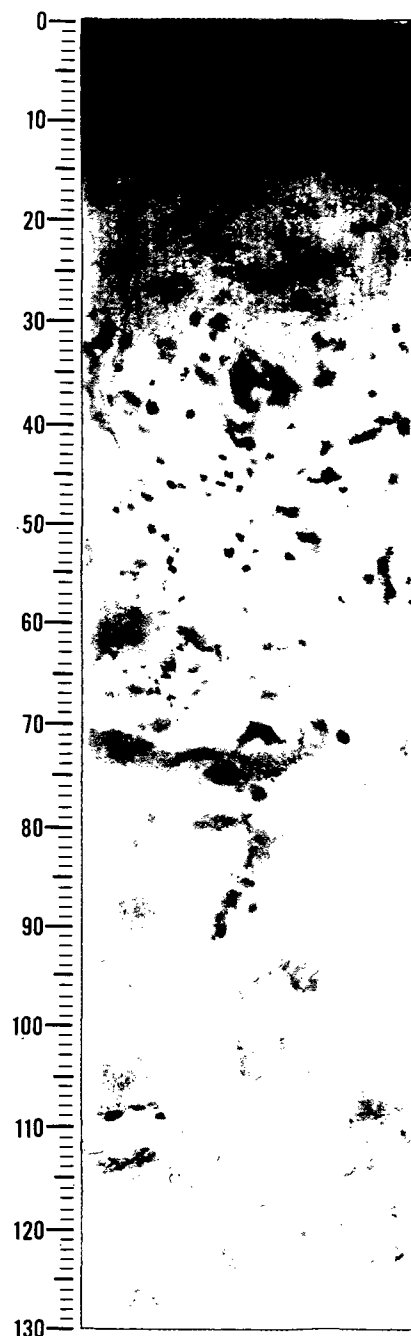
B₂ 60-140 cm Loam arenoarcilloso de color amarillo rojizo, con frecuentes moteaduras rojas de hierro y en algunos

lugares de coloraciones blanquecinas, pálidas. El material de las moteaduras rojas es algo plástico cuando húmedo y de consistencia dura al secarse. Hasta 110 cm de profundidad aparecen algunas piedras y gravas de diferente tamaño. Debajo de esta profundidad aparecen concreciones de color blanco, y cristales de mica en forma laminar de color rosáceo y blanquecino, amarillo pálido. Las raíces de las plantas penetran hasta 85 cm de profundidad.

Tabla 55/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	395	500	90	25,5	45	11
Nivel	Muy bajo	Alto	Muy bajo	Muy bajo	De muy bajo a bajo	Bajo

PERFIL No. 53



ARENA FINA Santa Bárbara, FASE GRAVILLOSA

Descripción del perfil 50

Suelo *Santa Bárbara*, fase gravillosa.
 Textura: Arena fina loamosa.
 Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.
 Hoja: 3681 III Siguonea, coord. 318.800-203.350.
 Situación: Isla de Pinos.

A 0- 28 cm Arena fina de color pardo grisáceo con poca gravilla y grava. Se observa buen desarrollo del sistema radicular de la vegetación herbácea. De reacción ácida.

C 78-145 cm Loam arenoso moteado de hierro color rojo. Se torna, desde los 90 cm, a loam

nas piedras de diferentes tamaños. Escasas raíces. De reacción moderadamente ácida.

Tabla 56|VI
 ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hv) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 28	6,3	5,4	3,76	0,12	—	0,90	2,29	115	3	0,5
28- 50	6,8	6,3	2,47	0,05	—	0,37	0,29			
50- 78	6,8	6,4	1,67	—	—	0,52	0,29			
78- 95	6,7	6,2	0,85	—	—	0,76	—			
95-120	6,5	6,0	1,0	—	—	1,13	—			
120-145	6,5	6,1	1,09	—	—	1,31	—			

Tabla 57|VI
 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 28	5,0	2,37	2,63	47	0,88	1,24	0,21	0,03
28- 50	2,80	2,36	0,44	84	0,88	1,44	0,01	0,03
50- 78	3,0	2,59	0,41	86	1,0	1,52	—	0,07
78- 95	3,30	2,75	0,55	85	1,12	1,58	—	0,05
95-120	4,0	2,96	1,04	74	1,37	1,52	—	0,07
120-145	5,50	3,55	1,95	65	1,75	1,72	—	0,08

B 28- 78 cm Arena fina de color pardusco claro amarillo. Con abundante gravilla y algu-

arenoarcilloso. No contiene concreciones hasta la profundidad examinada.

Aparecen gravas y piedras de distintos tamaños. De reacción moderadamente ácida.

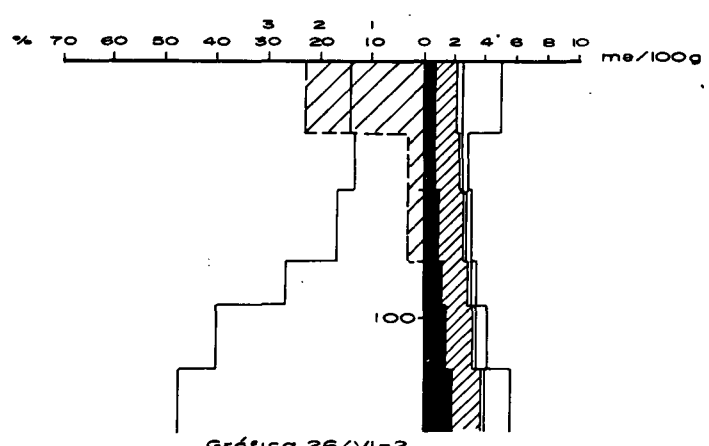
Área al lado de un viejo naranjo con vegetación herbácea espontánea. Se ven restos de árboles muertos.

Tabla 58/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

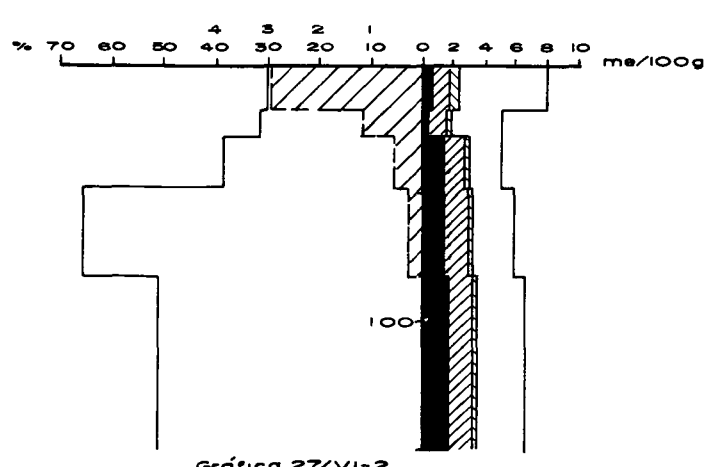
Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	395	340	185	15,5	67,5	11
Nivel	Muy bajo	Alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo

SANTA BÁRBARA 50



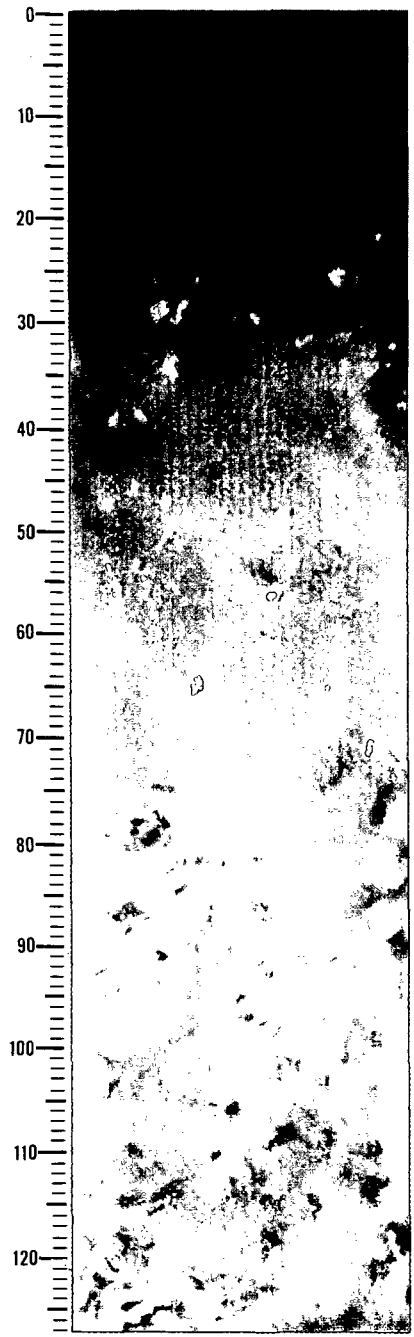
Gráfica 26/VI-2

SANTA BÁRBARA 54



Gráfica 27/VI-2

PERFIL No. 50



ARENA FINA LOAMOSA
Santa Bárbara, FASE
GRAVILLOSA

Descripción del perfil 54

Suelo *Santa Bárbara*, fase gravillosa fina.

Textura: Arena fina a loam arenoso.

Topografía: Llana a suavemente alomada, altura 10 m s.n.m.m.

Hoja: 3681 III Siguonea, coord. 297.100-207.450.

Situación: Isla de Pinos.

*A*₁ 0- 17 cm Arena fina loamosa con abundante grava y gravilla de color gris oscuro. Buen desarrollo radicular de la vegetación herbácea. De reacción ácida.

*A*₂ 17- 27 cm El mismo material de color gris más claro, con mucha grava y gravilla, que forma aquí una capa suelta a la cual pueden penetrar las raíces de árboles. No se observan raíces

de hierbas. Aparecen algunas concreciones de color pardusco también. De reacción ácida. Transición gradual al horizonte inferior.

*B*₁ 27- 47 cm Loam arenoso de color pardusco amarillo. Disminuye la cantidad de gravilla, escasa grava y piedra. En la parte fina aparecen moteaduras de hierro de color rojo y con-

Tabla 59/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 17	6,5	5,7	4,33	0,11	—	1,62	3,01	150	5	0,8
17- 27	6,7	5,8	2,66	0,18	—	0,95	1,14			
27- 47	6,7	5,2	2,47	1,38	—	1,32	0,57			
47- 82	6,5	5,1	3,19	2,57	—	1,77	0,29			
82-150	6,3	5,1	3,21	2,09	—	1,38	—			

Tabla 60/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 17	8,0	2,29	5,71	29	0,63	1,20	0,45	0,01
17- 27	5,0	1,89	3,11	38	0,38	1,32	0,17	0,02
27- 47	5,0	2,99	2,01	60	1,25	1,52	0,14	0,08
47- 82	5,80	3,08	2,72	53	1,25	1,64	0,12	0,07
82-150	6,50	3,20	3,30	49	1,38	1,64	0,13	0,05

creciones sueltas, grasientas al tacto, en algunos lugares de dura consistencia cuando secas. Laminitas de mica frecuentes. De reacción ácida.

C 82-150 *cm* El mismo material que el anterior. En algunos lugares moteado de blanco gri-

menos frecuentes que en el horizonte anterior. De reacción ácida.

Tabla 61/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	285	330	395	5	112,5	18
Nivel	Muy bajo	Alto	Alto	Muy bajo	Mediano	Bajo

B₂ 47- 82 *cm* El mismo material que el anterior, pero aumenta la cantidad de moteaduras y concreciones de hierro. Las laminillas de mica son

sáceo. Se encuentran láminas de mica bien desarrolladas (hasta 0,5 *cm* de espesor y 5 *cm* de diámetro).

Descripción del perfil 55

Suelo Nueva Gerona, fase gravillosa.

Textura: Loam arenoso.

Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3681 II Nueva Gerona, coord. 311.200-323.800.

Situación: Isla de Pinos.

A₁ 0- 20 *cm* Loam arenoso fino con grava ferruginosa gruesa, mediana y fina, pardo (rojizo) oscuro (superior a 30 %). El color de la parte fina (< 1 *mm* de diámetro) es pardo grisáceo, con buen desarrollo radicular de la vegetación. De reacción ácida. Límites poco definidos.

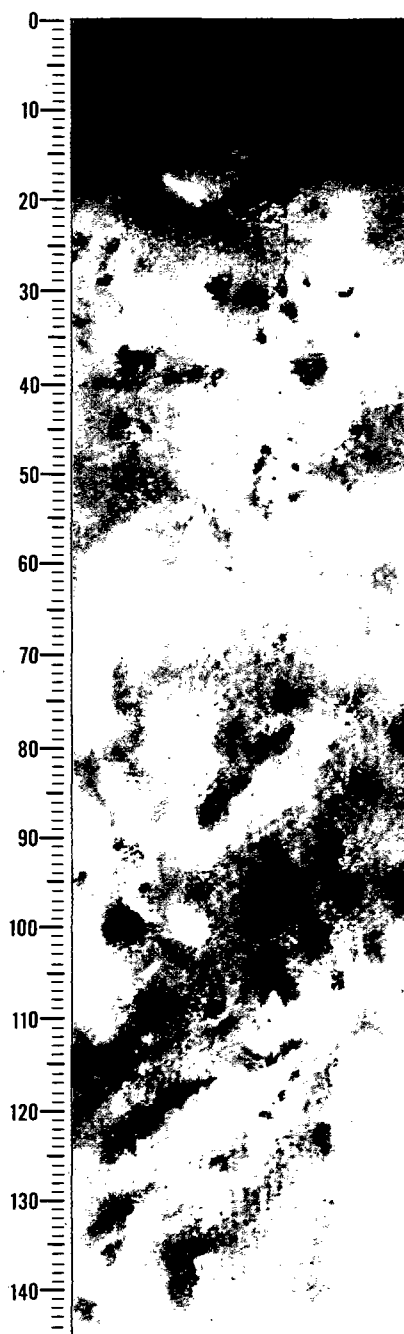
ácida. Se observa menor cantidad de raíces.

B₁ 41- 73 *cm* Loam arcilloso, graviloso, de color rojizo, amarillo, con igual cantidad de concreciones duras de color rojizo. Con frecuencia se encuentran conglomerados de las concreciones, de diámetro variable. De reacción ácida.

A₂ 20- 41 *cm* El mismo material de viso amarillento, con mayor abundancia de grava de distintos tamaños (más que 70 %). Límites graduales. De reacción

B₂ 73-120 *cm* Material arcilloso de color rojo, gris y amarillo (moteado) en este horizonte, donde se observan

PERFIL No. 54

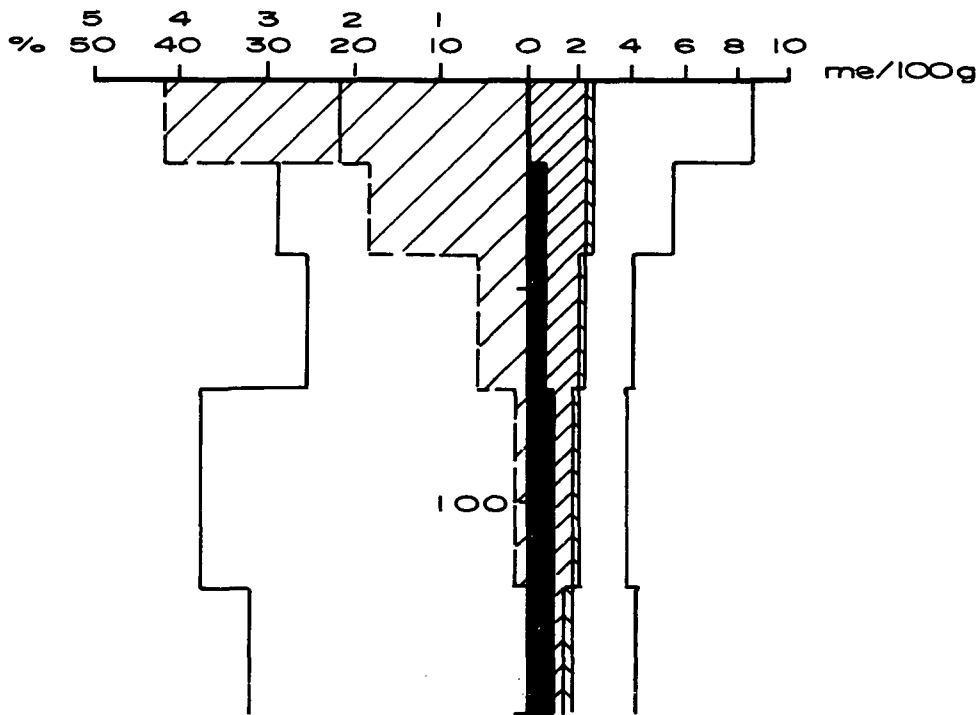


ARENA FINA Santa Bárbara, FASE GRAVILLOSA FINA

con mayor frecuencia y mayores tamaños los conglomerados de grava y concreciones que en los horizontes superiores. En algunos lugares se observa arcilla plástica.

C 120-150 cm Material arcilloso mezclado con roca semidescompuesta, untuosa al tacto, de color rojo y amarillo en moteaduras. De reacción ácida.
Uso actual: Potrero.

NUEVA GERONA 55



Gráfica 28/VI-2

Tabla 62/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0-20	6,0	5,2	8,75	0,57	—	1,80	4,16	208	6	0,6
20-41	6,3	5,4	3,47	0,25	—	1,78	1,86			
41-73	6,4	5,4	1,90	—	—	1,12	0,57			
73-120	6,4	5,2	1,38	—	—	1,66	0,15			
120-150	6,5	5,2	2,52	0,36	—	1,17	—			

Tabla 63|VI

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 20	8,50	2,23	6,27	26	—	2,12	0,04	0,07
20- 41	5,50	2,29	3,21	42	0,63	1,54	0,08	0,04
41- 73	4,0	1,99	2,01	50	0,63	1,22	0,11	0,03
73-120	3,80	1,89	1,91	50	0,88	0,88	0,11	0,02
120-150	4,20	1,72	2,48	41	0,88	0,48	0,34	0,02

Tabla 64|VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	—	580	35	36	135	13,5
Nivel	—	Muy alto	Muy bajo	Muy bajo	Mediano	Bajo

c) Suelos de las sabanas

Las sabanas, áreas de terrenos que presentan características peculiares y comunes, visiblemente diferenciadas de las zonas agrícolas, en la más occidental de las provincias, la de Pinar del Río, tienen relativamente gran extensión. También son extensas en otras provincias. Las asociaciones de suelos que ocurren en estas áreas comprenden, en su mayor parte, arenas, suelos arenosos y loams, parcialmente pobres en elementos nutrientes y con algunos inconvenientes en cuanto a sus propiedades físicas (sustentados por material arcilloso muy compactado, capas o bloques endurecidos de material ferruginoso, llamado mocarrero, etc.). Son, en general, suelos secantes.

Algunos de los suelos típicamente sabanosos los discutimos ya en los párrafos anteriores de este capítulo.

Suelo MOCARRERO

Es un representante típico de aquellos suelos que incluyen capas de roca de hie-

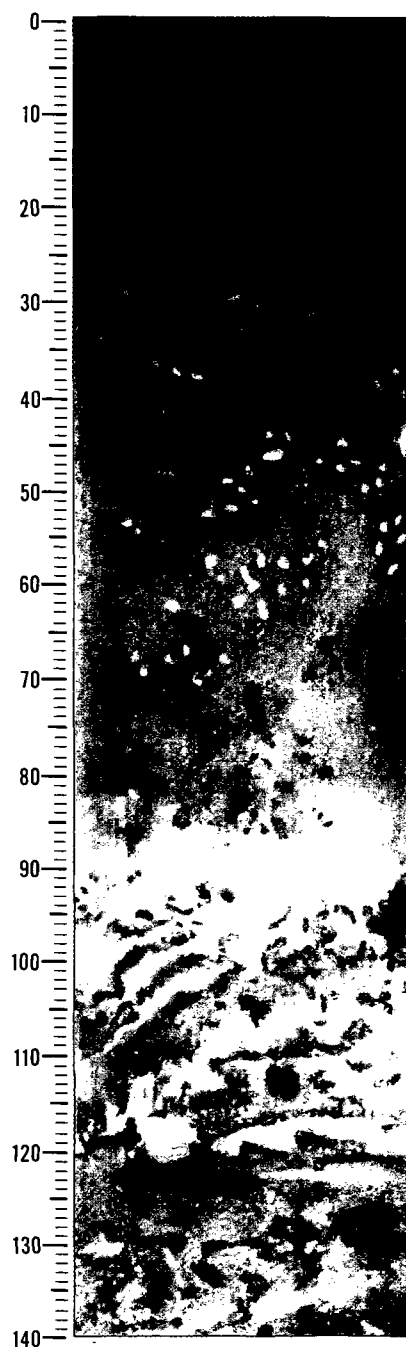
rro o «hardpan», formación típicamente tropical y subtropical, a diferentes profundidades.

Mientras que en los suelos arenosos sustentados por material residual de esquistos silíceos, de los sesquióxidos móviles predomina el aluminio, en los suelos sabanosos y, por tanto, en el suelo *Mocarrero* también, predomina el hierro móvil. (Ver la Tabla 65|VI.)

Es un suelo moderadamente ácido, en su horizonte A y su acidez aumenta algo todavía hacia la profundidad. El contenido de materia orgánica es mediano y el valor de T relativamente bajo en el horizonte A, señalado y aumenta con la profundidad en el perfil. Más de la mitad de la suma de los cationes cambiables lo constituye el calcio y el sodio está representado por 30 % del valor de S. En el horizonte A no hay magnesio cambiante, por lo que el *Mocarrero* es de todos los perfiles discutidos en este capítulo el único suelo deficiente en este elemento.

La parte arcillosa contiene una mezcla de caolinita más illita y, probablemente,

PERFIL No. 55



LOAM ARENOSO Nueva Gerona

Tabla 65/VI
CONTENIDO DE ALUMINIO Y HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
A 0- 44	7,94	16,80	0,72	1,53
B ₁ 44- 77	6,89	20,10	0,29	0,83
B ₂ 77-125	9,56	14,80	0,19	0,29

algo de montmorillonita también en el horizonte A.

Es un suelo de baja fertilidad natural, y por lo tanto necesita fertilización liberal para aumentar su productividad. Si se dispone de agua de riego a bajo costo la época de la sequía será, según la opi-

nión de unos agricultores, la mejor para su utilización agrícola.

A continuación se presenta la descripción detallada del perfil investigado así como las gráficas 29/VI-1 y 30/VI-2 y las tablas 66-68/VI, referentes al perfil 31, del suelo *Mocarrero*.

Descripción del perfil 31

Suelo *Mocarrero*.

Textura: Arena a loam arenoso.

Topografía: Llana a suavemente ondulada, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3684 III Artemisa, coord. 308.5-323.1.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

A 0- 28 cm Arena fina de color pardo grisácea con muchas raíces. Húmeda. Reacción muy ácida.

B₁ 28- 44 cm Arena de color gris oscuro pardusco. Conglomerados grandes de tamaño 5-8 cm

(50 %) y más pequeñas (20 %). Minerales de hierro pardo.

Reacción muy ácida. Húmeda. Muchas raíces.

B₂ 44- 77 cm Loam arenoso de color amarillo, moteado de

Tabla 66/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

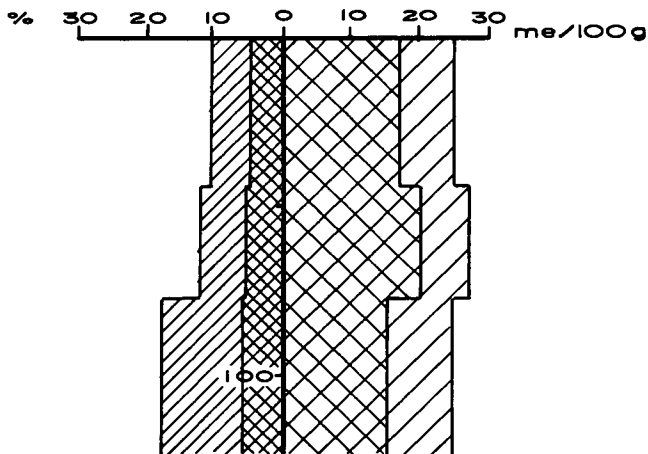
Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (h _y) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	CIK	Hidr. (γ ₁)	Cambiable					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(γ ₂)	(Al)						
me/100 g								mg/100 g			
0- 28	6,3	5,5	2,40	0,09	0,07	—	1,29	2,50	125	3	2
28- 44	6,3	5,2	4,04	3,62	2,80	—	1,10	0,78			
44- 77	6,3	5,2	4,98	4,06	3,62	—	1,75	0,35			
77-125	6,5	5,0	5,47	5,03	4,44	—	3,98	0,14			

amarillo rojizo hasta rojo. Abundantes mocarreros. Y conglomerados. Reacción muy ácida. Húmeda. Algo pegajosa.

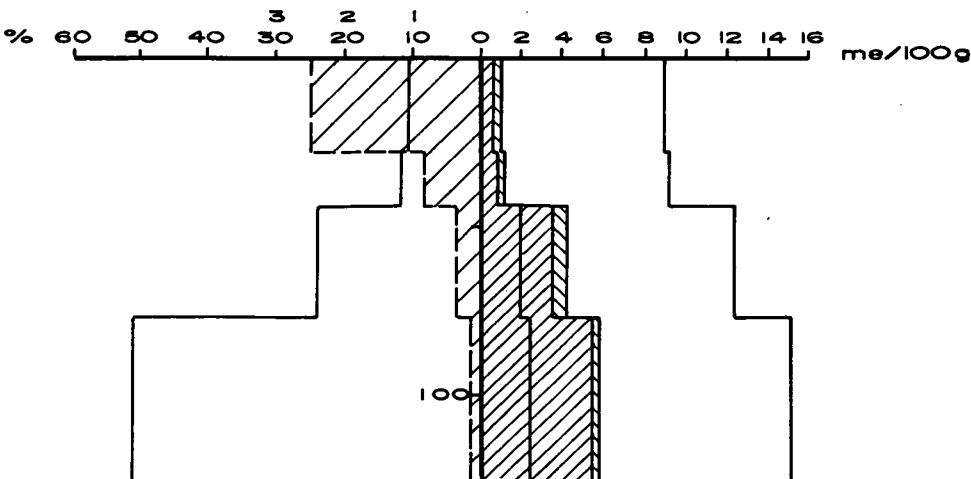
C 77-125 cm Un material con abundantes minerales de hierro. Moteado de color

gris, rojizo a amarillento, azulado. Reacción muy ácida. Pegajosa. Muchas concreciones negras de hierro. Vegetación nativa: Palma cana, marabú. Vegetación asociada: Pangola en estado regular.

MOCARRERO 31

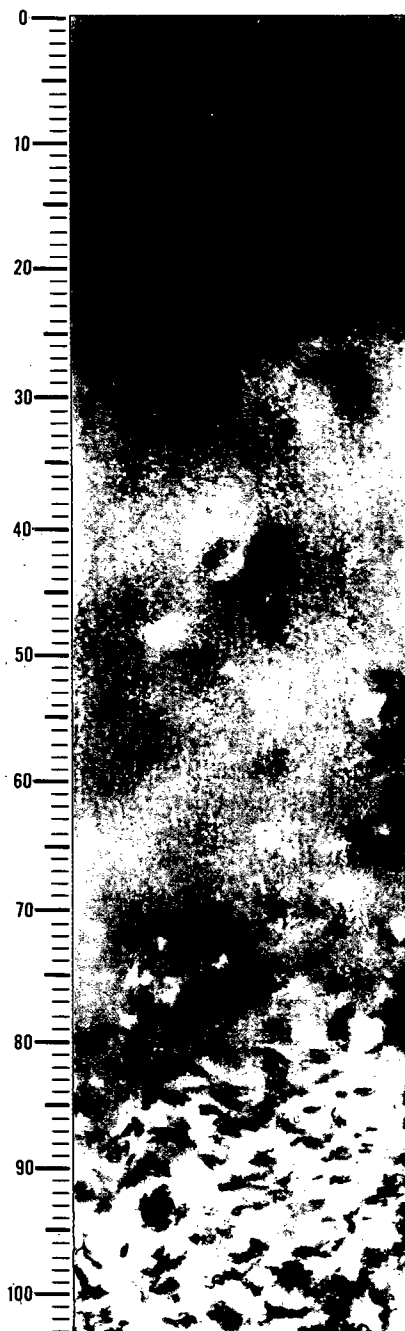


Gráfica 29/VI-1



Gráfica 30/VI-2

PERFIL No. 31



ARENA Mocarrero

Tabla 67/VI

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 28	8,93	1,08	7,85	12	0,62	—	0,05	0,41
28- 44	9,06	1,19	7,87	13	0,87	—	0,02	0,30
44- 77	12,24	4,14	8,10	34	1,87	1,62	0,11	0,54
77-125	15,01	5,66	9,35	38	2,25	3,08	0,01	0,32

Tabla 68/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	280	—	44	210	67,5	45
Nivel	Muy bajo	—	Muy bajo	Bajo	Bajo	Alto

Suelo HATUEY

Este «curioso suelo» —así lo caracteriza H. H. BENNETT (pág. 54)— ocurre en áreas de sabanas más bajas y llanas. El loam es el tipo más importante. El perfil 23 nuestro fue tomado en la provincia de la Habana; es una arcilla loamosa no muy típica para la serie.

Se presentan los datos del análisis de la parte arcillosa del suelo en la tabla 69/VI.

Tabla 69/VI

ANÁLISIS ELEMENTAL DE LA PARTE ARCILLOSA DEL SUELO HATUEY

Horizonte	A ₁	A ₂	B ₁₋₂	BC
SiO ₂	36,11	39,52	40,64	40,40
Al ₂ O ₃	11,61	15,50	12,56	12,36
Fe ₂ O ₃	9,47	9,64	11,20	13,98
P.p.i.	17,65	15,61	13,10	12,20
SiO ₂ /R ₂ O ₃	3,47	3,42	3,52	3,23
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	5,27	4,57	5,53	5,56
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	11,01	10,94	9,74	7,71

El suelo *Hatuey* contiene demasiadas cantidades de aluminio y de hierro mó-

viles desde su superficie, a través de todo el perfil; predomina el hierro. Esta abundancia en los sesquióxidos está aparentemente relacionada con los muchos perdigones que es típico para el suelo *Hatuey*. La cantidad de los sesquióxidos móviles disminuye un poco con la profundidad (ver la *Tabla 70/VI*).

Es un suelo moderadamente ácido en los horizontes *A* y *B*₁ y fuertemente ácido en los horizontes más bajos, y la proporción de la acidez cambiante (la cual se debe sólo al aluminio en forma iónica presente en la solución del suelo) aumenta marcadamente hacia la profundidad. El contenido de materia orgánica es bajo y el valor de *T* mediano. La mayor parte de los cationes intercambiables la constituyen los iones de calcio, y la porción del magnesio cambiante es también algo elevada. La parte arcillosa de este suelo contiene por igual miembros del grupo de las illitas y de los montmorillonoides y en el horizonte *B*₂ probablemente del caolín también.

Los suelos *Hatuey* son de poca a mediana fertilidad. La disponibilidad de los macronutrientes para las plantas es, en el

perfil 23 nuestro, bajo y carece por completo del fósforo asimilable. Requiere el empleo de fertilizantes, en primer lugar de los fosfatados, para lograr mejores rendimientos.

En este suelo solamente se dan bien cultivos que se adapten a su marcada acidez y toleren la presencia de aluminio en la solución del subsuelo.

Donde resulte económico sería aconsejable realizar un encalado incorporando cantidad de material calcáreo en forma moderada al suelo y elevada al subsuelo.

Al final se presentan las gráficas 31/VI-1 y 32/VI-2, además las tablas 71-73/VI se adjuntan para completar la descripción detallada del perfil investigado.

Tabla. 70/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 60	29,08	32,23	0,57	0,63
60- 95	18,59	23,42	0,27	0,34
95-170	19,34	22,96	0,30	0,36

Descripción del perfil 23

Suelo *Hatuey*.

Textura: Arcilla loamosa.

Topografía: Llana a suavemente ondulada, altura 30 m s.n.m.m.

Hoja: 3785 II Jaruco, coord. 325.0-302.0.

Situación: Provincia de La Habana.

A 0- 20 cm. Arcilla loamosa parda oscura, friable. Con algunos perdigones negros. Medianamente húmeda. Buen desarrollo radicular. Reacción ácida.

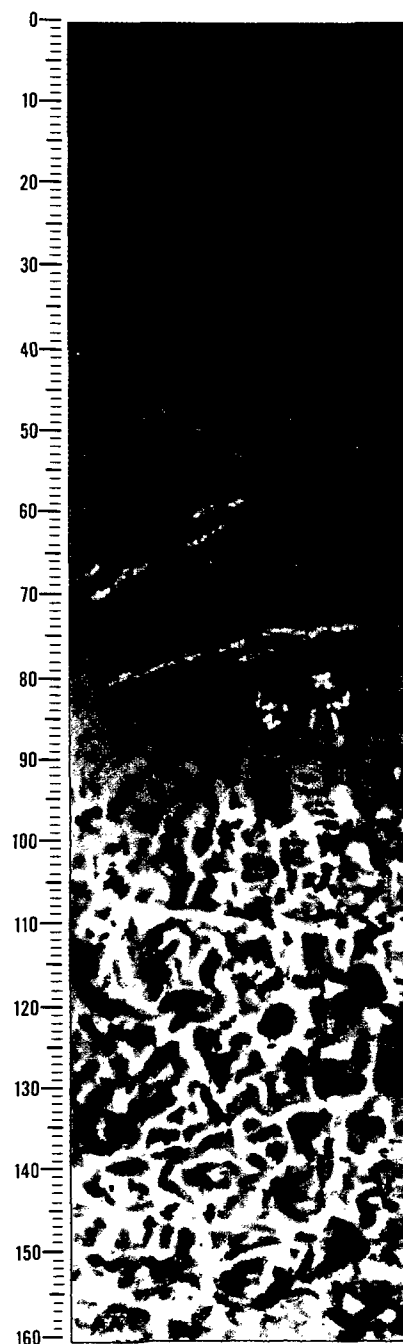
B₁₁ 20- 40 cm Arcilla loamosa de color pardo amarillento con un viso rojizo. Estructura poliédrica. Manchas rojas. Abundantes perdigones negros angulares y redondos. Medianamente húmedo. Algunas raíces. Reacción ácida.

B₁₂ 40- 60 cm Arcilla loamosa de color amarillenta. Estructura poliédrica. Moteadura rojo ladrillo. Abundantes concreciones y perdigones blandos oscuros. Reacción ácida.

B₂₁ 60- 95 cm Arcilla moteada: rojo, amarillo, gris. Veteado de gris amarillento. Algunas concreciones de hierro. Húmedo. Algunas raíces. Reacción ácida.

B₂₂ 95-120 cm Arcilla moteada de color rojo, gris, amarillo.

PERFIL No. 23



LOAM ARCILLOSO *Hatuey*

Pegajoso cuando está húmedo. Abundantes concreciones de hierro blandas. Húmedo. Veteado de gris azulado. Reacción ácida.

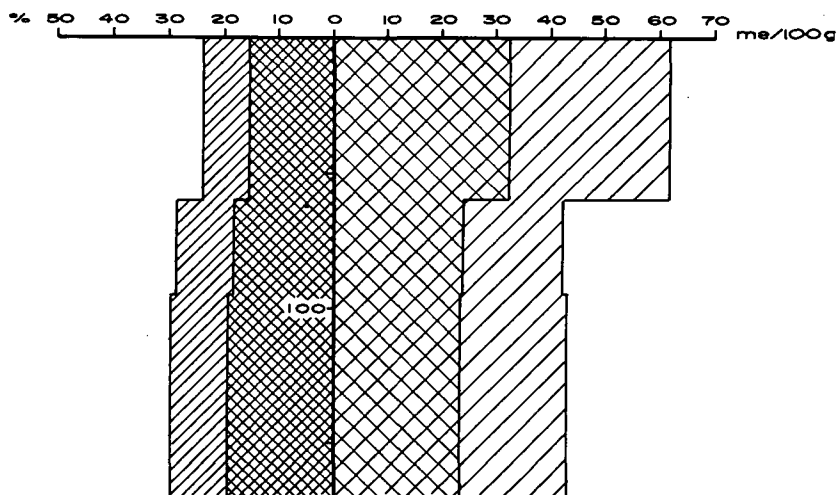
BC 120-170 cm Arcilla moteada de gris azulado rojo y amarillo. Pegajoso. Abundantes

concreciones de hierro blandas oscuras.

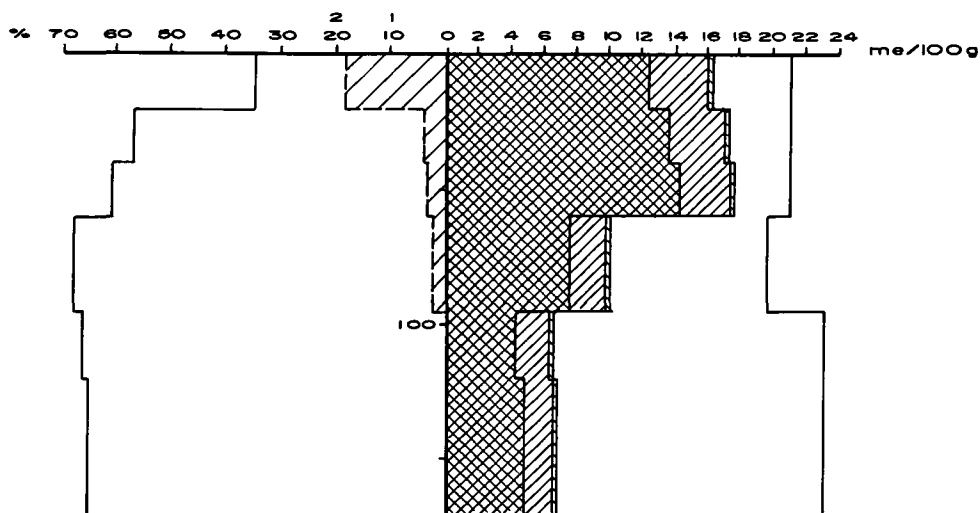
La capa de 40-60 cm es una capa de acumulación de las concreciones de hierro.

Vegetación natural: Palma real, algarrobo, mango, aguacate.

HATUEY 23



Gráfica 31/VI-1



Gráfica 32/VI-2

Tabla 71/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiante					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
mg/100 g											
0- 20	6,3	5,5	2,0	0,06	0,06	—	6,27	1,84	90	3	
20- 40	6,3	5,5	1,45	0,05	0,05	—	6,72	0,40			
40- 60	6,3	5,3	1,27	0,02	—	—	7,88	0,33			
60- 95	5,8	4,5	3,72	1,25	1,25	—	8,05	0,24			
95-120	5,4	4,0	6,66	5,58	5,13	—	8,81	—			
120-170	5,1	4,0	8,10	7,28	7,0	—	9,41	—			

Tabla 72/VI

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	mg/100 g				mg/100 g			
0- 20	20,92	16,42	14,50	79	12,52	3,57	0,21	0,12
20- 40	20,92	17,48	3,44	84	13,67	3,53	0,14	0,14
40- 60	20,92	17,72	3,20	84	14,30	3,14	0,14	0,14
60- 95	19,74	9,94	9,60	50	7,55	2,11	0,12	0,16
95-120	22,90	6,50	16,40	28	4,17	2,01	0,12	0,20
120-170	22,92	6,72	16,20	29	4,55	1,84	0,10	0,23

Tabla 73/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	4950	850	160	55	60	—
Nivel	Mediano	Alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	

Suelo ESTRELLA

Se ha formado este suelo, según H. H. BENNETT, de materiales transportados por el agua y han experimentado desde su depósito alguna lixiviación, a lo que se debe su marcada acidez en la capa superficial. A pesar de que la acidez disminuye con la profundidad, se encuentran

perdigones en abundancia a través de todo el perfil. Por debajo del horizonte C hay material altamente calcáreo hasta el cual no hemos llegado.

Se presentan en la tabla 74/VI. los datos que se refieren al contenido de aluminio y de hierro móviles en el perfil.

La mayor cantidad de hierro móvil se encuentra en los mismos subhorizontes

del horizonte *B* en los cuales es mayor la abundancia de perdigones. El contenido del aluminio móvil aparentemente no tiene estrecha relación con la distribución de los perdigones en el perfil.

Los índices químicos que caracterizan los horizontes (más precisamente, la tierra fina) se hallan en las tablas 75 y 76/VI respectivamente.

El suelo *Estrella* es también moderadamente ácido, pero por diferencia con el

pero el contenido del magnesio cambiabile es también relativamente alto. El suelo *Estrella* contiene muy poco potasio y sodio cambiabile, y este último aumenta algo con la profundidad.

Se supone que la mayor parte de la fracción arcilla la forman una mezcla de las illitas y montmorillonitas con el predominio de estas últimas.

La disponibilidad de los macronutrientes para las plantas es mediana y no

Tabla 74/VI
CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
<i>A</i> 0- 18	10,20	12,73	0,19	0,24
<i>AB</i> 18- 35	10,75	11,80	0,21	0,23
<i>B_{1,2}</i> 35- 74	8,65	15,70	0,16	0,30
<i>B₃</i> 74-158	7,56	12,80	0,11	0,18
<i>G</i> 158-174	7,85	10,45	0,13	0,17

suelo *Hatuey*, casi no contiene aluminio en solución; tampoco aumenta la acidez con la profundidad, sino disminuye. Por supuesto, se debe este carácter de la acidez al tipo de la arcilla, la cual compone la parte arcillosa del suelo en cuestión. Está estrechamente relacionado con esto el alto valor de *T* en el perfil.

Las dos terceras partes del complejo adsorbente (*S*) está saturada por calcio,

balanceada en relación con algunos elementos nutrientes. Hace falta por completo el fósforo asimilable. Necesita un encalado adecuado, fertilizantes y regadío.

Al final se presenta la descripción detallada del perfil investigado.

La gráfica 33/VI-2 y los datos que figuran en las tablas 75-77/VI, completan las evaluaciones hechas por nosotros.

Descripción del perfil 58

Suelo *Estrella*.

Textura: Arcilla arenosa a arcilla.

Topografía: Ligeramente ondulada, altura 45 m s.n.m.m.

Hoja: 4083 II Rodas, coord. 530.2-240.2.

Situación: Provincia de Las Villas.

A₁ 0- 18 cm Arcilla loamoso-arenosa de color pardo con algunos perdigones negros y

abundancia de raíces. Se observa muy buen desarrollo radicular en

la hierba «Alpargata»; se encuentran lombrices. El material es friable.

A₂ 18- 35 cm De la misma composición granulométrica que la capa anterior, de color pardo amarillento, algo plástico y poco pegajoso cuando se humedece. Con abundancia de perdigones negros. Se observa un buen desarrollo radicular.

B₁ 35- 52 cm Arcilla loamosa moteada de gris y rojizo, tiene aspecto ferruginoso, con mayor cantidad de perdigones negros que en el horizonte anterior. Aparecen raíces en mediana cantidad.

B₂₁ 52- 74 cm Arcilla plástica y pegajosa de color gris moteada de amarillo, con un contenido de un 50 % del material de perdigo-

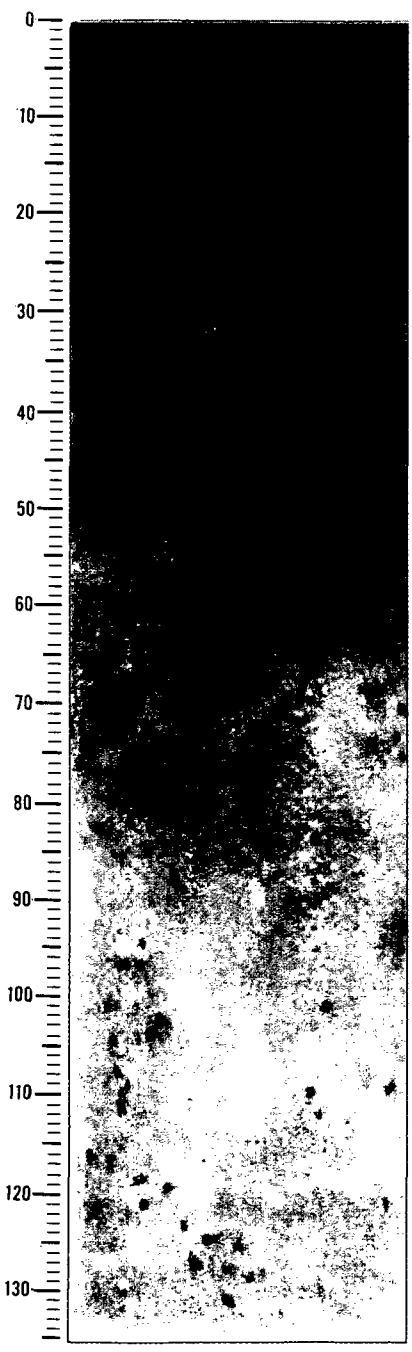
nes negros. Se observan algunas raíces.

B₂₂ 74-104 cm Arcilla plástica y pegajosa de color gris, moteada de amarillo intenso, con menor cantidad de perdigones que el horizonte anterior, con algunas raíces.

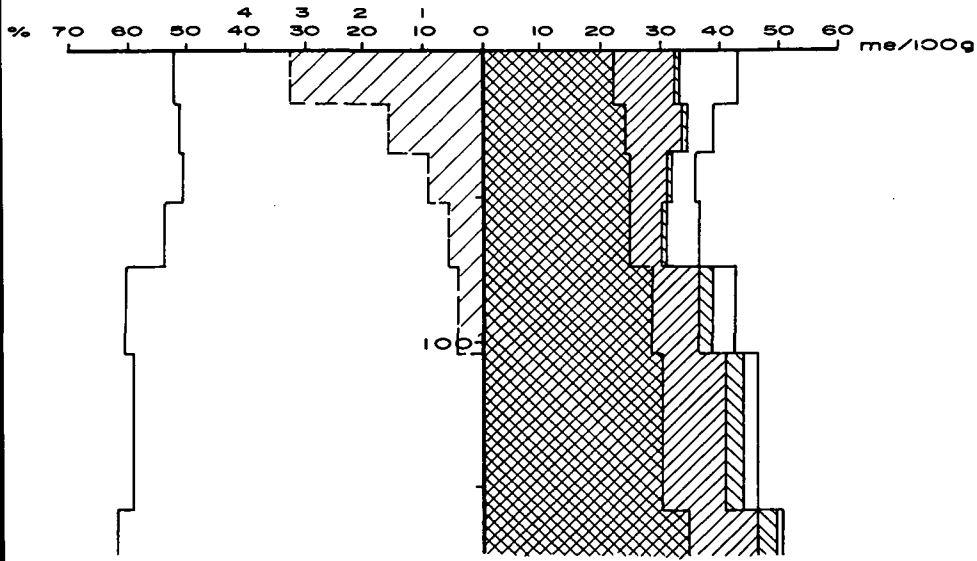
B₃ 104-158 cm Arcilla moteada de gris verdoso y amarillo con perdigones negros y pardos así como concreciones negras. Esta arcilla es plástica y pegajosa cuando húmeda; presenta un grado mayor de compactación que los horizontes anteriores. Frecuentemente aparecen, a lo largo de las raicillas en el material grisáceo, manchas negras.

C 158-174 cm Arcilla amarilla moteada de gris verdoso con algunas concreciones negras, así como perdi-

PERFIL No. 58



ESTRELLA 58



Gráfica 33/VI-2

ARCILLA ARENOSA Estrella

gonos negros. En algunas zonas de la capa aparecen escasas concreciones calcáreas y se observan muy escasas raíces.

En general, en algunos de los horizontes inferiores aparecen raíces carbonizadas, lo que indica condiciones anaerobias.

La vegetación nativa está constituida especialmente por guano, cana, peralejo, algunas guásimas esporádicamente, ateje, abundante marabú; hay potreros de hierbas pajón y alpargata, también existen espartillo y malva blanca.

Tabla 75|VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _t)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0- 18	6,5	5,5	3,61	0,10	—	8,59	3,24	160	5	—
18- 35	6,6	6,0	2,43	0,07	—	8,64	1,60			
35- 52	6,2	5,8	2,92	0,12	—	8,26	0,96			
52- 74	6,0	5,3	3,91	0,70	—	9,0	0,60			
74-104	6,3	5,5	3,51	0,24	—	9,97	0,43			
104-158	6,5	5,7	2,13	0,12	—	10,08	0,15			
158-174	6,8	6,2	0,54	—	—	10,01	—			

Tabla 76|VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0- 18	42,60	32,76	9,84	77	22,25	9,74	0,48	0,29
18- 35	38,60	34,27	4,33	89	24,0	9,67	0,23	0,37
35- 52	35,40	31,53	3,87	89	24,25	7,11	0,13	0,04
52- 74	36,0	30,76	5,24	85	24,25	5,93	0,08	0,50
74-104	42,0	38,35	3,65	91	28,75	7,50	0,15	1,95
104-158	46,0	43,41	2,59	94	30,0	10,66	0,15	2,60
158-174	50,50	49,16	1,34	97	34,38	11,67	0,18	2,93

Tabla 77|VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	7350	1950	300	110	80	—
Nivel	Mediano	Muy alto	Bajo	Muy bajo	Bajo	—

Suelo TACO-TACO

Es un suelo no muy extensivo. El perfil 29 investigado contiene perdigones y concreciones de hierro casi desde la superficie, pero una capa endurecida, ferruginosa no aparece en ningún horizonte.

De los sesquióxidos móviles predomina el hierro (ver la *Tabla 78/VI*).

Este suelo es expresadamente ácido

mente bajo. De los cationes cambiables predomina, en los horizontes *A* y *B*, el magnesio.

La disponibilidad de los macronutrientes para la nutrición vegetal es en el suelo *Taco-Taco* baja y la proporción de los nutrientes no es ventajosa.

A pesar de estas condiciones poco favorables se pueden producir cosechas aceptables con una fertilización adecuada.

Tabla 78/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0- 20	7,80	22,80	0,30	0,87
20- 40	9,0	24,60	0,28	0,76
40-110	7,80	18,40	0,21	0,52
110-160	8,10	12,90	0,28	0,45
160-	21,0	23,50	0,43	0,49

desde la superficie, pero no se manifiesta en el perfil la más perjudicial forma de la acidez: la cambiante. Contiene poca materia orgánica.

El valor de *T* de este suelo es relativa-

Una encladura adecuada disminuirá la gran cantidad del magnesio asimilable y la acidez del suelo en exceso y, por tanto, contribuirá mucho a lograr rendimientos elevados.

Descripción del perfil 29

Suelo *Taco-Taco*.

Textura: Loam arcilloarenoso.

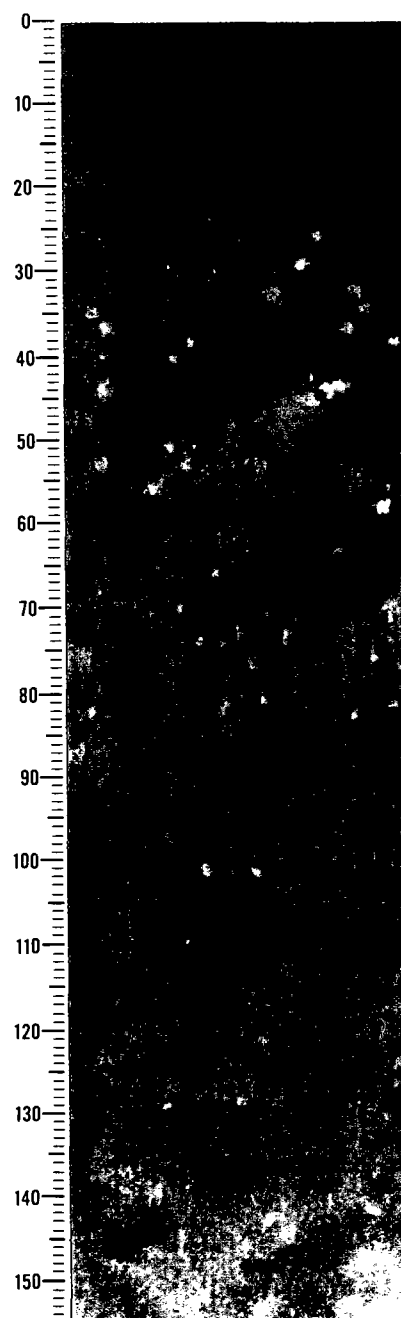
Topografía: Llana, altura 40 m s.n.m.m.

Hoja: 3584 II San Cristóbal, coord. 289.4-320.4.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

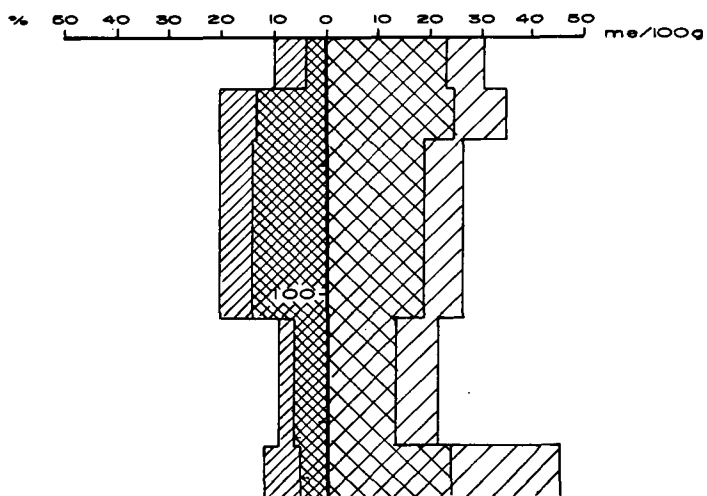
*A*₁ 0- 20 cm Loam arenoso fino, pardo rojizo. Muchos perdigones de hierro, duros, negros. Concreciones de hierro de 2-3 cm de tamaño. Reacción ácida. El sistema radicular es pobre.

*A*₂ 20- 40 cm Loam arcilloarenoso de color pardo rojizo. Muchos perdigones negros duros, de hierro. Concreciones pardas y negras de 2-3 cm de tamaño. La capa es demasiado dura. El sistema

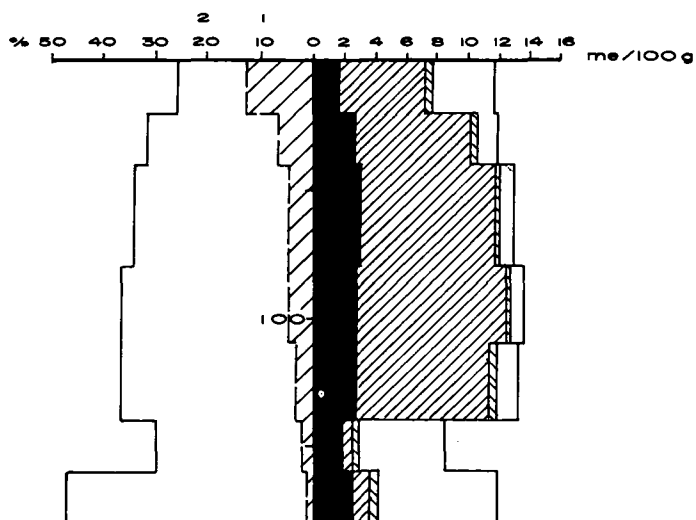
PERFIL No. 29**LOAM ARCILLO-ARENOSO
Taco-Taco**

- | | | | |
|--------------------|--|---------------------|--|
| | radicular pobre. Reacción ácida. | B_{12} 80-110 cm | Loam arcilloarenoso de color amarillo pardo, rojizo. Perdigones de manganeso y hierro, duros. Pequeños mocreros. Reacción ácida. |
| B_{11} 40- 80 cm | Loam arcilloarenoso, de color pardo rojizo claro. Muchos perdigones duros, negros, de hierro. Concreciones de hierro hasta de 3 cm de tamaño. Pequeños mocreros. Algunas raíces. Reacción ácida. | B_{21} 110-140 cm | Arena fina arcillosa, de color pardo amarillento rojizo. Moteado de rojo y amarillo claro. Perdi- |

TACO - TACO 29



Gráfica 34 / VI-1



Gráfica 35 / VI-2

gonos duros y negros de hierro. Concreciones semiduras de color rojizo (parecido a arena consolidada). Algunas raíces. Reacción ácida.

BC 160-

cm Material compuesto de roca moteada de color rojizo, gris, amarillo. Veteado por arena cuarzosa. Concreciones de arena consolidada de color amarillo y gris azulado hasta 30 cm de

B₂₂ 140-160 cm Loam arenoso duro, moteado de color rojo,

Tabla 79/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez			Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Cambiabile					Total (N _t)	Asim. (N _a)	
				(y ₂)	(Al)						
me/100 g								mg/100 g			
0- 20	6,3	5,3	3,50	0,05	0,05	—	1,68	1,32	60	2	9
20- 40	6,5	5,5	1,26	—	—	—	2,53	0,71			
40- 80	6,5	5,8	0,97	—	—	—	2,48	0,46			
80-110	6,5	5,8	0,87	—	—	—	2,70	0,50			
110-140	6,5	5,7	1,31	—	—	—	2,23	0,35			
140-160	6,3	4,6	2,07	1,50	0,85	—	1,51	0,24			
160-	6,3	4,2	3,10	2,0	1,30	—	3,74	0,21			

Tabla 80/VI

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
0- 20	11,61	7,63	3,98	66	1,62	5,55	0,20	0,26
20- 40	11,86	10,51	1,35	89	2,62	7,40	0,23	0,26
40- 80	12,80	11,80	1,0	92	3,0	8,63	0,07	0,10
80-110	13,40	12,59	0,81	94	2,75	9,66	0,06	0,12
110-140	13,0	11,70	1,30	90	2,62	8,59	0,06	0,43
140-160	8,23	2,89	5,34	35	1,87	0,61	0,06	0,35
160-	11,64	3,99	7,65	35	2,37	1,23	0,15	0,24

amarillo, gris amarillento. Concreciones rojas semiduras. Fragmentos semiduros, de arena consolidada, de color rojo pardusco.

tamaño. Conglomerados de cuarzo. Al fondo de la trinchera se presenta arcilla de color gris claro. De reacción muy ácida.

Vegetación natural:
 Palma cana, malva
 blanca, guizazos.
 Vegetación asociada:

Está sembrado de calabaza, la que se ve en buen estado.

Tabla 81/VI

DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha Nivel	730 Muy bajo	1500 Demasiado alto	175 Bajo	135 De muy bajo a bajo	45 De muy bajo a bajo	202,5 Muy alto

Suelo SAN CRISTÓBAL

El suelo *San Cristóbal* ocupa llanos en posiciones algo elevadas, cercanas a la costa sur en la provincia de Pinar del Río. Contiene mocarrero formado inferiormente. En el perfil investigado se encuentra esta capa endurecida a los 75 cm de profundidad.

Contiene cantidades medianas de la materia orgánica en el horizonte A pero ésta disminuye bruscamente con la profundidad. El valor de T es bastante alto en los horizontes A y B₁. Es un suelo saturado y en el complejo adsorbente predominan los iones del calcio.

La mayor parte de la fracción arcilla la compone una mezcla de montmoril-

Tabla 82/VI

CONTENIDO DE ALUMINIO Y DE HIERRO MÓVILES

Horizonte, cm	Aluminio	Hierro	Aluminio	Hierro
	Móvil		Móvil	
	me/100 g de suelo		me/fracción arcilla, %	
0-15	8,09	15,91	0,14	0,27
15-65	7,79	8,76	0,15	0,17
65-75	9,68	3,30	0,22	0,08

Contiene cantidades medianas de aluminio y de hierro móviles. Mientras que el primero está casi uniformemente distribuido en el perfil, las cantidades del segundo disminuyen con la profundidad (ver la *Tabla 82/VI*).

El suelo *San Cristóbal* es un suelo de reacción neutra; la poca cantidad de cal que se encuentra en él, en su mayoría, está en forma de concreciones pequeñas.

Y nita e illita, aparentemente con el predominio de la última.

En el caso de fertilización mineral adecuada es un suelo bastante productivo. De los macronutrientes, es relativamente deficiente en nitrógeno.

Las gráficas 34/VI-1 y 35/VI-2 completan las características químicas del suelo *San Cristóbal*.

Tabla 9|V
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbo- natos %	Higr. (<i>h_y</i>) %	Materia org. (<i>M.O.</i>)	Nitrógeno		Fósforo asim. (<i>P_a</i>)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (<i>y₁</i>)	Camb. (<i>y₂</i>)				Total (<i>N_t</i>)	Asim. (<i>N_a</i>)	
			<i>me/100 g</i>							
0-37	6,8	6,0	0,93	—	—	6,53	2,64	130	4	2,5
37-50	6,8	6,3	0,40	—	—	6,21	0,43			
50-	6,7	6,2	0,53	—	—	4,11	0,05			

Tabla 10|V
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			<i>V</i> , %	Cationes cambiables			
	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>T-S</i>		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	<i>me/100 g</i>				<i>me/100 g</i>			
0-37	28,13	18,92	9,21	67	15,0	3,50	0,06	0,36
37-50	28,13	26,65	1,48	95	22,50	3,70	0,06	0,39
50-	22,77	21,37	1,40	94	18,75	2,26	0,06	0,30

Tabla 11|V
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
<i>kg/ha</i>	5950	830	45	160	80	50
Nivel	Alto	Alto	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

Descripción del perfil 19

Suelo *San Cristóbal*.

Textura: Arcilla a arcilla loamosa.

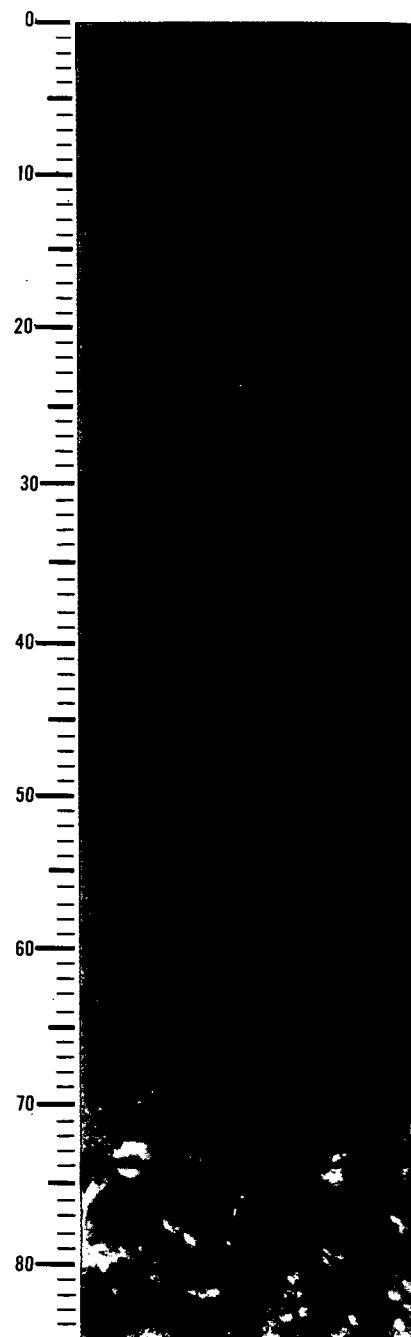
Topografía: Llana, altura 20 m s.n.m.m.

Hoja: 3383 I La Francia, coord. 292.85-315.1.

Situación: Provincia de Pinar del Río.

- A 0-15 cm Arcilla pesada de color pardo oscuro, con algunos pedrigones duros, pardo oscuro. Vetas de cuarzo fino. De reacción neutral.
- B₁ 15-65 cm Arcilla pesada de color pardo amarillo. Concreciones de color oscuro, en mayor cantidad que en el anterior. Pequeños conglo-

PERFIL No. 19



ARCILLA LOAMOSA San
Cristóbal

merados de cuarzo. La parte inferior, de 40-60 cm, es la capa de transición. Concreciones blancas calcáreas. Efervesce fuertemente al CIH.

B₂ 65-75 cm Arcilla pardo amarillo, moteada con amarillo claro, rojo ladrillo, gris, rojo. Plástica. Concreciones calcáreas pequeñas. Perdigones de color negro y

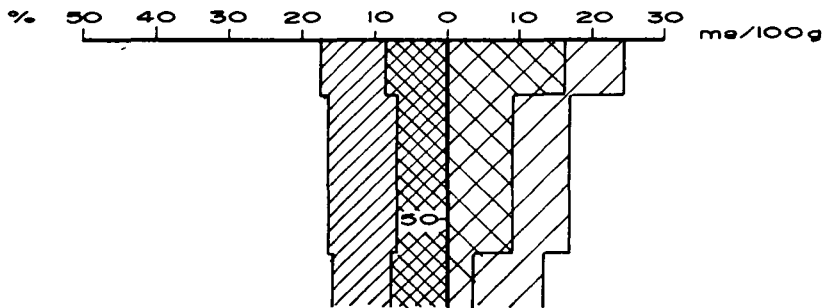
pardo, redondos. Vetas de hierro de color rojo oscuro. Cristales de cuarzo blanco. Efervesce mucho al CIH.

C 75- + cm Mocarrero.

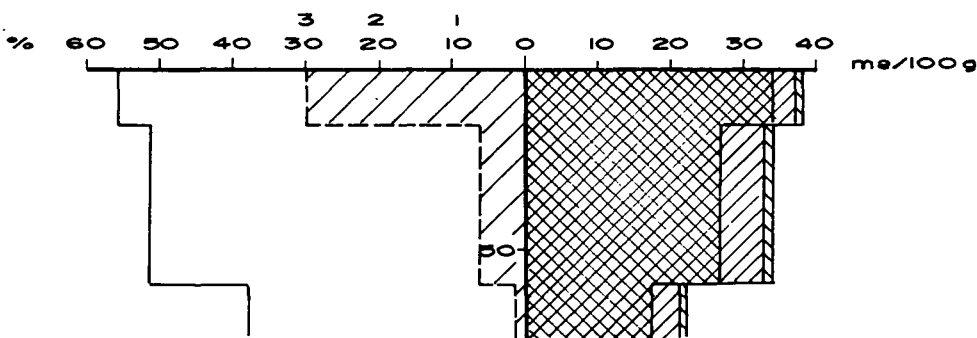
Vegetación natural: Palma real, algunas palmas canas y malva blanca.

Vegetación cultivo: Jiribilla, y en áreas colindantes caña de azúcar.

SAN CRISTÓBAL 19



Gráfica 36/V-1



Gráfica 37/V-2

Tabla 83/VI
ANÁLISIS QUÍMICO

Horizonte, cm	pH		Acidez		Carbonatos %	Higr. (hy) %	Materia org. (M. O.) %	Nitrógeno		Fósforo asim. (P _a)
	H ₂ O	ClK	Hidr. (y ₁)	Camb. (y ₂)				Total (N _i)	Asim. (N _a)	
			me/100 g							
0-15	7,0	6,8	0,50	—	2,6	8,83	2,99	150	3	4
15-65	7,0	7,0	—	—	3,4	7,57	0,62			
65-75	7,0	7,0	—	—	2,4	5,25	0,17			

Tabla 84/VI
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO Y CATIONES CAMBIABLES

Horizonte, cm	Valor de			V, %	Cationes cambiables			
	T	S	T-S		Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)	Sodio (Na)
	me/100 g				me/100 g			
0-15	37,98	37,98	—	100	33,75	3,37	0,27	0,59
15-65	33,35	33,35	—	100	26,53	6,04	0,13	0,65
65-75	21,59	21,59	—	100	17,17	3,82	0,08	0,52

Tabla 85/VI
DISPONIBILIDAD DE LOS MACRONUTRIENTES PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

Nutrientes	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Nitrógeno	Fósforo
kg/ha	11 000	700	175	225	50	65
Nivel	Alto	Mediano	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Alto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PRIMARIAS SOBRE LOS SUELOS DE ESTA ASOCIACIÓN

Resumen

I. Los suelos de esta familia *Norfolk* son muy extensivos en la costa este de Estados Unidos, y llegan tan al norte como el estado de Virginia.

Han sido utilizados en la Florida en la siembra de cítricos, con fuerte fertilización mineral y regadío. La serie *Norfolk* se emplea en la siembra de cítricos en la Florida, siempre y cuando el nivel freático no esté a menos de 45 cm de la superficie del suelo. También en la producción de hortalizas, igualmente con fuerte fertilización y regadío. Son buenos productores de maní y algodón, y son utilizados extensivamente en estas producciones en el SE de Estados Unidos.

Según la literatura, comercialmente se recomienda la aplicación de EDTA equivalente a 10 lb × acre para movilizar el Fe y ponerlo disponible para la ali-

mentación vegetal en algunas series de esta familia.

Se considera que los cítricos tienen un nivel muy bajo de intercambio catiónico radicular y algunos autores afirman la inexistencia de los pelos absorbentes en estas plantas; luego, son necesarias fuertes dosis de fertilizantes adecuadamente balanceados y de una buena solubilidad, para obtener altas cosechas.

Estos suelos expresadamente arenosos se encuentran concentrados en la provincia de Pinar del Río y en Isla de Pinos, y no se ha reportado aún su ocurrencia en el resto del país.

Se señala en el capítulo correspondiente (XII) de la parte FÍSICA DE SUELOS, un método de enmienda para mejorar las características agronómicas de estos suelos.

II. La ocurrencia de los suelos de la familia *Norfolk* en la provincia de Pinar del Río, según el planimetro del mapa 1:100 000 del INRH se expresa en la tabulación que sigue:

Serie y fase	Código	Área en hectáreas	Clase agrológica
Loam arcilloso, <i>Ceiba</i>	Ce 41	2 680	III
<i>Ceiba</i>	Ce	65	III
Loam arc., <i>Ceiba</i> fase profunda	Ced 41	1 711	III
Loam arc., <i>Ceiba</i> fase alomada	Cec 41	3 002	III
Loam arenoso fino, <i>Ceiba</i>	Ce 43 f	10 041	III

Serie y fase	Código	Área en hectáreas	Clase agrológica
<i>Coloma</i>	Co	929	III
Loam arcilloso <i>Coloma</i>	Co 41	91	III
Loam arenoso fino, <i>Guane</i>	Gu 43 f	10 031	VI-VII
Loam arenoso, <i>Guane</i>	Gug 43	18	VI-VII
Loam arenoso, <i>Guano</i> fase gravilosa	Gug 43	383	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Guane</i> fase alomada	Guc 43 f	260	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Guane</i> fase alomada y gravilosa	Gugc 43 f	14 236	VI-VII
<i>Guane</i> graviloso y alomado	Gugc	3 471	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Guane</i> fase gravilosa	Gug 43 f	9 864	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Guane</i> fase muy alomada	Gumc 43 f	144 184	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Guane</i> fase muy alomada y gravilosa	Gugmc 43 f	13 897	VI-VII
Loam arenoso, <i>Guane</i> fase muy alomada	Gumc 43	3 490	VI-VII
<i>Greenville</i>	Gv	143	III
Loam arcilloso, <i>Greenville</i>	Gv 41	4 468	III
<i>Greenville</i> rocoso	Gvr	234	IV
<i>Greenville</i> muy rocoso	Gvmr	58	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Greenville</i> fase muy rocosa	Gvmr 43 f	77 004	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Greenville</i>	Gv 43 f	2 058	IV
Arena loamosa fina, <i>Greenville</i> fase rocosa	Gvr 34 f	19	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Greenville</i> , fase rocosa	Gvr 3 f	39	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Greenville</i> fase rocosa	Gvr 43 f	344	VI-VII
Arena loamosa, <i>Greenville</i> fase poco rocosa	Gvpr 34 f	286	IV
Loam arenoso fino, <i>Greenville</i> fase poco rocosa	Gvpr 43 f	65	IV
Loam arenoso fino, <i>Herradura</i>	He 43 f	15 072	III
Loam arenoso muy fino, <i>Herradura</i>	He 43 mf	117	III
Arena fina loamosa, <i>Herradura</i>	He 34 f	91	III
Arena fina loamosa, <i>Herradura</i> fase profunda	Hed 34 f	162	III
Loam arenoso fino, <i>Herradura</i> , fase profunda	Hed 43 f	1 358	III
Loam arenoso fino, <i>Herradura</i> fase depresional	Heh 43 f	188	IV
Loam arenoso fino, <i>Herradura</i> fase perdigón	Hep 43 f	2 803	IV
Loam arenoso fino <i>Marlboro</i>	Mlb 43 f	2 006	III

Serie y fase	Código	Área en hectáreas	Clase agrológica
Loam arenoso fino, <i>Nueva Gerona</i>	NG 43 f	5 414	III
Arena <i>Norfolk</i>	Nk 3	771	III
Arena loamosa fina, <i>Norfolk</i>	Nk 43 f	1 272	III
Arena fina, <i>Norfolk</i>	Nk 3 f	21 166	III
Loam arenoso fino, <i>Norfolk</i>	Nk 43 f	1 331	III
Arena fina loamosa, <i>Norfolk</i> , fase gravilosa	NKg 34	201	IV
Arena fina, <i>Norfolk</i> fase poco rocosa	Nkpr 3 f	728	III
Arena fina loamosa, <i>Orangeburg</i>	Ogb 34 f	2 607	III
Loam arenoso fino, <i>Orangeburg</i>	Ogb 43 f	227	III
Loam arenoso fino, <i>Orangeburg</i> fase rocosa	Ogbr 43 f	766	VI-VII
Arena fina loamosa, <i>Orangeburg</i> fase rocosa	Ogbr 34 f	680	VI-VII
Loam arenoso fino, <i>Pinar del Río</i>	PR 43 f	26 662	III
Loam arenoso, <i>Pinar del Río</i>	PR 43	52	III
Loam arenoso fino, <i>Pinar del Río</i> fase gravilosa	PRg 43 f	1 241	IV
<i>Ruston</i>	Rst	262	III
Arena fina, <i>Ruston</i>	Rst 3 f	1 071	III
Arena fina loamosa, <i>Ruston</i>	Rst 34 f	967	III
Loam arenoso fino, <i>Ruston</i>	Rst 43 f	5 786	III
Loam arenoso fino, <i>Ruston</i> fase rocosa	Rst 43 f	96	IV
Loam arenoso fino, <i>Ruston</i> fase gravilosa	Rstg 43 f	2 437	IV
Loam arenoso fino, <i>Ruston</i> fase muy gravilosa	Rstmg 43 f	312	IV
Loam arenoso, <i>Ruston</i>	Rst 43	39	III
Arena <i>Sta. Lucta</i>	StL 3 f	2 392	III
Loam arenoso fino, <i>San Juan</i>	SJ 3 f	1 770	III
Loam arcilloso, <i>Guane</i>	Gu 41	117	VI-VII
Loam arcilloso, <i>Guane</i> graviloso	Gug 41 f	3 958	VI-VII
Arena loamosa fina <i>Norfolk</i> fase gravilosa	Nkg 34 f	71	III
Arena loamosa, <i>Norfolk</i>	Nk 34	3 164	III

El área total de los suelos de la familia *Norfolk*, en la provincia de Pinar del Río, de acuerdo con la tabulación anterior, es 410 428 ha,

lo que representa el 35 % del área planimetrada en la provincia.
 III. Se han realizado, en el año 1967, estudios detallados sobre los teno-

res de flúor en las hierbas, suelo y agua de Isla de Pinos, en suelos *Santa Bárbara*.

Según los resultados obtenidos se puede constatar que el contenido de flúor del suelo de los pastos no sobrepasa las consideradas normales. Lo mismo se refiere a las aguas utilizadas para el ganado.

El contenido de flúor de las muestras de hierba tomadas al fin de la época de lluvias es menor que el de las muestras de hierba envejecida, recogida al final de la época de sequía.

Las formaciones geológicas de suelos en el sur de la provincia de

Pinar del Río y en zonas del Escambray, aparentemente similares, hacen presumible la existencia de altos tenores de flúor también en esas áreas. En la zona de Banao, en esta última región mencionada, las partículas de mica se ven centellar en el suelo cuando incide sobre éste la luz del sol.

- IV. Los suelos sabanosos *Hatuey* son extensivos en todo el país; en el 66 % planimetrado de la mapeificación realizada en la provincia de Camagüey, hay una ocurrencia de 121 173 *ha* de estos suelos (superior a 9000 caballerías).

VARIACIONES EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO «SAN CRISTÓBAL» (EN UN ÁREA RELATIVAMENTE PEQUEÑA)

Anexo 4

Durante el mapeo semidetallado de un lote de la granja R. López Peña, Agrupación San Cristóbal, en la provincia de Pinar del Río, se excavaron hasta el nivel freático, el material basal o hasta un máximo de 200 *cm*, un total de cuarenta y cuatro trincheras de un suelo identificado como serie *San Cristóbal*. El área en cuestión es de mil trescientas (1300) *ha*, aproximadamente.

Los resultados de los análisis químicos realizados en el laboratorio nos indican que en el 67 % de las trincheras el pH CIK aumenta con la profundidad; en

el 20 % el pH disminuye con la profundidad, es decir, el perfil se acidifica, y en el 13 % restante el pH CIK permanece prácticamente invariable en el perfil, según avanzamos en éste hacia los horizontes más profundos.

De las trincheras que se acidifican con la profundidad, la máxima acidificación ocurrió en la No. 41, entre el pH obtenido para el horizonte superficial (0-30 *cm*) que fue de 6,0 y el obtenido a la profundidad de 80-105 *cm*, que fue de 4,3; hay una diferencia de 1,7 unidades de pH CIK.

La tabulación que sigue establece el número de trincheras cuyas diferencias de pH entre los horizontes superficiales y más profundos están en la gama que se expresa; y que se acidifican con la profundidad:

Número de trincheras	2	1	2	1	3
Diferencias en unidades de pH	0,2	0,3	0,5	0,7	Más de 1,2

No siempre hubo una correspondencia entre una acidificación del perfil con la profundidad y la aparición de valores mayores para γ_1 , γ_2 y Al cambiante. Esto último sí fue evidente en las trincheras No. 41 y No. 27, donde aparecen valores mayores de estos índices al acidificarse el pH CIK hacia los planos inferiores.

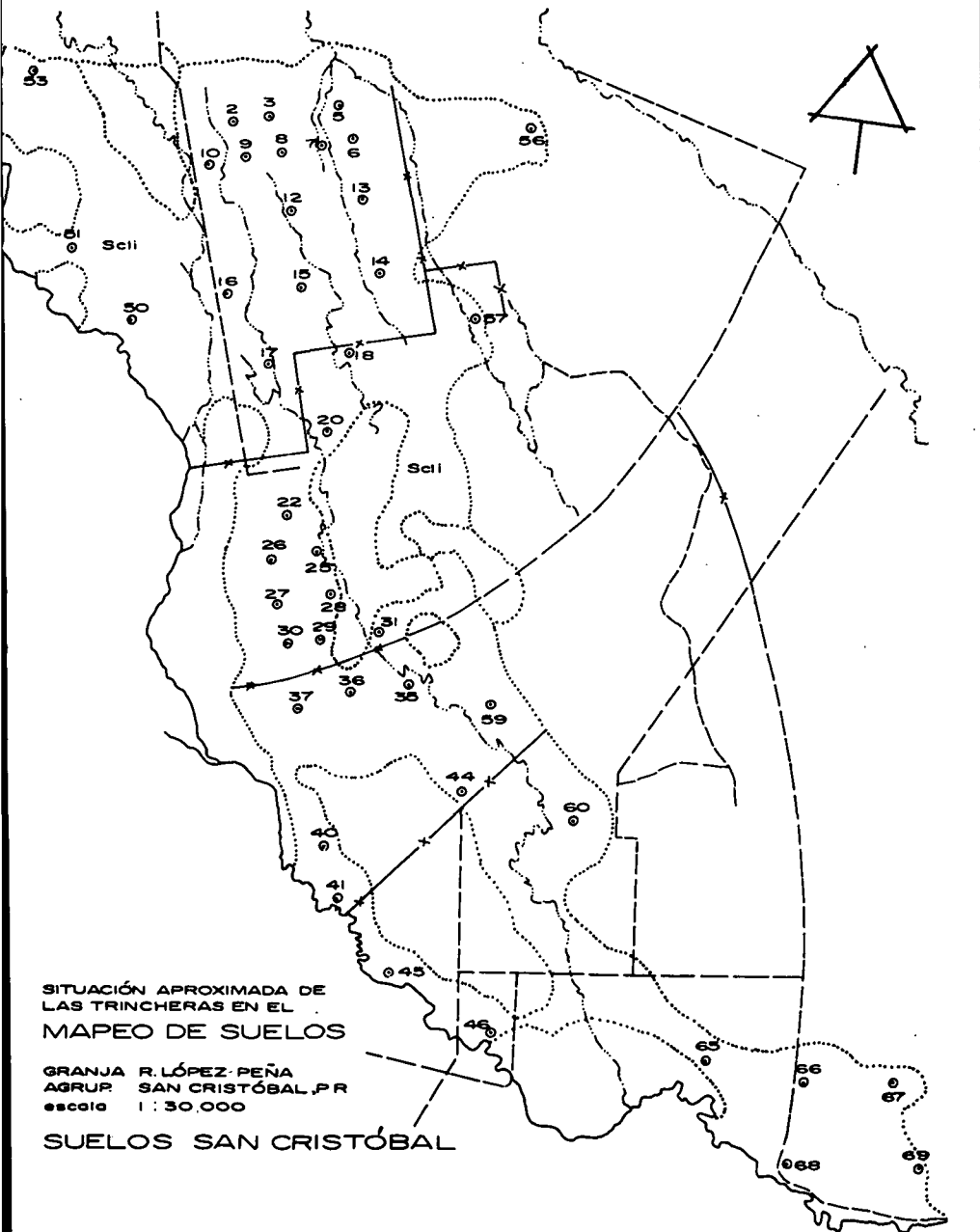
La tabulación que sigue establece el número de trincheras cuyas diferencias de pH entre los horizontes superficiales y más profundos están en la gama que se expresa, por lo que se torna menos ácido el perfil, según avanzamos con la profundidad:

Número de trincheras	1	2	3	4	3	12	3	1	1
Diferencias en unidades de pH	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7

En el caso de las trincheras, cuya acidez disminuye con la profundidad, la diferencia máxima obtenida entre los pH CIK de los horizontes superficiales y aquellos más profundos, fue de 1,7 unidades de pH, correspondiente a la trinchera No. 30.

A la determinación de cualquier valor del índice CO_3Ca %, por pequeño que fuese, siempre correspondió un pH CIK de 7,0 o mayor. El inverso no es válido en este juego de trincheras analizadas.

Al máximo valor del Al cambiante determinado, y expresado como *me/100 g*,



que fue de 1,48 correspondió uno de los pH más bajos obtenidos (trincheras No. 41, horizonte de 105-140 cm); pero tampoco ha sido posible establecer una correspondencia aceptable entre ambos índices de la acidez, pH ClK y Al cambiabile.

La gama de variación para la *M.O.*, referida a los horizontes superficiales solamente, es entre un mínimo de 1,50 y un máximo de 4,80 expresado en %.

Según los análisis químicos se hace constar que, en relación al valor de inter-

cambio catiónico (*T*) sucede que en el 66 % de las trincheras este índice disminuye marcadamente según avanzamos hacia planos más profundos. Aproximadamente en el 11 % de las trincheras, el valor de *T* se incrementa con la profundidad, y en el por ciento restante este índice sólo se incrementa en el segundo horizonte o en el basal, en relación al obtenido para el horizonte superficial.

La amplia gama del valor de *T*, obtenido para los horizontes superficiales se demuestra en la tabulación que sigue:

Valores de <i>T</i> , en me/100 g	Espesado como % del total de trincheras
Desde un mínimo de 19,54 y hasta 30,00	11
Desde 30,1 hasta 40,0	46
Desde 40,1 hasta 50,0	27
Desde 50,1 hasta un máximo de 57,06	16

La saturación por bases, valor de *V* referido a *T* y expresado como por ciento, aumenta consistentemente con la profundidad al estar el horizonte más profundo totalmente saturado en la generalidad de los casos.

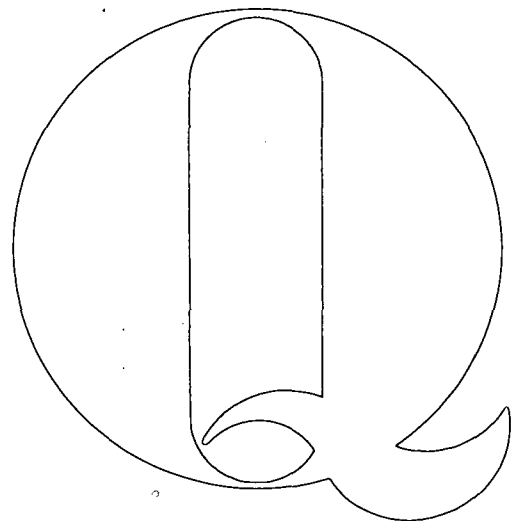
La saturación por calcio, expresada en % del valor de *S*, para los horizontes superficiales, varía desde un mínimo de 50,64 hasta un máximo de 89,00. En la generalidad de los casos aumenta esta sa-

turación con la profundidad en el perfil.

La saturación por magnesio, expresada en % del valor de *S*, para los horizontes superficiales, varía desde un mínimo de 8,00 hasta un máximo de 47,51. Algunas veces esta saturación por Mg aumenta fuertemente en los horizontes más profundos del perfil.

Los valores de N y P_2O_5 disponibles para la alimentación vegetal son muy pequeños.

Capítulo VII



*La enmienda de los
suelos*

Enmienda significa el mejoramiento de algunas características de los suelos para aumentar la productividad de éstos, usualmente se realiza por medios químicos.

1. Directamente (disminuye la acidez del suelo por un encalado adecuado).
2. Indirectamente, por mejoramiento de algunas características físicas del suelo (disminuye el hinchamiento, aumenta la friabilidad del suelo, etc.)

Ambos tipos de enmienda tienen gran importancia en Cuba.

La encaladura de los terrenos agrícolas

En la necesidad del encalado de los suelos, aunque en sus detalles sea discutible todavía, los siguientes hechos son ya ciertos:

1. Demasiada acidez es perjudicial para los cultivos; no la demasiada acidez misma, sino el aluminio y el hierro en forma iónica, presentes en la solución del suelo, que son tóxicos.
2. Con la disminución de la acidez de los suelos fuertemente ácidos se aumenta la solubilidad de los fosfatos (o sea, se reduce la fijación del fósforo).
3. Por el encalado no se tiene que neutralizar por completo el suelo, por-

que en medio neutro se disminuye la solubilidad de los elementos menores, también de gran importancia desde el punto de vista del buen desarrollo de los cultivos.

Si se toma en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se puede hacer constar que, un encalado apropiado es muy útil en el caso de algunos tipos de suelos cubanos.

Antes de proceder al estudio detallado de los factores que determinan los cálculos en relación a las cuantías de cal a aplicar, véase algunas recomendaciones para un encalado correcto en dos países, los Estados Unidos, y la Unión Soviética (URSS). La tabla 1/VII fue tomada del libro de R. L. Cook y representa la recomendación del Centro Experimental de Oklahoma (EE.UU.).

De esta tabla surge que se recomienda un encalado determinado cuando el suelo es poco ácido ($\text{pH} = 6,1 - 6,5$).

Los datos de la tabla tienen algunas incertidumbres; no se indica cuál valor de pH sirve como base de las recomendaciones, el determinado en agua o en CIK. Tampoco se señala cómo fueron establecidas las cantidades de cal: según los cálculos o basado en las experiencias sistemáticas hechas en el campo. Algo se ve claramente: las cantidades de cal son diferentes según la clase textural del suelo a encalar y se recomiendan cantidades relativamente mayores para los suelos plásticos que para los suelos ligeros.

En la Unión Soviética se practica el encalado sólo en la zona de los suelos podsólicos, suelos muy ácidos por regla.

Tabla 1/VII

Reacción del suelo	Límites del valor de pH	CO ₂ Ca, tm/ha* para		
		Suelos arenosos	Loams arenosos, loams y loams limosos	Loams arcillosos
Muy poca acidez	6,6-6,7	—	—	—
Poca acidez	6,1-6,5	—	2,5	2,5- 5
Moderadamente ácido	5,5-6,0	2,5	2,5- 5	5 - 7,5
Fuertemente ácido	5,0-5,4	2,5-5	5 - 7,5	7,5-10
Muy fuertemente ácido	5,0	5	7,5-10	10 -12,5

* La conversión de los datos de t/acre a tm/ha fue hecha por nosotros.

Desde el punto de vista de la necesidad de encalado, estos suelos se dividen en cuatro grupos basados en el valor de pH determinado en solución 1,0 N de ClK. Los cuatro grupos son los siguientes:

El valor de pH	Necesidad de encalado
I 4,5	Fuerte
II 4,5-5,0	Mediana
III 5,0-5,5	Débil
IV 5,5	Ninguna

En lo que se refiere a la cantidad de cal a aplicar en relación con la clase textural y el valor de pH_{ClK} las recomendaciones son las siguientes:

Tabla 2/VII
LAS CANTIDADES DE CO₂Ca EN tm/ha RECOMENDADAS EN LA URSS

La clase textural del suelo	El valor del pH det. en ClK					
	4,5 y más bajo	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Arenas y limos arenosos	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Loams	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Loams arcillosos	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

Las cantidades de cal recomendadas en la tabla fueron calculadas según la neutralización de las 3/4 partes de la acidez hidrolítica (en valor promedio) y tomando en cuenta que el espesor de la capa arable es igual a los 20 cm y la densidad aparente de la misma a 1,5.

Si se comparan los datos que figuran en las tablas 1, VII y 2/VII entre sí, se ve que las cantidades de cal recomendadas

para los agricultores norteamericanos son superiores a aquellas utilizadas en la Unión Soviética. En este último país no se neutralizan los suelos por encalado, lo que nos parece correcto.

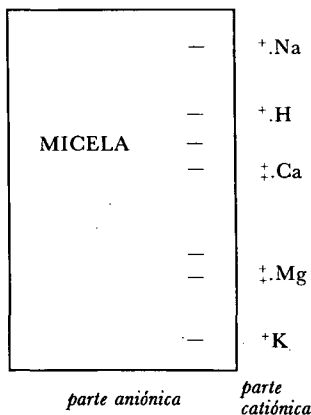
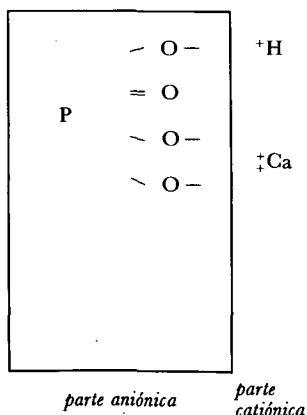
Aquí quisiéramos mencionar que en Hungría se basan los cálculos del encalado en la relación de las cuantías de cal a aplicar con la acidez hidrolítica de los suelos en cuestión.

Para poder tomar una decisión correcta en cuanto al problema del encalado de los suelos ácidos, tiene que partirse del concepto fisicoquímico de la parte más activa de la fase sólida del suelo; éstos son los coloides inorgánicos y orgánicos que existen en los suelos en una mezcla íntima, y forman parcialmente compuestos entre sí. Todo este conjunto de materiales se llama *complejo coloidal del suelo*, e

indica que la estructura química, en primer lugar, la de los compuestos orgánico-inorgánicos, no está todavía conocida en detalles, mientras que la que se refiere a la parte arcillosa silícea ya está clara.

Las partículas coloidales, sin atender a su composición, están constituidas por un radical complejo negativo, la micela, y un conjunto de cationes adsorbidos, intercambiables. Con respecto a los fenómenos de la acidez y aquéllos del intercambio de los cationes, las arcillas y sus iones asociados pueden ser considerados como sales complejas de ácidos muy débiles.

Esto se entiende mejor cuando se hace una comparación de una sal inorgánica (por ejemplo, la del ácido fosfórico) con la mencionada arriba:



En ambos casos, los aniones (radicales cargados negativamente) están asociados con cationes metálicos y con H. La sola diferencia es la del tamaño y carga, pues el anión de la arcilla (micela) es mucho más grande que el fosfato y, desde luego, tiene mucho más cargas negativas por anión.

La acidez del suelo se divide en:

1. *la acidez actual*, que se manifiesta en una interacción de la fase sólida del suelo con la solución del suelo (sea

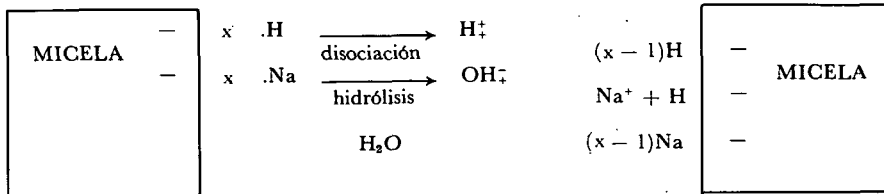
la fase sólida con agua) y se caracteriza por el valor del pH, y

2. *la acidez potencial*, las reservas en forma del hidrógeno cambiante. Esta última se caracteriza por el valor de pH determinado en solución de ClK (luego se valora como acidez cambiante [y_2] e hidrolítica [y_1]).

La micela de la arcilla tiene carácter ácido por los cationes H, y básico por los elementos que con él se intercambian.

Como tal ácido experimenta una pequeña disociación iónica, y por su carácter básico puede hidrolizarse, es por lo

que podemos representar esquemáticamente la interacción del suelo y del agua del modo siguiente:



El valor de pH resultante en la solución del suelo (o sea, en el filtrado de la suspensión hecha con agua) depende de la relación entre la cantidad de los H y bases (Ca, Mg, K, Na) adsorbidas. Es un caso simplificado, porque en la solución del suelo interviene el ácido carbónico también.

El valor de pH, por la pequeña disociación iónica de la micela, no caracteriza bien la acidez del suelo, y representa solamente el 2 %, aproximadamente, del total.

Debido al hecho de que la reacción del suelo (y, por tanto, su acidez actual también) depende de la relación en que se encuentran los H y las bases adsorbidas de un lado, y del otro, las últimas entre sí, los suelos no tienen que ser saturados por bases para que tengan una reacción neutra. Tomando en cuenta esta circunstancia, desde el punto de vista de la necesidad de cal, D. L. ASKENAZI divide los suelos en tres grupos, basados en el grado de saturación por bases, que son los siguientes:

Grupo del suelo	El grado de la saturación por bases *	Necesidad del encalado
I	50 %	Muy grande
II	50-70 %	Moderada: depende del valor del pH ClK
III	70 %	Ninguna

* Grado de la saturación por bases, $V = \frac{S}{T} 100 \%$.

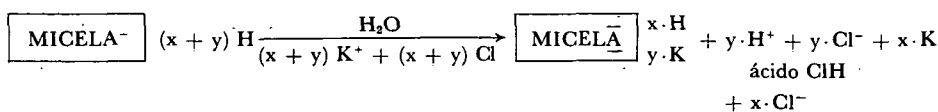
Al preparar una suspensión de suelo con la solución de una sal neutra (en el caso de las investigaciones de suelos con la solución 1N de ClK en la relación suelo: solución = 1 : 5) y en el filtrado de ésta, se determina el valor de pH, se mide la concentración de los iones H que pasaron a la solución.

Este valor de pH del intercambio catiónico es el resultado cuando se estableció un equilibrio entre la solución y

la fase sólida del suelo, entre definidas circunstancias.

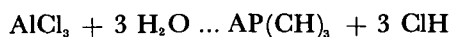
Como el ClK es la sal de una base fuerte con un ácido fuerte también, no se hidroliza en solución acuosa, y se disocia, aproximadamente, hasta 100 %. Es así que el ClK deprime la hidrólisis del suelo en la suspensión.

La ecuación esquemática del intercambio de los cationes, cuyo resultado es el valor de pH_{ClK} , es como sigue:



Entonces, el pH_{CIK} no indica la acidez cambiante total de los suelos, sino una parte de ésta, y la misma es proporcional al total.

Cuando el valor de pH_{CIK} resulta ser inferior a 5,0 puede intervenir también el Al que se encuentra en forma inter-



El ClH producido de este modo se adiciona a aquél producido en los procedimientos más arriba descritos.

El pH_{CIK} tiene carácter orientador y es muy difícil referirlo a una definida cantidad de suelo, por lo tanto, es una característica cualitativa del suelo.

La acidez cambiante (y_2) se determina en el filtrado de una suspensión de suelo hecha con la solución 1N de ClK (suelo: solución = 1 : 2,5). La cantidad de los iones H valorada entre estas circunstancias y expresada en *me/100 g* de suelo representa el valor numérico de la y_2 . La y_2 no es igual a la cantidad total de los iones H cambiantes contenido en suelos ácidos por lo siguiente:

1. El intercambio sucede en medio ácido (se cambian solamente los iones H más móviles).
2. En el procedimiento se establece un equilibrio (del mismo modo que en la determinación del pH_{CIK}).

En la determinación de la acidez hidrolítica (y_1) se valora el ácido acético liberado después de haberse establecido el equilibrio entre la fase sólida y la líquida de la suspensión.

Por consecuencia, se determina solamente una parte de este tipo de acidez.

Esta se debe a que en medio alcalino, además de los iones H, los más móviles, se intercambian también aquellos que son fijados a la superficie de las micelas de la parte arcillosa del suelo, por fuerzas relativamente mayores que los primeros mencionados. Esta diferenciación tiene sólo carácter cualitativo, porque la diferencia en la movilidad del H adsorbido

cambiable en la superficie, o está reemplazable en la interfase de las micelas de la parte arcillosa del suelo. Después de haber llegado el Al a la solución de ClK, esta parte de los procedimientos químicos puede representarse por la siguiente ecuación:

es continua. En términos fisicoquímicos quiere decir que el suelo, como un ácido débil polibásico, tiene numerosas constantes de disociación (K_a) y a cada una de éstas corresponden distintos valores del pH de neutralización. El suelo, como tal ácido, puede ser neutralizado en distintos niveles.

Para entender mejor este concepto fisicoquímico podemos continuar el paralelo con el ácido fosfórico. Este ácido tiene tres valencias y, por tanto, puede ser neutralizado en tres niveles, según quisiera realizarse una neutralización parcial o total. En la tabla que sigue indicamos los estados de equilibrio de la disociación del ácido en cuestión; además los K_a correspondientes y los valores del pH del medio al lograr los estados de equilibrio (o sea, los pH hasta los cuales tiene que continuar la valoración):

Equilibrio de la disociación del ácido PO_4H_3	K_a	pH
PO_4H_3/PO_4H_2	$7,51 \times 10^{-3}$	2,12
$PO_4H_2^-/PO_4H_2^-$	$6,23 \times 10^{-7}$	7,21
$PO_4H_2^-/PO_4^{3-}$	$2,20 \times 10^{-13}$	12,67

Cuando se neutraliza el ácido fosfórico en el primero o en el segundo nivel, se gasta menos de la solución valorada que cuando se realiza la neutralización completa ya en la región alcalina. Lo mismo sucede con los suelos ácidos en relación con la acidez cambiante e hidrolítica.

Hay pocas excepciones en que la acidez cambiante resulte ser superior a la

hidrolítica. Este fenómeno puede observarse en algunos suelos rojos muy ácidos, cubanos también. Lo que sucede es lo siguiente: la parte coloidal de la fase sólida del suelo fija una parte de las moléculas del ácido acético presentes en el filtrado de la suspensión en la determinación de la acidez hidrolítica. El Fe y el Al forman sales insolubles con el ácido acético.

Dos características del complejo coloidal del suelo, cuya relación entre sí caracteriza también la acidez potencial del suelo, son el *valor de T* y el *de S*; el primero es la suma de las bases cambiabiles más el H cambiabie, y el segundo, la suma de los cationes cambiabiles (Ca, Mg, K, Na), ambos expresados en *me/100 g* de suelo. Por tanto, la diferencia *T - S* representa la cantidad del H cambiabie presente en el suelo y la fórmula $\frac{S}{T} \times 100$ expresa el *grado de la saturación (V, %)* por bases del suelo. Por tanto, en estas dos características podrían basarse también los cálculos de la cantidad de cal a aplicar para un encalado apropiado de los suelos ácidos. Véase primero aquellos factores de los cuales depende la magnitud del valor de *T* de los distintos tipos de suelos.

En una primera aproximación, el valor de *T* resulta ser la suma de aquel que corresponde a la parte arcillosa del suelo más el de la materia orgánica presente. El orden de magnitud del valor de *T* depende, pues:

1. del tipo de mineral arcilloso,
2. de la cantidad de la materia orgánica, y
3. de la clase textural del suelo.

El valor de *T* de los distintos tipos de los minerales de la arcilla difieren en alto grado, debido a que la relación entre la parte acidoide (SiO_2) y la basoide (Al_2O_3) en el complejo adsorbente de éstos, es variable. Para el grupo del caolín

y el montmorillonítico estas relaciones son las siguientes:

$$\text{Grupo del caolín} \dots \frac{2(\text{SiO}_2)}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2$$

$$\text{Grupo montmorillonítico} \dots \frac{4(\text{SiO}_2)}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 4$$

La parte acidoide es responsable de los fenómenos del intercambio catiónico y, por lo tanto, el valor de *T* de la montmorillonita tiene que ser mucho más alto que el de la caolinita. La tabla que sigue ofrece datos más detallados (según los resultados obtenidos por distintos autores). Se incluye el valor de *T* de la *m.o.* también.

Tabla 3/VII

Mineral de arcilla	Capacidad de intercambio, valor de <i>T me/100 g</i>
Grupo de caolín Caolinita	4- 16
Haloisita	45- 80
Illita (hidráulicas)	15- 40
Montmorillonita	80-140
Atapulgita	18- 28
Clorita	15- 45
Vermiculita	95-165
La parte inorgánica de los suelos	8-178
La parte orgánica de los suelos	80-320

Se puede ver según los datos presentados en la tabla 3/VII que el valor de *T* cambia entre límites bastante amplios, aun cuanto se refiere al mismo tipo de mineral de la arcilla. Esto se debe a que las técnicas que fueron utilizadas para la determinación del valor de *T* por distintos autores fueron variadas, en primer lugar, en lo que se refiere al valor del pH del medio del intercambio de los cationes

(o sea, al grado de la saturación del complejo coloidal resultante en la determinación cuantitativa). El valor de T no es una característica absoluta, es una función de la reacción del medio en el cual se realizó la determinación del mismo.

Tabla 4/VII

El valor del pH del reactivo	La capacidad del intercambio valor de T en me/100 g y en % (relat.)*			
	Bentonita		Caolín-Brown	
4	96,0	93,3	62,5	68,7
5	102,0	99,1	73,4	80,7
6	102,0	99,6	82,0	90,1
7	102,9	100,0	91,0	100,0
8	102,6	99,7	108,6	119,3
9	102,0	99,1	126,0	138,5
10	104,4	101,5	152,3	167,4

* Los valores relativos, en %, de aquellos que se refieren al pH = 7, fueron calculados por nosotros.

Para dar una idea más clara de esto en la tabla 4/VII se ofrecen los resultados de las investigaciones de RADU que se

tintos tipos del mineral arcilloso en esta relación es distinto.

La materia orgánica tiene el carácter de la caolinita. Su valor de T está también influido en muy alto grado por el valor de pH del medio del intercambio. Presentamos los datos de ZIBERLEIN que investigó en esta relación la lignina, un material muy parecido, en lo que se refiere a sus características fisicoquímicas, a la materia orgánica de los suelos (Tabla 5/VII).

La diferencia entre los dos valores de T , que se refiere al mismo material, es enorme.

Para ver cómo se refleja todo lo anteriormente discutido a los suelos ácidos, se realizaron algunas investigaciones que se refieren a la relación entre el valor de T y el de pH del medio del intercambio catiónico. De los resultados obtenidos en suelos europeos (húngaros) se ofrecen algunos en la tabla 6/VII.

Aunque pueda suponerse que en los distintos tipos de suelos investigados, en su parte arcillosa participaron varios tipos de minerales arcillosos, se ve, que habían marcadas diferencias en el valor de T dependientes del pH del medio del intercambio. Esto se debe al contenido

Tabla 5/VII

Reactivo	El valor de pH del medio del intercambio	Valor de T de la lignina, me/100 g
(CH ₃ COO) ₂ Ba	6,5 (aprox.)	15
(OH) ₂ Ba	9,0 (aprox.)	345

refieren a una arcilla de tipo montmorillonítico y a una del grupo del caolín, llamadas bentonita y caolín Brown, respectivamente.

Mientras que el valor de pH de la montmorillonita prácticamente no varía en el intervalo pH = 5 - 9, el de la caolinita está sometido a variaciones muy grandes en el mismo intervalo de los valores de pH del medio del intercambio catiónico. El comportamiento de los dis-

de materia orgánica de los suelos investigados.

El valor de T es una característica dinámica de los suelos, el cual varía entre límites definidos del pH del ambiente en la naturaleza también. Todo esto se refiere a la suma de las bases (Ca, Mg, K, Na) cambiables, es decir, al valor de S también. Para tener una idea de esto tomamos algunos datos, de P. M. MELA, que representan la relación entre el pH

Tabla 6/VII

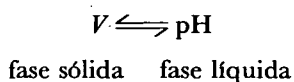
Tipo de suelo	pH _{ClK}	y ₁	pH del intercambio			
			6,0	6,5	8,2	9,5
			Valor de T, me/100 g			
Suelo forestal, arena	6,8	7,5	10,9	11,9	13,3	18,2
Suelo forestal, arcilla	5,6	15,0	—	52,5	57,5	—
Suelo de pradera húmeda (<i>Meadow soil</i>), arcilla	5,8	22,0	—	52,2	58,5	—

y el por ciento de saturación (V) tomando la media de diversos suelos (Tabla 7/VII).

Tabla 7/VII

pH	Por ciento de saturación (V)
4	2
4,5	6
5	22
5,5	48
6	74
6,5	90
7	96
7,5	98
8	99

Esto quiere decir que entre la fase sólida y la líquida, del sistema suelo, se establece un equilibrio correspondiente al valor de pH de la última:



En la tabla 7/VII se puede ver también, que cuando el pH resulta ser igual a 8, el valor de S es prácticamente igual al valor de T; el suelo alcanza su saturación por bases hasta el 99 %.

Al evaluar las distintas características de la acidez de los suelos y las relaciones que poseen entre sí, a nosotros nos inte-

resa, en primer lugar, en relación con el asunto del encalado, la concordancia entre la acidez hidrolítica (y₁) y el valor de T-S, ya que son estos dos índices los que pueden servirnos de base en los cálculos de la cuantía de cal a aplicar.

La acidez hidrolítica (y₁) casi siempre resulta ser superior a T-S.

Según todo lo expuesto se puede esperar una coincidencia más satisfactoria entre el valor T-S y el de la y₁, en suelos en cuya parte arcillosa predominan los minerales de la arcilla pertenecientes al grupo de los montmorillonoides o de las illitas. Esta tendencia se puede verificar en el ejemplo de algunos suelos ácidos cubanos investigados por nosotros. En la tabla 8/VII figuran datos que se refieren a la relación existente entre el valor de T-S y el de la y₁.

Las muestras fueron tomadas de la capa superficial, y el contenido de materia orgánica en ellas varía de 1 a 3 %. El tipo de la mezcla de los minerales de la arcilla está caracterizado en la tabla para los NFA (Niveles de fijación del agua).

Para reducir la divergencia de los dos valores discutidos se tendrían que modificar las técnicas de Mehlich. Si se mantienen los procedimientos prescritos por el autor del método para los suelos neutros (o sea, saturados), en el caso de suelos ácidos, primero tendría que realizarse el intercambio de las bases adsorbidas por una solución de Cl₂Ba, y por un intercambio repetido con la solución A del autor (solución de Cl₂Ba + buffer) reali-

zar la determinación del valor de T . Pero este método modificado no resultaría conveniente para los trabajos con gran número de muestras de suelo.

virtual de la disociación del ácido débil, y C el factor de la proporción, el cual tiene signo $-$.

Tabla 8/VII

El suelo	La profundidad, cm	NFA	pH	y_1	$T-S$
				me/100 g	
I. Suelos rojos, arcillas					
Matanzas 2	0-30	2/a	5,8	12,8	6,5
Nipe 11	0-45	2/b	6,0	5,8	4,4
Limonas 22	0-10	4	6,3	6,7	6,3
V. Suelos arenosos y loams					
Maboa 32	0-40	2/a	6,3	12,0	5,1
Mocarrero 31	0-28	2/b	5,5	11,9	7,9
Corojal 33	0-20	3/a	5,5	7,9	5,3

Para evitar las discrepancias entre el valor de $T-S$ y el de la y_1 , en la Unión Soviética, cuando se trata del encalado de suelos ácidos, se determina la suma de los cationes metálicos. (Ca, Mg, K, Na) o sea, el valor de S , por valoración en medio expresadamente ácido y, omitiendo la determinación del valor de T , utilizan la siguiente fórmula para el cálculo del grado de saturación por bases: V ,

$$V, \% = \frac{S}{S + y_1} \cdot 100.$$

Esto quiere decir que el valor de T lo consideran igual a la suma de S + la acidez hidrolítica (y_1).

J. DI GLERIA estableció, según investigaciones científicas, la relación correcta entre el valor de pH, el de $T-S$ y S de los suelos ácidos. La fórmula correspondiente es la siguiente:

$$\text{pH} = \text{pK} - C \cdot \log \frac{T - S}{S} \quad (\text{A})$$

donde pH = el valor de pH isohídrico del suelo,

pK y C = constantes de la ecuación, donde pK es la constante

La relación indicada en la fórmula (A) no se refiere al valor de pH del suelo en agua; es el pH de aquel miembro de una serie de soluciones buffer que, puestas en contacto con el suelo, no fueron alteradas por éste; quiere decirse, corresponde a aquél de otro sistema amortiguador, en el cual este último es, en nuestro caso, el suelo investigado. Es el significado del pH isohídrico.

Para hallar la relación caracterizada por la fórmula (A), tiene que determinarse el valor de S con la solución amortiguadora correspondiente al pH isohídrico del suelo y el valor de T con la solución 0,2 N de acetato de bario.

Pues, aunque tengamos la relación correcta entre las características, T , S y $T-S$ de los suelos ácidos, las técnicas a utilizar son tan laboriosas, que no pueden ser utilizadas en el trabajo corriente, y son reservadas para investigaciones científicas.

Mencionamos que el suelo, desde el punto de vista de su comportamiento fisicoquímico, es un sistema amortiguador.

Tiene que hablarse algo más de la capacidad amortiguadora de los suelos

como una característica la cual hay que tomar en cuenta también al elaborar recomendaciones correctas para el encalado de los suelos ácidos.

Se le llama poder amortiguador de los suelos a la resistencia que oponen a modificar su pH cuando se le añaden ácidos o álcalis.

La importancia de esta propiedad es muy grande; evidentemente, a mayor capacidad de resistencia de un suelo, mayores serán las cantidades de cal a utilizar para realizar un cambio de pH. Para tener una idea de esto tomamos algunos datos de P. M. MELA.

Con la misma cantidad de Ca de cambio, los cuatro tipos de suelos abajo citados deben tener, aproximadamente, los siguientes pH si se parte de uno igual a 4:

	pH:
Suelos silíceo con poca arcilla	7
Suelo loamoso	5,5
Suelo arcilloso	5,2
Suelo turboso	4,6

según estos datos se ve muy bien, que el poder amortiguador depende:

1. de la clase textural;
2. del contenido de materia orgánica del suelo, y son mayor en arcillas los que contienen más materia orgánica.

Según las investigaciones de Mehlich a una saturación por bases del 50 %, el suelo *Cecil* muestra un pH cercano a 6,4. El número correspondiente para el de *Iredell* es aproximadamente 4,4. Ambos son suelos del norte de California.

El de *Cecil* está dominado por minerales caoliníticos y el de *Iredell* por arcillas montmorilloníticas. Evidentemente, el de *Iredell* se presenta como más fuertemente ácido y, por consiguiente, de un mayor poder de amortiguación. Puesto que las muestras en ambos casos provienen del subsuelo, la diferencia en el poder amortiguador se debe a la diferen-

cia en el tipo de la arcilla mineral presente.

Basado en todo lo que se ha expuesto anteriormente en cuanto a un encalado correcto, se puede decir lo siguiente:

1. No se debe dar recomendaciones para los suelos ácidos en general, sino tomar en cuenta el tipo del mineral arcilloso, el cual participa en el complejo adsorbente de los suelos en cuestión. En lo que se refiere a los suelos cubanos puede prestarnos buenos servicios nuestra clasificación física tentativa según los tres (3) *NFA* distintos.
2. La materia orgánica tiene también alto poder de amortiguación, el cual se manifiesta en más alto grado en suelos caoliníticos que en aquellos que contienen minerales del grupo de los montmorillonoides. Parece conveniente dividir los suelos a encalar en dos grupos, según su contenido de materia orgánica, el primero de éstos contendrá menos de 3 % y el segundo más de dicha cantidad.
3. Al ser la parte arcillosa de los suelos el sitio de su acidez potencial a eliminar particularmente, para el mismo grupo de tipos de suelo, la cantidad de material del encalado, depende también de la clase textural de los suelos en cuestión.
4. No existe entre las características de la acidez potencial de los suelos una coincidencia perfecta, algunas veces ni satisfactoria, por razones teóricas. Estas características son el pH_{CIR} , la acidez hidrolítica (y_1), la acidez cambiante (y_2), el valor de *U-S* y el grado de la saturación por bases (*V*, %). Dicha coincidencia tampoco puede esperarse, por las grandes diferencias en las técnicas de laboratorios mediante las cuales se hace la determinación de los valores numéricos de las característi-

cas químicas arriba mencionadas.

5. Se propone basar los cálculos de la cantidad de cal a aplicar en la acidez hidrolítica (y_1), tomando en cuenta la acidez cambiante (y_2) y también el $pH_{C_{IK}}$.

A continuación véase, cómo han sido aplicados los principios expuestos por nosotros, en el extranjero. Primero, tomaremos como ejemplo el de la Unión Soviética.

La tabla 2/VII, la cual presentamos al inicio de este capítulo, representa las recomendaciones para los suelos podsólicos.

Este gran grupo de suelos se divide en cuatro clases según su acidez y en la *Pedología*, de Vilenski, se caracterizan por los siguientes índices numéricos (Tabla 10/VII).

las clases texturales de los suelos y las proporciones del CO_3Ca se presenta la tabla 11/VII con valores promedios calculados por nosotros.

Se ve muy bien, que el paralelismo entre aquella parte del suelo cuya acidez potencial tiene que disminuirse y las porciones del CO_3Ca a aplicar es perfectísimo.

La acidez hidrolítica (y_1) de los suelos fuertemente ácidos por la aplicación de CO_3Ca en cantidades recomendadas se disminuye hasta el 50 % de su valor original.

La moderada acidez restante ya no hace ningún daño a los cultivos: tampoco limita la solubilidad de los elementos menores importantes y, por lo tanto, las recomendaciones están en perfecto acuerdo con los modernos principios del correcto encalado.

Tabla 9/VII

LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS LOAMOSOS PODSÓLICOS,
SEGÚN VILENSKI (PROMEDIOS)

Clase	El grado de la acidez	pH_{H_2O}	$pH_{C_{IK}}$	y_1	Al^{-3}	$V, \%$
I	Suelos fuertemente ácidos		4,5	5-7	—	
II	Suelos ácidos		4,5-5,5			70-75 60 (suelos arenosos)
III	Suelos poco ácidos		5,0-5,5			70-75 y más
IV	Suelos casi neutros	6,5-7,0	5,5			75

En valor de T en los horizontes $A_1 - A_2$ (0 — 15/20 cm) de estos suelos es, en promedio, igual a 5 — 10, o sea, muy bajos. En su parte arcillosa estos suelos contienen SiO_2 y minerales arcillosos pertenecientes al grupo de la caolinita.

Véase entonces en qué se basan las recomendaciones para estos tipos de suelos, lo que se refleja en la tabla 2/VII.

Allí las cantidades de cal (tm/ha) son indicadas para las distintas clases texturales de los suelos y por el valor de $pH_{C_{IK}}$. Para tener una idea de la relación entre

En Hungría se realizó el encalado, hasta los últimos años, según lo fundamentado en la tabla 11/VII, la cual tomamos en una forma modificada que corresponde a las metas de nuestra evaluación.

Las recomendaciones en Hungría, en forma general, no toman en cuenta las diferencias en el comportamiento de los suelos debido a los distintos tipos de mineral arcilloso dominante en los mismos.

Las cantidades de CO_3Ca a aplicar, expresadas en múltiplos de la y_1 , aumentan desde los suelos arenosos hasta las

Tabla 10|VII

La clase textural de los suelos	Fracción arcilla más limo, % *		Valor relativo	Cantidad relativa del CO ₃ Ca
	Límites	Promedio		Promedio
Suelos arenosos y loams arenosos	10-30	20	0,6	0,8
Loams	30-40	35	1,0	1,0
Loams arcillosos	40-50	45	1,3	1,3

* Según la clasificación de la textura de los suelos en la Unión Soviética.

arcillas, y así fueron basadas parcialmente en el poder amortiguador de la parte arcillosa de los suelos. Sin embargo, las cantidades de CO₃Ca recomendadas son relativamente altas y se basan en la neutralización casi completa del suelo.

guador de los suelos, el cual aumenta desde las arenas hasta las arcillas, y las pérdidas inevitables para la lixiviación durante la época de las lluvias, se recomienda que la cantidad calculada de material calizo sea multiplicado por los si-

Tabla 11|VII

Recomendaciones para el encalado de los suelos ácidos en Hungría *

La clase textural de los suelos	LSP	Fracción arcilla más limo, % **			La cantidad de CO ₃ Ca, tm/ha
		Límites	Promedio	Valores relativos	
Suelos arenosos	30	10-25	17,5	1	1,0 × y ₁
De loam arenoso a loam	30-40	25-50	37,5	2,1	1,5 × y ₁
De loam a arcilla loamosa	40-50	50-70	60,0	3,4	2,0 × y ₁
Arcillas	50	70-80	75,0	4,3	2,5 × y ₁

* Tomando en cuenta de 0 a 20 cm de profundidad de la capa arada, y d = 1,5.

** Según la clasificación de la textura de los suelos en Hungría.

Hoy día, en Hungría se aplican cantidades de cal reducidas pero frecuentes, para el encalado de los suelos ácidos (una vez todos los años o cada dos años).

En Cuba, según las experiencias obtenidas una parte de los suelos rojos y rojos parduscos (el grupo I de suelos en este libro) y algunos suelos arenosos y loams (que pertenecen al grupo V de suelos) necesitan encalado.

Tomando en cuenta el poder amorti-

guantes factores empíricos, dependiente de la clasificación textural del horizonte a enmendar.

Tabla A

Clasificación textural	Factor empírico (f)
Suelos arenosos y arenas	1,5
Loams (tierras francas)	2
Arcillas	2,5

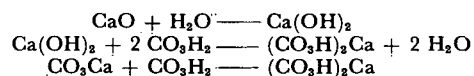
Las formas de cal empleadas en las enmiendas calizas

El catión metálico más conveniente para la disminución de la acidez del suelo es el calcio. Con la eliminación de las sales de ácidos fuertes (por ejemplo: Cl_2Ca) quedan dos grupos cálcicos convenientes:

1. la sal del ácido carbónico, el carbonato de calcio (CO_3Ca) y,
2. los compuestos básicos como el óxido (CaO) y el hidróxido ($2\text{OH}/2\text{Ca}$) del calcio.

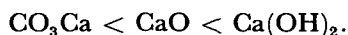
Cuando la caliza, tanto el óxido, el hidróxido, como el carbonato, es aplicada a un suelo ácido, al disolverse, tiende a transformarse en la forma bicarbonatada, debido a la presencia del ácido carbónico en la solución del suelo.

Las reacciones son las siguientes:



Aunque el mecanismo de la disolución de los tres materiales cálcicos sea el mismo, hay diferencias en la solubilidad de ellos debido a las diferencias en sus solu-

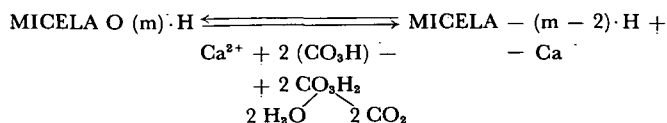
bilidades en agua, entonces, su orden ascendente relativo es el siguiente:



La solubilidad del CO_3Ca depende en alto grado de la finura de la molida del producto industrial.

Estas diferencias en la solubilidad se manifiestan en la duración del encalado realizado. El CO_3Ca actúa lentamente, pero la duración del efecto beneficioso es bastante largo; si lo utilizamos como material de enmienda, es conveniente añadir *m.o.* para favorecer la tercera ecuación anterior en su desplazamiento hacia la derecha. Al contrario, los compuestos básicos se considera que son efectivos con mucho menos tiempo de duración en cuanto a la disminución de la acidez del suelo.

Una vez llegada la cal a la solución del suelo, disminuye la acidez potencial del mismo por el intercambio catiónico entre la fase sólida y la líquida, cuya eficiencia y rapidez dependen de la concentración de los iones Ca^{2+} en la fase líquida del suelo. Este procedimiento puede ser representado del siguiente modo (se refiere a la parte ácida del complejo adsorbente):



De un lado, para la disolución de la cal es indispensable la presencia del CO_2 en la solución del suelo, y del otro, en el intercambio catiónico se libera también el mismo ácido.

El material calizo casi siempre contiene cantidades variables de magnesio sobre todo en el caso de proveniencia dolomítica. Una gran parte de los suelos cubanos que necesitan encalado contienen cantidades de magnesio cambiante que no se debería incrementar por un encalado. *El contenido de magnesio en los ma-*

teriales calizos no debe ser superior a 3 % cuando el magnesio cambiante es superior a 20 % del valor de S del suelo.

Véase en este asunto el párrafo referido a la friabilidad de los suelos. Cuando el contenido de magnesio cambiante del suelo esté por debajo de 20 % de S, es permisible utilizar material calizo que contenga hasta 10 % de magnesio.

Para facilitar los cálculos de la cantidad de cal a aplicar según la acidez hidrolítica (γ_1) del suelo en cuestión y para poder realizar un control rápido de los

datos encontrados en la literatura correspondiente, más adelante se ofrece una tabla de conversión.

mente relacionado con la respuesta de distintos cultivos al encalado. Estos factores son:

Tabla 12|VII

CANTIDADES EQUIVALENTES DE DISTINTOS MATERIALES CÁLCICOS PARA LAS ENMIENDAS CON 1 me/100 g (= 10 kg e/ha) DE LA y_1 (O y_2) EN UNA CAPA DE SUELO DE ESPESOR, $a = 10$ cm Y DE DENSIDAD APARENTE, $d = 1,0$

Cantidad relativa (R)	Material (compuesto químico)	1 mg e/100 g = 10 kg/ e/ha	
		mg	tm valor «b»
1	CO ₃ Ca	50	0,5
0,45	CaO	28	0,28
0,74	Ca(OH) ₂	37	0,37
1,36	SO ₄ Ca*	68	0,68
1,72	"2H ₂ O	86	0,86

* Se ha incluido en la tabla el SO₄Ca también porque aunque no se utilice para el encalado, se hace uso de él en la enmienda de los suelos con altos contenidos de Mg cambiante. Al realizar los cálculos correspondientes no debe olvidarse que el material del comercio tiene 2 moléculas de agua: SO₄Ca · 2H₂O.

La experimentación de campo

Aunque se pueda calcular con aproximación la cantidad de cal a aplicar en el encalado de los suelos ácidos, para esclarecer algunos detalles de la mayor importancia en relación con la eficiencia del encalado realizado, no debe faltar la experimentación de campo.

Algunos factores, muy importantes desde el punto de vista de la mejora de la producción por medio del encalado, no pueden ser tomados en cuenta en los cálculos anteriores.

Uno de estos factores se refiere a la duración del encalado, éstos son:

- a) la cantidad y distribución de las lluvias en el año,
- b) la topografía del terreno y,
- c) el drenaje externo e interno del suelo.

De estos factores dependen las pérdidas anuales por lixiviación del material calizo incorporado al suelo.

Otro grupo de factores está estrecha-

- a) el valor preferido del pH del suelo,
- b) las modalidades (distribución homogénea o en hileras de las plantas; aplicación superficial o incorporación en distintas profundidades del suelo del material calizo, etc.) y la frecuencia del encalado.

Los factores mencionados primero deben ser objeto de una experimentación nacional, mientras que aquéllos mencionados últimos son reservados para la experimentación regional y local también.

Las recomendaciones elaboradas por nosotros tienen, en el sentido de lo anteriormente dicho, un carácter de orientación general, hasta que no se acumulen datos valiosos y concretos en la experimentación de campo.

Suelos salinos y alcalinos

Las sales solubles en los suelos son las formadas por los cationes calcio, magnesio y sodio con los aniones cloruro y sul-

fato. En menores cantidades están presentes los hidrocarbonatos y los carbonatos. La fuente primaria de todas las sales presentes en los suelos son los minerales y las rocas de la corteza terrestre expuestas a la superficie. Por procedimientos de la mineralización (hidrólisis, disolución, oxidación y carbonatación) están liberándose gradualmente estos componentes hasta que llegan a la solución del suelo.

En la formación de los suelos salinos tiene un papel muy importante el transporte de sales solubles de otros lugares al lugar de la acumulación de éstas, esto sucede mediante las aguas subterráneas en contacto con el agua del mar.

Esto último puede ser, también indirectamente fuente de salinización de los suelos, cuando el suelo en cuestión se hubiese desarrollado sobre depósitos marinos ricos en sales solubles en agua. El viento también puede ser un medio de transporte de las sales. Sin embargo, las más frecuentes fuentes de sales resultan ser las aguas superficiales y subterráneas,

que actúan las primeras, cuando se hace uso de ellas en el regadío, lo cual provoca el fenómeno de la salinización secundaria. Este fenómeno también puede manifestarse en caso del uso de aguas no salinas cuando, como consecuencia del regadío, aumenta el nivel freático, y las sales contenidas en las aguas subterráneas suben, por capilaridad, en el perfil del suelo.

La clasificación de los suelos salinos se basa en la cantidad de las sales y su distribución en el perfil; y el nivel de las subclases puede basarse en el tipo de la mezcla de sus constituyentes.

Los cálculos que resultan del llamado balance de las sales en los suelos, se hacen según los resultados del análisis del extracto de agua que determina la cantidad de los siguientes cationes: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ y los aniones presentes: HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- . Después, se calculan por separado las relaciones moleculares para los cationes y para los aniones.

De aquí resulta el tipo de la acumulación de las sales, la cual puede ser:

Relaciones catiónicas			Relaciones aniónicas		
$\frac{\text{Na}^+ + \text{K}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}$	$\frac{\text{Mg}^{++}}{\text{Ca}^{++}}$	El tipo de la acumulación de sales	$\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^-}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{SO}_4^- + \text{Cl}^-}$	El tipo de la acumulación de sales
> 2		Sódico	> 2		Clórico
1-2	> 1	Magnésico-sódico	1-2		Sulfatado-clórico
1-2	< 1	Cálcico-sódico	0,2-1		Clórico-sulfatado
< 1	< 1	Cálcico	< 0,2		Sulfatado
< 1	> 1	Magnésico-cálcico	< 0,2	> 1	Carbonatado-sulfatado

El proceso llamado alcalinización de los suelos se basa en el fenómeno físico-químico del intercambio de los cationes, y en el que se acumulan entre circunstancias definidas, los Na^+ en el complejo adsorbente del suelo. Los porcentajes de sodio intercambiables van aumentando

según el caso en que su concentración en la solución del suelo aumenta. Los cationes Ca y Mg son los constituyentes principales en la solución de suelos normales.

Cuando, por cualquier razón se acumulan sales solubles en estos suelos sucede, frecuentemente, que los catio-

nes Na resultan ser dominantes en la solución del suelo. Esto se debe, parcialmente, a lo siguiente: como consecuencia de pérdidas de agua por evaporación la solución del suelo se concentra, disminuye así la solubilidad de los compuestos de Ca y Mg, una parte de los cuales se precipita, y son éstos los carbonatos de calcio y magnesio y el sulfato de calcio, cuya solubilidad en agua es limitada, mientras que aquélla de las sales correspondientes al sodio, es muchas veces mayor.

De este modo aumenta la concentración relativa de los iones Na en la solución del suelo.

La reacción alcalina de algunos suelos salinos se debe a la disociación del complejo sódico, como consecuencia de la cual y de procedimientos secundarios (hidrólisis) en la solución del suelo, se produce la reacción alcalina cuyo grado depende:

1. del % de sodio en el valor de *S* y
2. la concentración y composición de las sales en la solución del suelo.

Como consecuencia de todo lo anteriormente expuesto en los Estados Unidos. (*Salinity Laboratory of the United States Department of Agriculture, 1954*) se dividen los suelos sódicos en tres grandes grupos que son:

- a) suelos salinos;
- b) suelos salinos-alcalinos;
- c) suelos no salinos-alcalinos.

Estos distintos grupos de suelos se caracterizan por su salinidad (contenido de sales solubles totales según la conductividad eléctrica en *mmhos/cm* del extracto de saturación), reacción (valor de pH), el contenido de sodio adsorbido (cambiable) en % del valor de *S* (la suma de los cuatro cationes metálicos cambiables). Véase la tabla 13/VII.

Tabla 13|VII

LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS Y ALCALINOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

Tipo de suelo	Conductividad eléctrica en el extracto de saturación, en <i>mmhos/cm</i> a 25 °C	Porcentaje de sodio cambiante (P.S.I.)	pH	Presión osmótica en el extracto de la saturación, atm.	Nota
Ligeramente salinos	2-4				Los rendimientos de las plantas muy susceptibles se pueden ver afectados
Salinos	Mayor de 4	Menos de 15	Generalmente de 8	Mayor de 1,44	
a) medianamente	4-8			1,44-2,88	Los rendimientos de varios cultivos se ven afectados
b) fuertemente	8-16			2,88-5,76	Únicamente los cultivos tolerantes progresan satisfactoriamente
c) muy fuertemente salinos	Mayor de 16			Mayor de 5,76	Sólo algunos cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente
Salinos alcalinos	Mayor de 4	Mayor de 15	Pocas veces mayor de 8,5		
Alcalinos	Menor de 4	Mayor de 15	8,5-10,0		

Mientras que en esta clasificación los suelos salinos también fueron agrupados en subclases, no se realizó en el caso de los suelos alcalinos.

Los suelos salinos de esta clasificación corresponden a los *solonchak* de los pedólogos soviéticos. Para el caso en que se ha establecido un drenaje interno satisfactorio, el exceso de las sales solubles pueden ser eliminados por lixiviación y los suelos en cuestión se convierten de nuevo en suelos normales. Los suelos salinos contienen, algunas veces carbonatos de calcio y magnesio. La cantidad relativa del sodio cambiante no es superior al 50 % del valor de *S*.

Los suelos salinos alcalinos se han formado como resultado de ambos procedimientos de salinización y alcalinización.

Mientras las sales solubles están presentes en exceso, el aspecto y propiedades de estos suelos son, en general, similares a aquéllos de los suelos salinos. En este caso los valores de pH raramente son superiores a 8,5 y las partículas del suelo quedan floculadas. Si el exceso de las sales solubles resulta ser eliminado por lixiviación, las características de estos suelos se cambian marcadamente y resultan ser similares a aquéllas de los suelos no salinos alcalinos. Al disminuirse la concentración de las sales en la solución del suelo, una parte del sodio cambiante se hidroliza y forma hidróxido de sodio, y parcialmente, también por la intervención del CO_2 presente y del carbonato de sodio. Sea lo que fuere, el suelo resulta ser fuertemente alcalino (pH superior a 8,5), las partículas del suelo se encuentran en estado disperso y, por lo tanto, el drenaje interno se empeora. Los suelos salinos alcalinos contienen también, algunas veces, yeso, y en el caso de lixiviación se disuelve una parte de éste lo que produce cationes de calcio en la solución del suelo, los cuales, paralelamente con la eliminación de las sales, reprimen parcialmente, el sodio cambiante.

Los suelos no salinos alcalinos corres-

ponden aproximadamente a los suelos *solonetz* de los pedólogos soviéticos. Estos tienen mayor ocurrencia en las regiones semiáridas y áridas. Como consecuencia de drenaje y lixiviación natural, estos suelos se formaron de los suelos salinos alcalinos; DE SIGMOND consideraba que este tipo de suelos se había formado por degradación de los suelos alcalinos. Se formaron solamente en ausencia de cal y los valores relativamente bajos de pH resultan por el H cambiable presente en el complejo adsorbente del suelo (entonces, el procedimiento llamado «degradación» consiste, parcialmente, en acidificación).

Para este caso especial cuando un suelo alcalino resulta ser no salino y sus características desfavorables se deben, exclusivamente, a un contenido elevado de sodio cambiante, estos suelos recibieron el nombre de *suelos-sik*. Pero, como regla en las zonas áridas y semiáridas, los suelos no salinos alcalinos desarrollan un aspecto morfológico muy característico. Como consecuencia de la alta dispersión de la arcilla, parcialmente saturada por sodio, ésta puede ser transportada hacia abajo en el perfil, y puede acumularse en posiciones más bajas. Por tanto, a pocas pulgadas abajo de la superficie puede resultar un suelo más ligero en su textura; pero debajo de esta capa, se acumula la arcilla, que forma una capa densa de poca permeabilidad, con estructura columnar o prismática.

En estas características morfológicas se basa, parcialmente, la clasificación soviética de los suelos salinos y alcalinos.

Los procedimientos de la formación de los suelos *solonchak* se llaman salinización y según su salinidad (contenido de sales solubles totales, hasta 1 m de profundidad (ver *Tabla 14/VII*) resulta.

Las premisas de las enmiendas de cualquier tipo de los suelos salinos son las siguientes:

- a) bajar el nivel freático (por debajo del nivel crítico) para romper la ca-

Tabla 14/VII
LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SOLONCHAK DESDE EL PUNTO
DE VISTA DE SUS ENMIENDAS

Grado de la salinidad	Rendimientos de varios cultivos	Residuo seco	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Recomendaciones para las enmiendas
		En el extracto de agua (1 : 5), % b.s.s.			
Ninguna	Normales	< 0,3	< 0,02	0,1	
Débil	Poco afectados	0,3-0,5 0,5-1,0	0,02-0,04 < 0,02	0,1-0,3 0,3-0,4	Cultivación especial
Mediana	Medianamente afectados	0,5-1,0 1,0-2,0	0,04-0,1 < 0,04	0,3-0,4 0,4-0,6	Lixiviación por regadío
Fuerte	En alto grado afectados	1,0-2,0 2,0-3,0	0,1-0,2 < 0,1	0,4-0,6 0,6-0,8	Cult. especial y lixiviación
Solonchak típico	No rinden	> 2,0	> 0,1	0,8	No económicas

pilaridad por medio de la cual podrían subir las sales a las capas superficiales del suelo;

- b) eliminación de las sales solubles del suelo;
- c) no admitir la elevación del nivel freático.

Suelos salinos en Cuba

La extensión de los suelos salinos y los afectados por sales solubles en las regiones marginales de las costas y, parcialmente, en el interior del país también, es relativamente grande. Por tanto, estos suelos resultan ser un problema bastante serio en Cuba. Con todo, tenemos muy poco material que se refiere a este asunto. En el material de las propias investigaciones los suelos salinos participan solamente con 6 perfiles en total.

H. H. BENNETT dice que resultaba un problema importante la presencia de sales solubles en el suelo de algunas áreas.

En su libro presenta una tabla con 12 grupos de suelos con varias cantidades de sales solubles, y según análisis detallados menciona lo siguiente: «La distribución de las sales varía a diferentes profundidades a través del suelo y del subsuelo y no siempre aumenta con la

profundidad. Estas concentraciones probablemente no sean estables sino que pueden variar algo en diferentes estaciones del año, debido al movimiento general de la humedad del suelo. Este factor necesita consideración en relación con planes para drenaje o irrigación.»

En las áreas llanas a lo largo de la costa sur de la provincia de la Habana, para conocer la distribución de las sales en esta región se confeccionó, de acuerdo con levantamientos muy cuidadosos y detallados, un mapa sobre suelo y salinidad. Al evaluar los resultados de este trabajo, BENNETT buscaba la relación entre algunas características de distintos tipos de suelos y su salinidad. Entre otras cosas dice lo siguiente:

«La distribución de las sales en esta región, según se muestra en este mapa... concuerda hasta un grado considerable con el tipo de suelo, y es mayor en aquellas arcillas que tienen los subsuelos más densos e impermeables.

»Por regla general la arcilla *Jicotea*, más friable en la misma posición relativa, contiene considerablemente menos sal que la arcilla *Júcaro*, muy firme.» Continúa así: «Este mapa muestra también una rápida disminución de sal en los tipos que se extienden hacia el norte

desde la zona de condiciones de drenaje intermedio que bordean las ciénagas costeras. Esto significa que a medida que el drenaje natural mejore, el contenido de sal disminuye.» En ninguna parte de este capítulo H. H. BENNETT menciona, que hubiera observado la ocurrencia de suelos alcalinos también.

El contenido de sal varió en las regiones investigadas detalladamente por el autor entre 0,09 y 2,22 y más, la mayor parte de ellas es el cloruro de sodio.

De todo lo anteriormente citado podemos sacar conclusiones muy importantes:

1. Los suelos salinos en Cuba no son representados por tipos genéticos característicos, sino por varios tipos de suelos que pueden ser afectados por sales provenientes del mar.
2. No han sido encontrados todavía suelos alcalinos y, por tanto, su existencia en Cuba es casi imposible. Parece lógico porque son formaciones típicas para las regiones áridas y semiáridas.
3. La acumulación de las sales facilita la baja permeabilidad de algunos suelos afectados por dichas sales solubles en agua.

A continuación se discutirá el aspecto

físico de la salinización, o sea, los factores físicos de la permeabilidad de los suelos, en general y en detalles, en relación con los suelos salinos.

El conjunto de todos los poros en el cual se encuentran la fase gaseosa y líquida del suelo se llama *porosidad*. Los poros se dividen en distintos grupos, según su tamaño y cumplen por esto diferentes funciones, entre otras, una en relación con el régimen de agua en los suelos. Volveremos a hablar detalladamente de esto en el capítulo que trata sobre los fenómenos del hinchamiento; aquí enfocaremos aquella parte de la porosidad (P) que tiene un papel importantísimo en relación con los movimientos del agua en el suelo. Esta parte de la porosidad es la llamada porosidad de la gravitación total (P_G) la cual en sí puede ser subdividida en tres partes: la P_{g1} , P_{g2} y P_{g-cap} . Mientras que entre los subgrupos mencionados primero, hay una diferencia cuantitativa (en el tamaño de los poros) entre ellos ($P_{g1} + P_{g2}$) y la P_{g-cap} , existe una diferencia cualitativa también. Estos últimos pueden actuar en sentido doble, según las circunstancias. Todo lo anteriormente dicho puede ser representado esquemáticamente como sigue:

Tabla 15|VII

LA SUBDIVISIÓN DE LA POROSIDAD GRAVITACIONAL TOTAL (P_G)
Y EL FUNCIONAMIENTO DE SUS PARTES

Grupo de poros	Tamaño	Nivel freático	Fuerzas de la		Dirección de los movimientos de aguas	Funcionamiento en los procedimientos de la salinización
			Gravedad	Capilaridad		
P_{g1}	Grande	Alto bajo	Actúan	No actúan	Desde arriba hacia abajo	Drenaje rápido
P_{g2}	Mediano	Alto bajo	Actúan	No actúan	Desde arriba hacia abajo	Drenaje despacio
P_{g-cap}	Pequeño	Alto	No actúan	Actúan	Desde abajo hacia arriba	Suministro de sales a las capas superiores
		Bajo	Actúan	No actúan	Desde arriba hacia abajo	Drenaje despacio

Los poros de la P_{g-cap} cesan de actuar como elevadores de las sales por capilaridad sólo cuando se baja el nivel freático por debajo de aquella profundidad que se llama crítica (aprox. igual a 4 m desde la superficie). No se muestra eficaz el zanjeo en esta relación y sólo se hace raras veces y en algunos tipos de suelo, con los tubos de drenaje puestos en el subsuelo; sin hablar de que en ningún caso resultan ser económicos.

La disminución del nivel freático mejora la aireación de los suelos salinos; cuando ésta es muy pobre los cultivos sufren, no sólo por la abundancia de sales, sino por falta de aire en el suelo y también en el subsuelo.

El zanjeo lateral por zanjas abiertas es, sin embargo, mucho más barato,

sobre todo, cuando se toma en consideración el alto nivel de la mecanización de hoy día, H. H. BENNETT dijo: «Es probable que en largo tiempo las zanjas abiertas sean el único medio práctico para mejorar las condiciones de drenaje.» Tiene razón, y continúa así: «Si las zanjas fracasan en dar drenaje interno adecuado, éstas, por lo menos sacarán el exceso de aguas superficiales y muchas áreas tienen gran necesidad de ello, en la misma forma que necesitan el drenaje interno, o aún más.»

La tabla 20/VII ofrece los datos que se refieren a la distribución de las partes de la P_G entre sí, en 6 perfiles de suelos de diferentes salinidades. Se ve muy bien, que independientemente del tipo de suelo y del orden de magnitud de su po-

Tabla 16/VII

LA POROSIDAD GRAVITACIONAL TOTAL (P_G) Y SUS PARTES RELATIVAS EN ALGUNOS SUELOS SALINOS CUBANOS

Tipo de suelo y profundidad, cm	d	P P_G		$P_G = 100 \%$			
				P_{g1}	P_{g2}	P_{g-cap}	
				% de vol.		%	
1. Suelos muy poco salinos: s.s.t. = 0,1 - 0,25 %							
Bayamo, 40	5- 15	0,98	61,9	18,8	25,0	33,0	42,0
	50- 60	1,20	54,3	7,1	—	42,2	57,8
	180-190	1,42	47,7	8,7	—	16,1	83,9
Bayamo, 46	3- 9,5	0,84	68,7	15,8	—	15,2	84,8
	45- 55	0,97	65,7	9,2	—	—	100,0
	200-210	1,03	63,3	7,4	—	—	100,0
2. Suelos de poco a moderadamente salinos: S.S.T. = 0,2-0,9 %							
Alto Cedro, 36	3- 13	0,86	70,0	21,1	17,0	23,7	59,3
	30- 40	1,03	68,9	16,8	—	46,4	53,6
	130-140	1,14	59,0	8,2	—	18,3	81,7
Alto Cedro, 47	3- 9,5	1,00	66,9	15,7	—	24,2	75,8
	25- 35	1,09	57,6	9,4	—	24,4	75,6
	174-184	1,29	55,5	9,8	—	55,5	44,5
3. Suelos fuertemente salinos: S.S.T. = 0,5 - 2,0 %							
Júcaro, 4	0- 10	1,20	53,5	10,6	—	75,7	24,3
	45- 55	1,15	54,9	8,3	—	38,5	61,5
	85- 95	1,15	55,6	8,2	—	37,8	62,2
Herrera, 6	0- 6,5	1,19	54,2	16,3	—	24,5	75,5
	25- 31,5	1,11	58,5	4,5	—	25,5	74,5
	135-141,5	1,00	61,4	15,8	—	22,8	77,2

rosidad total (P) lo común en ellos es, que la P_{g-cap} es, como mínimo, el 50 % de la P_G .

La falta de un drenaje interno es el factor más importante de la acumulación de las sales en los suelos cubanos y, al mismo tiempo, lo que más impide sus enmiendas adecuadas. Para mejorar la proporción de las $P_{g_1} + P_{g_2}$ dentro de la P_G sirve la subsolación, pero ni esto resulta ser eficaz en todos los casos, por ejemplo, en el caso de los suelos *Bayamo*, H. H. BENNETT reporta así: «Los agricultores, que tienen larga experiencia con este tipo de suelos afirman que el uso del subsolador no da resultados de mucha duración... pues con las primeras lluvias saturantes el subsuelo pegajoso vuelve a fluir, alcanzando su anterior condición de densidad haciendo inútiles los efectos de la costosa operación.»

En el carácter de las enmiendas existe una marcada diferencia entre los

suelos ácidos a encalar y los suelos salinos.

Mientras que en el primer caso no se forman productos desventajosos por intercambio de cationes, los cuales tendría que eliminar del sistema, en el segundo caso la eficiencia de las enmiendas depende, en altísimo grado, de la eliminación de las sales y los productos del intercambio catiónico cuando se le aplican al suelo que se va a mejorar, materiales calizos.

En los procedimientos de mejoramiento, un drenaje interno adecuado en el perfil del suelo salino es indispensable y, al contrario, en los suelos ácidos, el drenaje perfecto disminuye algunas veces la duración del efecto beneficioso del mismo encalado.

Resumiendo todo lo anteriormente discutido se pueden dar las siguientes recomendaciones para las enmiendas de los suelos salinos, representadas en la tabla 17/VII.

Tabla 17/VII

RECOMENDACIONES PARA LAS ENMIENDAS DE LOS SUELOS SALINOS

Clase de suelo	Salinidad (S.S.T. %) hasta 1 m de profundidad	pH hasta 30 cm de profundidad	Posición (sobre el nivel del mar)	Enmiendas	Nota
I	Menor de 0,2 suelos no salinos			Ningunas especiales	Subsolación puede ser beneficiosa
II/a	Baja (0,2-0,5)	Menor de 6,5 Mayor de 6,5	Alta	Carbonato de calcio Yeso	Subsolación
II/b	Mediana (0,5-1,5)	Menor de 6,5 Mayor de 6,5	Alta	Carbonato de calcio Yeso	Subsolación más regadío
III/a	Baja (0,2-1,5)	Menor de 6,5 Mayor de 6,5	Baja	Carbonato de calcio Yeso	Regulación del nivel freático. Subsolación. Zanjeo
III/b	Mediana (0,5-1,5)	Menor de 6,5 Mayor de 6,5	Baja	Carbonato de calcio Yeso	Regulación del nivel freático. Subsolación. Zanjeo. Regadío
IV	Alta (mayor de 1,5)				Para pastos, cultivo de arroz

Nota: Los suelos *Bayamo* y *Yaguajay* pertenecen en todos los casos a la Clase IV.

Las características físicas bien conocidas y muy desventajosas de los suelos salinos, no se deben directamente a la presencia de varias cantidades de sales solubles, sino resultan por el efecto del intercambio catiónico entre las fases líquida y sólida del suelo. Debido a la alta concentración de los cationes Na y Mg (estos últimos acompañan casi en todos los casos, a los primeros mencionados) cambian los cationes Ca y por este medio, poco a poco, transforman el suelo cálcico en un suelo sódico-magnésico. Los fenómenos debidos al demasiado hinchamiento en el estado húmedo, y el encogimiento en el estado seco (formación de grietas, y al arar terrones grandes) empiezan a manifestarse ya cuando el Na es superior a 5 % del valor de S. Todo esto se manifiesta menos cuando el suelo se encuentra todavía en presencia de sales solubles; estos procedimientos secundarios eliminan, en primer lugar, la alcalinización del suelo por consecuencia de hidrólisis del complejo coloidal. Entonces, las sales solubles impiden la disgregación del suelo lo que, cuando ocurre, empeora aún más sus malas características.

Estos son los motivos por los cuales cada una de las subclases (de II/a a III/b) en la tabla 22/VII las dividimos en dos variantes según el valor de pH determinado en agua. Al mismo tiempo, cuando se le incorpora al suelo el material de la enmienda queremos mantener la reacción débilmente ácida y por esto variamos el CO_3Ca por yeso.

Desde el punto de vista de las enmiendas correctas y eficaces los trabajos a realizar serían los siguientes:

1. Estudios en el terreno: a) de la topografía, la altura sobre el nivel del mar; b) estudios previos de la profundidad y proveniencia (fluctuaciones anuales) de las aguas subterráneas, las cuales suministran las sales.

2. Toma cuidadosa de muestras de suelo por lo menos hasta la profundidad de 1,5 m.
3. Según los estudios previos además de las investigaciones hechas en el laboratorio, confeccionar el mapa detallado (en escala 1:5000) y las recomendaciones para las enmiendas, tomando en cuenta, en todos los casos, la economía de éstas.

Suelos magnésicos

Podemos llamar así a aquellos suelos que contienen elevadas cantidades de magnesio cambiante (en general, más de 10 % del valor de S). Son de moderadamente ácidos a poco alcalinos ($\text{pH}_{\text{ClK}} = 5,5 - 7,0$ y más). En ellos están representadas todas las clases texturales, y en lo que se refiere a los tipos de mineral arcilloso que presentan, pueden contenerlos en proporciones muy variadas (desde las mezclas caoliníticas hasta las montmorilloníticas) que dominan los distintos tipos de suelos cubanos.

Luego, el fenómeno de la acumulación del magnesio no es específico. Estos suelos pueden ser divididos en dos grupos:

1. En suelos desarrollados sobre serpentina (y otros tipos de rocas ígneas, como la diorita, etc.) (los suelos *Limonas*, *La Larga*, *Martí*).
2. En suelos que fueron afectados por sales, pero como consecuencia de la disminución del nivel freático ya hace mucho tiempo no lo son; se efectuó una desalinización muy lenta, por supuesto acompañada por una moderada acidificación en las partes superiores del perfil de los suelos.

A éstos pertenecen los suelos *Maboa*, *Corojal*, *Hatuey* y en algunos lugares, los suelos *Matanzas* y *Perico* también.

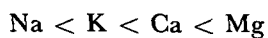
En lo que se refiere a los detalles de la formación de los suelos del grupo 2, no tenemos ninguna teoría satisfactoria.

Tienen que tener algo en común con los suelos salinos por las siguientes razones: en Hungría, son conocidos los suelos magnésicos en la región marginal de la mayor región de los suelos salinos. En la Unión Soviética, mencionan unos autores que en algunos tipos de los suelos salinos y alcalinos también había un contenido elevado de magnesio cambiabile. Fuera de lo poco mencionado, casi no existe ninguna literatura sobre los suelos magnésicos y no sin motivo. O no cuentan en algunos países por su extensión relativamente pequeña, o se dan las recomendaciones para sus enmiendas, incluidas en el grupo de los suelos salinos al cual pertenezcan, como en el caso en la Unión Soviética.

En relación con Cuba, todo esto es distinto. Aquí el contenido elevado de magnesio cambiabile es bastante frecuente.

A esto se debe, parcialmente, la mala consistencia de numerosos tipos de suelos cubanos; si el contenido de Mg es superior a un límite definido (el cual depende de la clase textural y la mezcla de los minerales de arcilla presentes en el suelo) empeora la calidad de las labranzas de la tierra convierte el suelo de friable en firme (en lo que se refiere a más detalles, véase el capítulo II, en la segunda parte de esta obra). Se puede suponer que en la mayoría de los suelos sabanosos sus características físicas tan desventajosas, se deben también parcialmente al predominio del magnesio en el complejo adsorbente.

En lo que se refiere a la formación de los suelos magnésicos podemos recordar el orden en el poder de desplazamiento de los cuatro cationes metálicos el cual, según WAY, resulta lo siguiente:



Esto quiere decir que, en caso de competencia, los iones Mg remplazan con mayor eficiencia los iones de Ca que los iones de Na cuando se encuentran en la misma concentración en la solución del

suelo, o —que dice lo mismo— que para que se efectúe el desplazamiento de los iones Ca por aquellos de Na, estos últimos tendrán que estar presentes en la solución del suelo en mucha más alta concentración que los iones de Mg. Sin embargo, este fenómeno ha beneficiado en muchos casos el enriquecimiento del complejo adsorbente del suelo por Mg.

No se debe dejar fuera de consideración que una de las premisas en la formación de los suelos magnésicos fue, por cierto, la relativamente alta posición de las aguas subterráneas.

Esta circunstancia tiene un papel primordial en todos los casos, cuando quisiéramos aumentar la eficiencia de las enmiendas por regadío. Tiene que practicarse siempre con cuidado para evitar —por ascenso repetido del nivel freático— el aporte de material magnésico a las capas superficiales del suelo en cuestión.

Después de haberse terminado la primera etapa de la formación de suelos magnésicos empezó la acidificación, un procedimiento muy largo cuyo factor causante son las lluvias caídas. El agua precipitada y que se filtra a través del suelo, produce un lavado de bases. Aparte de esto los cationes de cambio son remplazados cada vez en mayor proporción por los iones H de los ácidos formados en el suelo, sobre todo del ácido carbónico.

Así resultó por supuesto el perfil actual del suelo *Bayamo* (el No. 40 de los suelos investigados por nosotros), cuyas características químicas presentamos en las tablas 18/VII y 19/VII.

En estas tablas se ve muy bien, que el perfil presenta el aspecto de uno lixiviado. Mientras que baja la acidez desde la superficie (donde alcanza su mayor valor) hacia abajo en 100 cm de profundidad, aparece el carbonato de calcio y en la misma profundidad, alcanza el suelo su saturación por bases hasta 100 %.

La mayor cantidad de Mg cambiabile se encuentra en las capas superiores, y

Tabla 18/VII
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO BAYAMO 40

Capa, cm	pH _{clik}	CO ₂ Ca %	Acidez	
			Hidrolítica (γ ₁)	Cambiable (γ ₂)
			me/100 g	
0- 50	6,0	—	14,7	0,5
50- 90	6,0	—	7,3	—
90-100	7,0	—	2,2	—
100-135	7,2	2,4	—	—
135-180	7,2	1,8	—	—

Tabla 19/VII
CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO ADSORBENTE DEL SUELO BAYAMO 40

Capa, cm	T	S	T-S	V %	En % de S			
	me/100 g				Ca	Mg	K	Na
0- 50	44,6	33,4	11,2	74,8	56,1	38,2	2,5	3,2
50- 90	44,6	40,7	3,9	91,2	49,2	43,2	1,3	6,3
90-100	38,8	37,8	1,0	97,4	55,6	32,9	1,6	9,9
100-135	32,1	32,1	—	100,0	69,7	19,5	1,2	9,6
135-180	31,4	31,4	—	100,0	66,4	20,5	0,8	12,3

Tabla 20/VII
EL LÍMITE SUPERIOR DE LA CANTIDAD DEL Mg + Na CAMBIABLES

Clase textural del suelo	Mg + Na cambiabile (en % de S)						
	NFA: 1	2/a	2/b	3/a	3/b	4	5
Arenas y suelos arenosos		50		35		25	20
Loams		40		30		25	20
Arcillas		30		25		15	10

baja moderadamente hasta los 180 cm de profundidad.

Estudios previos hechos por nosotros han demostrado, que las características físicas desventajosas, parcialmente, se deben por igual a la presencia del Mg y el Na en cantidades elevadas en el complejo adsorbente de los suelos. Aquella cantidad del Mg + Na cambiabile, la cual ya hace daño, depende:

1. de la clase textural, y
2. del tipo de la mezcla de los minerales de la arcilla presente en el suelo.

Por tanto, presentamos detalladamente en la tabla 25/VII los límites superiores (en % de S) que se refieren a estos dos elementos todavía tolerables. En todos los casos, cuando la cantidad del Mg + Na cambiabile resultan supe-

rior a las indicadas en la tabla 20/VII, se recomiendan enmiendas adecuadas.

Para estos casos se recomienda el uso de yeso (cuando el pH es mayor que 6) o una mezcla ⁽¹⁾ (1:1) cuando el pH del suelo es menor que 6.

El uso del subsolador para acelerar el efecto beneficioso de las enmiendas será siempre eficaz.

En los cálculos correspondientes entran el valor de S (la suma de los cationes Ca, Mg, K y Na cambiabiles) y las cantidades del Mg + Na cambiabiles expresadas en $me/100 g$ y en % de S .

Además, se toma en cuenta el límite superior (L) todavía tolerable de estos dos elementos según la tabla 25/VII.

Por medio de aplicación de yeso o yeso + cal, respectivamente, quisiéramos eliminar la parte sobrante del Mg + Na cambiabiles, la cual es la diferencia entre la presente y la todavía tolerable. La fórmula de los cálculos es la siguiente:

$$M, \text{ tm/ha} = 0,086 \left[(\text{Mg} + \text{Na}) - \frac{L}{100} \times S \right] a \times d \quad (3)$$

donde M = la cantidad del yeso a aplicar, tm/ha ,

0,086 = el peso miliequivalente del $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en g ,

$\text{Mg} + \text{Na}$ = la cantidad del Mg + Na cambiabiles en $me/100 g$ de suelo,

L = el límite superior todavía tolerable de Mg + Na cambiabiles, según la tabla,

S = el valor de S , $me/100 g$ de suelo,

a = la profundidad de la capa de suelo, cm

d = la densidad aparente del suelo, g/cm^2 .

Por ser muy grandes las cantidades de yeso calculadas, se recomienda aplicarlas en tres porciones durante tres años consecutivos.

RESUMEN

Por medio de una enmienda correctamente realizada se pudiera modificar la composición (o sea, las proporciones entre sí) de los cationes adsorbidos de los suelos. De ésta dependen en alto grado algunas características agroquímicas y agrofísicas, en fin, la productividad de los suelos.

Desde el punto de vista de la naturaleza de las enmiendas a aplicar los suelos pueden ser agrupados según la tabla siguiente:

Tabla 21/VII

LA AGRUPACIÓN DE LOS SUELOS QUE NECESITAN ENMIENDA

pH _{C1K}	Sales solubles totales (s.s.t. %)	Mg + Na cambiabiles en % de S	La naturaleza del suelo
Mayor de 5,5			Suelos ácidos
Menor de 5,5	Ningunas o menor de 0,2 %		Suelos fuertemente ácidos
Mayor de 5,5	Mayor de 0,2 %		Suelos salinos
Mayor de 5,5	Ningunas o menor de 0,2 %	Más que 20 *	Suelos magnésicos

* Véase en detalles en la tabla 20/VII.

¹ Yeso con carbonato de calcio.

Al discutir las características desfavorables de los suelos surge la pregunta, ¿cuál sería la proporción correcta de los cationes cambiables entre sí para poder satisfacer bien los requerimientos en la nutrición de las plantas por un lado y, al mismo tiempo, asegurar ven-

tajosas condiciones físicas en el suelo por otro lado?

Se trata entonces de los índices numéricos coloidoquímicos del *suelo ideal* y según los datos correspondientes a la literatura se puede establecer el siguiente esquema para suelos arcillosos:

Tabla 22/VII

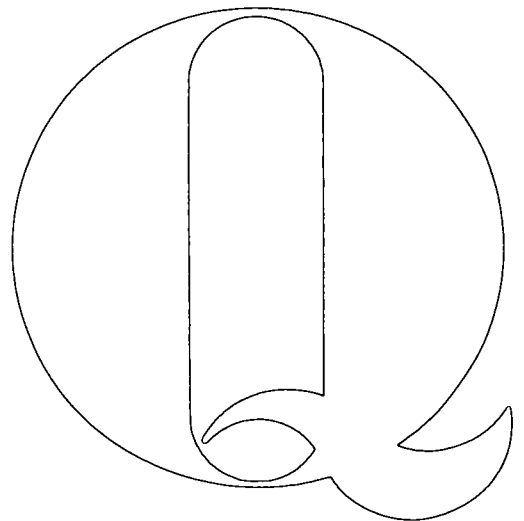
Por ciento de saturación del complejo coloidal por bases (V, %)	La cantidad relativa de los cationes cambiables metálicos (en % de S)			
	Ca:	Mg:	K:	Na:
70-80	75	15	7	3

Este suelo es un poco ácido y, por esto, no inmoviliza los elementos menores; la fijación del fósforo es reducida al mínimo y por la relativa abundancia en calcio es

bien estructurado (los coloides son floculados); la aireación y el drenaje interno son favorables.

Capítulo VIII

*La fertilidad de los
suelos y los factores que
influyen en la misma*



El suelo como factor productivo

El papel del suelo como factor productivo se manifiesta en lo siguiente:

1. Los componentes inorgánicos del suelo sirven de sustancia nutritiva para las plantas superiores.
2. El suelo almacena el agua necesaria para las plantas superiores.
3. Los microorganismos existentes en los suelos son los que desintegran las partes vegetales muertas y las de más sustancias orgánicas que se incorporan al suelo (abonos orgánicos). Gracias a su funcionamiento, las sustancias nutritivas vegetales existentes en las materias orgánicas (nitrógeno, componentes de las cenizas), van a estar disponibles de nuevo para las plantas superiores.

La importancia del suelo como factor productivo se deriva del hecho de que mientras desde el punto de vista práctico no podemos influir, o sólo en pequeña medida, en la cantidad de los factores energéticos (la luz y el calor), entre los factores materiales, en los componentes aire (CO_2 , O_2 , N_2), tenemos, sin embargo, mediante el suelo y el agua, la posibilidad de aumentar la cosecha. En la práctica, la cosecha se relaciona con el suelo y, por lo general, se habla de la capacidad productiva de los suelos, de su fertilidad o de su fuerza productiva. Desde tiempos remotos los hombres vienen investigando las causas de las cuales depende la distinta fertilidad de los suelos. Ya SPRENGEL llamó la atención sobre

la relación entre los elementos nutritivos vegetales y la cantidad de la cosecha. En su opinión, la base de lograr buena cosecha es asegurar que existan en el suelo, en la cantidad requerida, las sustancias inorgánicas que aparecen en las plantas. Según LIEBIG, la sustancia nutritiva que está presente en cantidad relativamente menor es la que determina la cantidad de la cosecha. Si se aumenta la cantidad de ésta —la de la sustancia existente en mínimo— la cosecha va a aumentar en proporción al aumento de la sustancia nutritiva, hasta que no surja otro factor productivo en mínimo (*ley del mínimo relativo*).

WOLLNY señaló que además de las materias nutritivas y el agua, también la luz, el calor, el terreno de cultivo, la profundidad de la capa productiva y el cultivo, influyen en gran medida en la fertilidad de los suelos. Realizó ensayos para determinar cómo varía la cosecha al aumentar la cantidad de la sustancia nutritiva. Comprobó que si se aplican sucesivamente cantidades iguales de una sola sustancia nutritiva, el aumento obtenido en la cosecha con cada aplicación es menor que el logrado con la aplicación precedente. Según MITSCHERLICH esta regularidad ya era conocida por los economistas hace tiempo y la llamaron ley de rendimientos decrecientes.

Factores que influyen en la capacidad productiva de los suelos

Los factores influyentes en la capacidad productiva de los suelos pueden cla-

sificarse en tres grupos: energéticos, materiales y biológicos.

Factores energéticos

Entre los factores energéticos de los suelos el contenido de energía y la capacidad de adsorción de éstas son los más importantes. La llegada de energía (luz y calor) sobre la superficie de los suelos es continua, sin considerar las alteraciones de día y noche. El suelo refleja una parte de la energía llegada sobre él, y la otra la absorbe. Una parte de la energía adsorbida, debido a la irradiación, desaparece del suelo. Al ser adsorbida la energía, la temperatura de los suelos aumenta. Si se cambia el color de los suelos, se varía la capacidad de adsorción de fotoenergía. El color negro aumenta la capacidad de adsorción de fotoenergía, el blanco la disminuye. La fotoenergía que penetra en los suelos se transforma en energía calorífica y eleva su temperatura. Al subir la temperatura, se aceleran los procesos biológicos y químicos, y aumenta mediante esto la capacidad productiva de los suelos.

Factores sustanciales

Son factores sustanciales de los suelos el contenido de agua y de sustancia nutritiva y la capacidad de abastecimiento a los vegetales de esos elementos. El suministro continuo de agua, paralelamente con el abastecimiento de oxígeno, lo aseguran mejor los suelos de estructura de migajón. Cuanto más gruesa es la capa de suelo arable de estructura de migajón que podemos asegurar para las plantas, en tanto mayor medida puede independizarse el abastecimiento de agua a las mismas de las condiciones del tiempo.

Una capa del suelo de estructura de migajón de un grosor adecuado, adsorbe por completo la precipitación de verano e invierno, y la almacena en los poros de

los grumos del suelo para las plantas.

Las sustancias nutritivas inorgánicas existentes en el suelo se disuelven en agua de una manera diferente. Su solución está en estrecha relación con la condensación local de los iones de hidronio. Una parte de las sustancias nutritivas se fija en la superficie de las partículas de suelo mediante adsorción o quimosorción. Ayudan la solución de éstas no sólo los iones de hidronio sino también como consecuencia del intercambio de otros iones. Las sustancias nutritivas adsorbidas aseguran para las plantas —dentro de ciertos límites— su abastecimiento continuo.

Las plantas adsorben con mayor facilidad las sustancias nutritivas solubles en agua.

No sólo las plantas son capaces de aprovechar las sustancias vegetales inorgánicas del suelo, sino también los microorganismos que viven en el mismo. La fijación biológica de las sustancias nutritivas vegetales es sólo temporal, porque la vida de la mayor parte de los microorganismos que viven en los suelos es breve, y después de su muerte se efectúa rápidamente su mineralización. En el caso de ser mayor la proporción C-N de 25:1 en la materia orgánica del suelo, los microorganismos utilizan, para satisfacer su necesidad de nitrógeno, grandes cantidades de los distintos compuestos de nitrógeno solubles en agua, fácilmente adsorbibles por las plantas, lo que puede causar una disminución en la cosecha (efecto pentosa). En este proceso dañino —según los datos de KONONOVA— también intervienen las relaciones de redox alteradas por las circunstancias mencionadas. La fijación temporal de los compuestos de P y K fácilmente adsorbibles, por los microorganismos —de acuerdo con las observaciones realizadas hasta ahora no causa disminución en la cosecha. La fijación biológica temporal de las sustancias nutritivas vegetales, en ciertos casos puede ser favorable al impe-

dir la lixiviación de las sustancias nutritivas en los suelos porosos.

Factores biológicos

Los microorganismos que viven en el suelo transforman las sustancias nutritivas vegetales en compuestos adsorbibles por las plantas. Si se tiene en cuenta que la actividad de los microorganismos que viven en el suelo es mayor en el período vegetativo, el abastecimiento continuo de sustancias nutritivas de las plantas puede asegurarse mediante la presencia de una cantidad correspondiente de materia orgánica y con procedimientos agrotécnicos adecuados.

Los elementos componentes de los suelos

Los suelos contienen materias en las fases sólida, líquida y gaseosa y también organismos vivos. La parte sólida del suelo se compone de materias orgánicas e inorgánicas. En lo que sigue nos ocuparemos del tratamiento más detallado de las mismas y de los compuestos y organismos frecuentes en los suelos.

Sustancias orgánicas de los suelos

La sustancia orgánica de los suelos puede dividirse en dos grupos. Al primer grupo pertenecen los compuestos orgánicos simples bien conocidos, que existen en las plantas, o se producen al desintegrarse éstas. Al segundo grupo pertenecen las materias húmicas, sustancias orgánicas de los suelos que poseen propiedades especiales.

Las sustancias orgánicas simples frecuentes en el suelo pueden clasificarse como sigue: grasas, hidratos de carbono, lignina, sustancias curtidoras, resinas y terpenos.

Las sustancias orgánicas simples sirven, en parte, de alimento para los microorganismos y en parte, intervienen en la composición de las materias húmicas.

Las sustancias orgánicas simples constituyen el 10-15 % de todo el contenido de materia orgánica del suelo.

La composición de las sustancias orgánicas especiales de los suelos, de las materias húmicas, es muy poco conocida.

La composición exacta de éstas no la conocemos porque las materias húmicas no son compuestos orgánicos simples, sino materias orgánicas de composición compleja, de moléculas grandes. Las materias húmicas suelen agruparse según su comportamiento con distintos disolventes. Una parte de las sustancias húmicas forman compuestos salinos con bases, por esto ODEN los llamó ácidos húmicos. La parte de la materia orgánica que no se disuelve en las soluciones alcalinas se llama «carbón húmico» o «humina». La parte de los ácidos húmicos soluble en alcohol y agua se denomina «ácido fúlvico».

Las variedades de ácido húmico solubles en alcohol pero no en el agua se llaman «ácidos himatomelánicos». Los ácidos húmicos insolubles en alcohol son los ácidos humínicos.

Según las condiciones de su formación se usan muy a menudo la denominación de ácido crénico, ácido úlmico y ácido húmico.

Las materias húmicas se forman de restos vegetales mediante la intervención de microorganismos. No se excluye la posibilidad de que en su formación intervengan las enzimas presentes en las plantas y microorganismos muertos. Una parte de las materias húmicas sirven de alimento para los microorganismos del suelo. La otra parte aparece como componente de los ácidos húmicos de gran peso molecular.

Las materias húmicas tienen gran significado en la formación de la estructura grumosa de los suelos, ya que actúan como sustancia aglutinante entre sus partículas. Las sustancias húmicas son capaces de fijar en su superficie gran cantidad de cationes, y así, a semejanza de los mi-

nerales arcillosos preservan una parte de las sustancias nutritivas y la almacenan para las plantas. Poseen importancia extraordinaria las materias húmicas con contenido de nitrógeno, del cual los microorganismos del suelo producen iones de amoníaco y de sodio adsorbibles por las plantas.

Los componentes inorgánicos de los suelos

La parte sólida del suelo consta de partículas minerales de distintos tamaños, productos de la meteorización. La arcilla está constituida por las partículas de menor tamaño (inferior a 0,002 *mm*). Las sustancias nutritivas vegetales existentes en las partículas minerales no meteorizadas (aniones y cationes), solamente al pasar un tiempo mayor, a través de procesos de meteorización, se convierten en sustancias adsorbibles por las plantas. La superficie de los granos no meteorizados, relativamente de gran tamaño, es pequeña, de manera que sólo muy poca sustancia nutritiva pueden proporcionar a las plantas. Es otra la situación en el caso de los productos secundarios formados en el transcurso de la meteorización, los que se precipitan en distribución fina, y tienen así gran superficie específica. Entre éstos los más importantes son los minerales arcillosos, porque son capaces de fijar en su superficie, mediante adsorción, gran cantidad de cationes y aniones y almacenarlos en forma asequible para las plantas.

Significado de las sustancias nutritivas minerales en la nutrición de las plantas

Las plantas adsorben el dióxido de carbono y el agua, como compuestos de enlace de covalencia, en forma de moléculas.

Sin embargo, las sustancias nutritivas minerales entran en el cuerpo de las plantas en forma de iones. Las sustancias nutritivas de origen mineral suelen divi-

dirse en dos grupos: macroelementos y microelementos u oligoelementos. Pertenecen a los macroelementos indispensables el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el magnesio y el azufre.

También se consideran entre los macroelementos el sodio y el cloro, aunque el carácter de indispensables no se ha aclarado suficientemente. Entre los microelementos indispensables ya se logró descubrir el papel botánico-fisiológico del hierro, cinc, manganeso, molibdeno, boro y vanadio. KOSTYCHEV resume como sigue el significado de los macro y microelementos indispensables, en la nutrición de las plantas:

1. Los elementos minerales con factores activos en los cambios realizados en el estado físico de los coloides celulares porque éstos influyen en el metabolismo y en la estructura interna de las células.
2. Los elementos minerales actúan sobre los organismos vivos como tóxicos o como antitóxicos.
3. A menudo desempeñan el papel de catalizadores en las reacciones bioquímicas.
4. Desempeñan un papel importante en las alteraciones de la turgencia y de la penetrabilidad del protoplasma.
5. Son portadores de fuerzas eléctricas y energéticas importantes para las plantas.

Los elementos minerales regulan en el citoplasma el estado de hinchamiento, la concentración de iones de hidrógeno y el potencial redox.

El hinchamiento intensifica la asimilación, o sea, los procesos redox endotérmicos y la formación de materias de gran peso molecular. El encogimiento, en cambio, favorece la oxidación y la respiración y también los procesos exotérmicos redox. El encogimiento impide la formación de sustancias de gran peso molecular (almidón, proteínas) y crea

condiciones favorables para su descomposición. El encogimiento completo ocasiona el cese total de las funciones vitales.

Hay que regular el hinchamiento y el encogimiento en las plantas vivas, para que en las células se produzcan condiciones óptimas para el metabolismo. Las plantas para este fin necesitan distintos cationes y aniones, entre los cuales se hallan los que tienen efecto tóxico.

En todos los organismos existen mezclas de iones, bien equilibradas, las que debido al «antagonismo iónico» neutralizan mutuamente su efecto tóxico y aseguran su funcionamiento sin alteraciones. Surge un antagonismo de este tipo entre los iones monovalentes y los bivalentes, entre los aniones y cationes, además, entre los cationes e iones de hidrógeno. Se comprobó también que la condensación iónica unilateral afecta sensiblemente la actividad de los organismos. En cambio, las mezclas de sales en soluciones equilibradas intensifican el desarrollo de las plantas.

iones monovalentes intensifican la permeabilidad del citoplasma, mientras los iones de calcio la disminuyen. Los iones de calcio neutralizan no sólo el efecto tóxico de los cationes monovalentes sino también el de los iones bivalentes del magnesio.

PRIANISNIKOV demostró que una gran concentración de iones de hidrógeno frena considerablemente los procesos del metabolismo. Este efecto puede equilibrarse con iones de calcio. Los resultados de los experimentos realizados en relación con lo anteriormente expuesto están reflejados en la tabla I/III.

En los datos de la tabla puede observarse que por efecto de la dosificación de iones de calcio, la energía de crecimiento de las plantas, también en medio ácido, crece.

En general, puede determinarse que un elemento, en otros casos de efecto positivo, puede tener efecto tóxico o disminuidor de cosecha. En compañía de otros elementos, sin embargo, pueden

Tabla I/VIII

EL ANTAGONISMO ENTRE LOS IONES DE HIDRÓGENO Y CALCIO SEGÚN PRIANISNIKOV

	Agua	Solución de ácido nítrico			
Plantica de germinación de guisante:					
El pH de la solución de agua y ácido nítrico	5,3	4,3	4,0	3,85	3,6
Energía del crecimiento:					
Con Ca	55	47	5	0	0
Sin Ca	60	66	55	26	0
Plantica de germinación de trigo:					
El pH de la solución de agua y ácido nítrico .	5,3	4,9	4,7	4,3	4,0
Energía del crecimiento:					
Con Ca	25	29	24	3	0
Sin Ca	64	64	70	67	48

Los iones de calcio solos, ocasionan la coagulación letal de todo el citoplasma. También se comprobó el efecto fuertemente tóxico de los iones alcalinos. Sin embargo, la presencia conjunta de los cationes monovalentes y bivalentes equilibran mutuamente el efecto tóxico. Los

hacerse valer sus propiedades útiles, o más indispensables, si la proporción de todos los elementos que están presentes es tal, que el efecto dañino se neutraliza mutuamente.

Entre los aniones, los nitratos propician el hinchamiento y la formación de

sustancias de gran peso molecular (proteínas). El efecto de los fosfatos es lo contrario, encogen el protoplasma. Los iones de nitrato al reducirse pierden su propiedad de facilitar el hinchamiento. Los iones de sulfato se reducen en el organismo vivo y llegan a integrarse en las moléculas de proteínas, y al mismo tiempo cesan su efecto dañino.

Si se tiene en cuenta que todas las sales se componen de cationes y aniones, su efecto sólo puede examinarse en conjunto. El cloruro de sodio facilita el hinchamiento y por eso se comporta de una manera completamente diferente que el hidrofosfato de sodio. El efecto del anión puede intensificar o disminuir el efecto del catión.

El efecto de los diferentes cationes y aniones está muy bien representado por los resultados de ensayos de Wickery, Pucher, Waksman y Leuvenworth, lo que pueden verse en la gráfica 1/VIII.

En la gráfica es fácil observar que por efecto de distintas proporciones de $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$, al aplicar idénticas dosis de nitrógeno, la cantidad de los ácidos existentes en las hojas de tabaco y de los cationes fijados a los ácidos disminuye si la proporción $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$ se desplaza en favor del NH_4^+ .

La cantidad de nitrógeno de la proteína es independiente de la proporción $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$. También la cantidad del nitrógeno amídico crece al aumentarse la cantidad de NH_4^+ .

La cantidad de azúcar soluble al principio de aumentarse la cantidad de NH_4^+ disminuye, y al alcanzar la relación $\text{NO}_3^- - \text{NH}_4^+$ la proporción 1:1, se mantiene constante.

Los ensayos realizados en relación con el antagonismo iónico revelan que los iones K propician la turgencia, y el yeso (SO_4Ca) disminuye intensamente la adsorción de agua de las plantas. Se comprobó también que los iones K, Mg y Na frenan la transpiración y los iones de calcio facilitan la formación de raíces.

Elementos necesarios para la nutrición de las plantas

Para la construcción de las plantas se necesitan los siguientes elementos: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Estos elementos son componentes del protoplasma. En todas las plantas están presentes el calcio, el magnesio, el potasio, el sodio y también el hierro. Estos elementos se denominan macroelementos, ya que aparecen en cantidades fácilmente medibles. La mayor parte, además de ser componentes del cuerpo vegetal, poseen gran importancia en los procesos bioquímicos que se desarrollan en la planta. La cantidad de los demás elementos presentes es reducida, por eso se llaman microelementos. Algunos de ellos son esenciales para las plantas; el papel de otros todavía no se ha aclarado y no se ha demostrado que sean indispensables.

Los macroelementos presentes en las plantas y su significado

1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno está presente en todos los organismos vivos.

Es uno de los componentes más importantes del citoplasma con que se relacionan todos los procesos vitales, la proteína está constituida de ácidos amínicos con contenido de nitrógeno. Las enzimas que catalizan las transformaciones bioquímicas que se desarrollan en las células, además de los nucleótidos y los fosfátidos que desempeñan un papel importante, también contienen nitrógeno. El nitrógeno toma parte, pues, tanto en la constitución de las células vivas como en la de los compuestos de importancia vital que regulan el funcionamiento de las primeras. En la sustancia seca de las células hay 16 % de nitrógeno, como promedio.

Las plantas superiores no son capaces de aprovechar el nitrógeno elemental, sino sólo toman iones de nitrato y amonio.

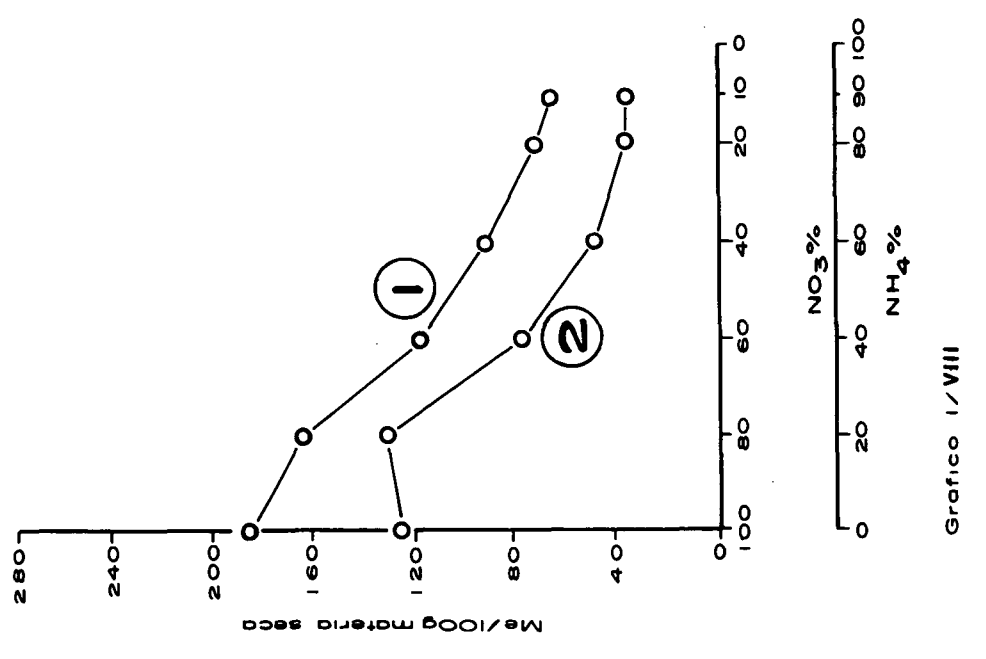
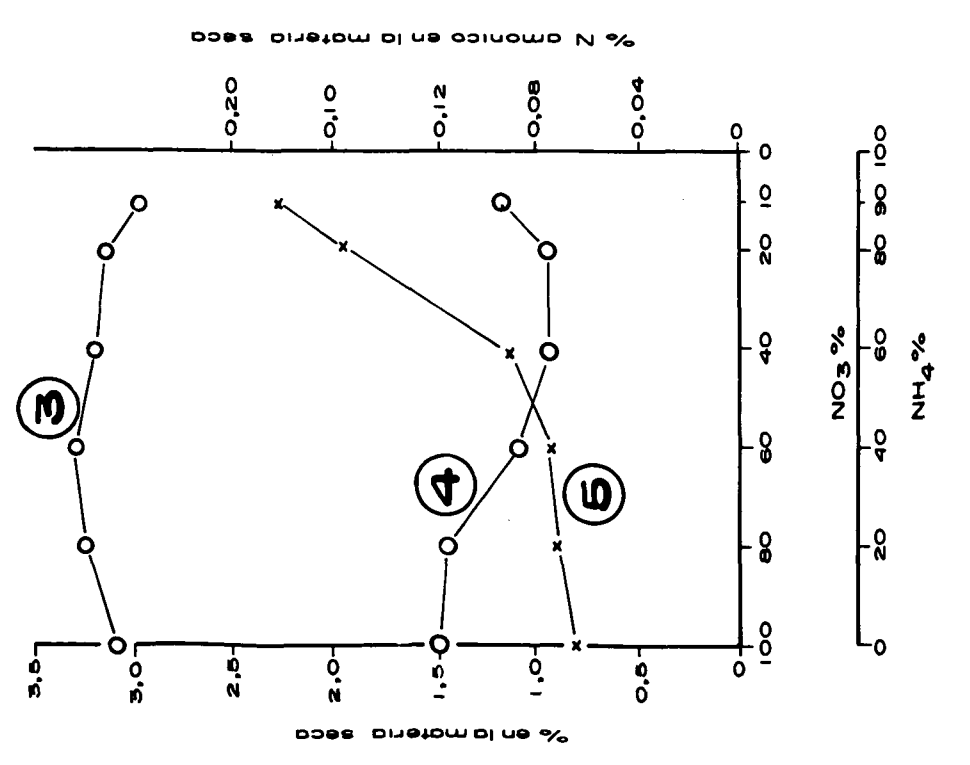
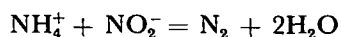


Grafico I/VIII



Los ensayos más recientes revelaron que también son capaces de absorber ácidos amínicos más simples, pero esto en la práctica no tiene gran importancia. La fuente más importante de nitrógeno son los iones de amonio y de nitrato, existentes en el suelo o derivadas de los compuestos orgánicos incorporados (restos de raíces, microorganismos muertos, abonos orgánicos), por efecto de la actividad de los microorganismos presentes en el suelo. Aumentan considerablemente el contenido de nitrógeno de los suelos, las bacterias nodulares que viven en simbiosis con las leguminosas y los azotobacters que viven libremente, además, las bacterias que son capaces de fijar el nitrógeno elemental del aire. La cantidad de nitrógeno fijado anualmente por los microorganismos libres, en los suelos de tierra cultivada, se estima de 2,5-20 kg por hectárea. En cambio, las bacterias nodulares de las leguminosas determinadas especies *Rizobium* fijan 200 kg de nitrógeno en promedio, por hectárea y por año. De esto corresponde cerca de 100 kg a los restos de raíces y al rastrojo.

Las lluvias también contienen cierta cantidad de nitrógeno en forma de nitrato y de amoniaco. La cantidad anual que llega al suelo fluctúa entre 0,76-30 kg por hectárea. Una parte del nitrógeno existente en el suelo puede perderse mediante lixiviación o desnitrificación. La desnitrificación puede producirse por intervención de bacterias o puramente por reacción química, de acuerdo con la ecuación siguiente:



En circunstancias normales la pérdida de nitrógeno es insignificante. El contenido de nitrógeno disponible en los suelos puede aumentarse con abonos nitrogenados.

G. M. VOLK señala que, «aparentemente nuestro concepto en relación a la lixiviación ha sido muy confundido por la creencia [de que este fenómeno] sólo

ocurre en condiciones que envuelven sólo agua de lluvias y CO_2 mientras que, actualmente, el potencial de lixiviación está inducido por la competencia entre aniones fuertes y residuos catiónicos en presencia de los mecanismos de las bases del suelo y el intercambio aniónico. El potencial (de lixiviación) introducido por el ion nitrato aplicado como fertilizante nitrogenado o resultante de la descomposición del humus es especialmente importante».

En otro párrafo, este investigador se expresa así, «el más activo promotor de la lixiviación en las prácticas promedios usuales es, probablemente, el ion sulfato; debido a su mayor potencial, llevará bisulfatos a través de horizontes marcadamente ácidos».

2. Fósforo (P)

En las plantas el fósforo está presente en forma de iones de $\text{PO}_4^{\text{IV}-}$ o de esteres de ácido fosfórico. El fósforo desempeña un gran papel en el metabolismo de las plantas.

Se acumula en mayores cantidades en los órganos generativos en forma de ácido nucleínico, fitina y fosfátidos.

Muchas coenzimas contienen esteres de fosfato. Así, por ejemplo, el ATP (ácido adenosin trifosfórico) es indispensable a la fosforilación de los diferentes compuestos orgánicos. El papel de los fosfatos en el metabolismo vegetal puede resumirse en lo siguiente:

- Formación de esteres de fosfato.
- Formación de enlaces de fosfato, ricos en energía, por intervención de fotoenergía u otros procesos que suministran energía.
- La admisión de los enlaces ricos en energía y su distribución entre los catalizadores celulares.
- Transmisión de la energía y la regeneración de los fosfatos inorgánicos.

El fósforo aparece en distinta concentración en las distintas fases del desarrollo de los organismos vegetales. La ceniza de paja contiene 5-10 % de P_2O_5 , el fósforo existente en la paja en un 80 % está formado de compuestos inorgánicos de fósforo, la ceniza de los cereales se compone en un 50. % de P_2O_5 . El 88 % del fósforo que está presente en las semillas es de enlace orgánico. Su mayor parte (74 %) es fitina. Generalmente, la fitina se considera como la sustancia nutritiva de reserva proporcionadora del fósforo a la planta. En las hojas, en la formación de clorofila y la asimilación, los compuestos de fósforo son indispensables. Al florecer las plantas, de las hojas pasa una gran cantidad de fósforo a las flores, porque éstas para desarrollarse normalmente necesitan gran cantidad de este elemento.

3. Potasio (K)

El potasio es indispensable para las plantas. Intensifica la formación de los hidratos de carbono, por lo tanto, las plantas ricas en hidratos de carbono son exigentes en potasio. El potasio aumenta

Todavía no se ha podido determinar ningún compuesto orgánico que contuviera potasio; el potasio está presente en las savias vegetales en estado diluido, como ion de potasio. Esto se revela también por el hecho que la mayor parte del contenido de potasio de las plantas puede eliminarse mediante lixiviación con agua. Según GREGORY el potasio intensifica la división de las células y la formación de las proteínas. Según BOLLEY-JONES y NOTTON por efecto de la fertilización con potasio aumenta la cantidad de los pigmentos de la hoja. Los datos respecto a este problema se reflejan en la tabla 2/VIII.

La acción de los fertilizantes potásicos es fácil de observar, pero del mecanismo del efecto todavía se sabe poco.

La deficiencia de potasio provoca en las plantas —según SCHMALFUSS— un marchitamiento de mayor o menor grado. Por efecto de una dosificación creciente de potasio, en las semillas disminuye la cantidad de los compuestos solubles de nitrógeno, el Ca y el Mg actúan de una manera contraria. PIRSON observó que por dosificación de potasio a

Tabla 2/VIII

EFEECTO DEL ABONO POTÁSICO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS PIGMENTOS DE LAS HOJAS DE LA PAPA, CALCULADA A 24,77 cm^2 DE SUPERFICIE DE HOJA, SEGÚN BOLLEY-JONES Y NOTTON

K_2O me/lt extracto de hoja	Clorofila mg en hoja		Carotina mg en hoja		Xantofila mg en hoja	
	Joven	Vieja	Joven	Vieja	Joven	Vieja
0,6	271	348	13,5	28,0	42,4	58,2
2,4	652	623	42,0	40,7	42,5	76,6

la masa de las hojas de las plantas; los retoños de las plantas jóvenes son ricos en potasio y pobres en calcio. Las flores también poseen una cantidad considerable de potasio. En la formación de semillas, una parte considerable del potasio abandona las hojas, y pasa a la semilla.

la Chlorella, la asimilación aumentaba por 2,5 sin que el contenido de clorofila se hubiera alterado. De esto llegó a la conclusión que el potasio influía directamente en la asimilación. Por efecto de cantidades crecientes de potasio, la actividad de la enzima respiratoria disminu-

ye. La carencia de potasio se muestra muy visible si las plantas se abonan con sales de NH_4^+ , pero si se abona con nitratos la carencia de potasio se presenta menos. Según los ensayos de SCHORP y ARENZ y también según los de LARDV Y ZIEGLER el potasio tiene papel importante en la fosforilación.

«La principal función del potasio es el mantenimiento de la turgencia fisiológica de los coloides del plasma vegetal, la cual es imprescindible para el desarrollo normal de los procesos metabólicos. Mediante el balanceado efecto entre la respiración, la transpiración y el anabolismo, este elemento mantiene en equilibrio la economía acuosa de la planta, reduciendo con ello su tendencia a la marchitez», dice el doctor A. JACOB en el manual *Fertilización*.

El potasio que se aplica con los fertilizantes minerales a semejanza con el fósforo puede, parcialmente, ser absorbido por el complejo coloidal del suelo. El potasio, por desplazamiento puede entrar o formar parte de la red cristalina arcillosa, y almacenarse pues, absorbido en el suelo. Esta absorción sólo puede realizarse en arcillas de constitución 2:1.

Si en una determinación analítica correcta se ha encontrado un elemento en abundancia y en forma disponible para las plantas, es un buen indicio de que ese elemento no está carencial en el suelo pero, recuérdese, que la disponibilidad para la nutrición vegetal depende de muchos factores y entre ellos, en forma principal, de la humedad. La movilidad del K está en gran medida relacionada con la humedad del suelo: en épocas de sequía plantas ávidas de este elemento pueden mostrar señales de deficiencia, aun cuando haya cantidades adecuadas, y más que adecuadas, en el suelo.

Se ha demostrado que las plantas pueden concentrar distintos elementos, entre ellos el K, en los horizontes superficiales del suelo, como efecto de su actividad biológica y la eventual muerte material

de sus partes verdes (hojas caedizas).

R. P. HUMBERT en su obra *El cultivo de la caña de azúcar*, en el capítulo IV, señala, al referirse al potasio, que «Hardy emplea 65 ppm para arenas y loams y 95 ppm para suelos arcillosos y limosos como un nivel limitador en las Antillas Mayores.

»Loscin encontró una correlación comparable al trazar en un plano el potasio disponible en el suelo contra incrementos de rendimientos en la caña y el azúcar de las Filipinas.

»Él encontró aumentos significativos en los rendimientos de caña y azúcar, donde quiera que el potasio intercambiable del suelo era menor de 95 ppm. Entre 95 y 120 ppm la reacción era variable. Sobre 120 ppm de potasio no hubo efecto significativo sobre el cultivo.» «Los datos muestran aumentos notables en los rendimientos de azúcar cuando cae el nivel de potasio del suelo muy por debajo de 100 ppm.» Es decir, hay respuesta a un abonamiento que implique la aplicación de potasio.

De la revista *Fertilité* No. 19 de junio-julio, 1963, tomamos lo que sigue: «El valor de los contenidos de potasa asimilable de un suelo, necesario para el buen crecimiento de la planta, varía según el tipo de suelo y su estado físico.» «Puede haber carencia en una planta, aun cuando el contenido en el suelo intercambiable sea adecuado, cuando el estado físico de estos últimos sea malo»... «los síntomas de carencia potásica en diversas plantas cultivadas son tanto más marcadas cuanto menor es la humedad del suelo. Distintos experimentos llevados a cabo en Jamaica han demostrado que los contenidos de potasio de las hojas tomadas durante los períodos de sequía son inferiores a los de las muestras tomadas cuando la humedad del suelo es adecuada.

»Los niveles de potasa son más sensibles que los de nitrógeno a una humedad insuficiente». «En el caso de las arcillas

(plásticas y pegajosas) que pueden aumentar de volumen, es posible una desecación y una fijación muy rápida de importantes cantidades de potasa. Este fenómeno se debe probablemente a una especie de captura de los iones potásicos entre las mallas de las redes arcillosas que se contraen al perder la humedad. Puede haber una liberación de potasa por rehumificación, pero es poco considerable y más bien lenta.

»Es bien sabido que el riego provoca un desarrollo pronunciado del vello radicular en las capas superficiales, y que los sistemas radiculares, en suelos arcillosos, tienden a ser finos y poco profundos.» «Las raíces de la caña de azúcar son aerotrópicas y tienden a crecer hacia la superficie del suelo, cuando la ventilación es mala.» «Se ha observado que la adsorción de potasa era un 40 % superior en los tomates ventilados que no ventilados.» «Para un cierto número de plantas y dentro de ciertos límites concretos, la acumulación de potasa radiactiva es proporcional a la concentración de oxígeno en el aire del suelo.» «La toxicidad del gas carbónico debería considerarse como una falta de alimentación en oxígeno provocada por una mala ventilación.

»El gas carbónico, según algunos autores, disminuye la adsorción de los elementos nutritivos, y muy especialmente la de la potasa.» De esto se deduce que la aplicación de materia orgánica al suelo pudiera disminuir la disponibilidad de la potasa para la alimentación vegetal. «Se ha demostrado que el contenido de potasa de las plantas de maíz cultivadas en un suelo poco ventilado era, debido a la presencia permanente del agua y el apelmazamiento, significativamente más escaso que el de las plantas cultivadas en condiciones normales. Los signos de carencia potásica que aparecieron en tales condiciones pudieron ser eliminadas mediante una ventilación forzada intermitente.»

Por último, se ha señalado que no es posible constituir fuertes reservas de potasio en suelos desprovistos de arcilla illítica.

En suelos que no poseen este tipo de arcilla, la aplicación de 250 kg/ha de ClK desaparece al cabo de seis meses, según la experiencia neozelandesa. Cuando el portador de potasio es el cloruro, las pérdidas del catión son mayores que cuando el portador es sulfato; las pérdidas son mínimas cuando el portador es carbonato o bicarbonato. La adición de superfosfato aumenta las pérdidas de potasio. En Francia, se ha establecido que la aptitud del suelo para ceder a las plantas las reservas y el K aportado con el abonado mineral, depende principalmente de la abundancia de arcillas illíticas.

Todo este preámbulo es para señalar que, aparentemente, algunos de nuestros suelos tienen reservas importantes de potasio disponible para la alimentación vegetal en las capas superficiales, donde la actividad de las raíces es muy marcada.

4. Azufre (S)

Las plantas adsorben el azufre en forma de iones de sulfato, pero lo adsorben también a través de las hojas, de las sustancias pulverulentas con contenido de azufre. Todavía no se conoce el proceso de la adsorción del azufre elemental a través de las hojas. El azufre está presente en las plantas en forma de radicales de sulfito y de sulfhidrito. Su cantidad más o menos coincide con la del fósforo existente en la planta.

Las plantas que presentan deficiencia de azufre se desarrollan con mayor lentitud, muestran clorosis y se alargan.

El azufre desempeña un papel muy importante en el desarrollo y en el metabolismo de las plantas: la síntesis de la cistina, de la cisteína y de la metionina. Activa el funcionamiento de las enzimas que descomponen las proteínas. Es componente de determinadas vitaminas y

coenzimas. Los ácidos amínicos con contenido de azufre son componentes de las proteínas, biológicamente importantes, que los animales no son capaces de sintetizar en su organismo y sólo a través del forraje pueden adquirirlos.

5. *Magnesio* (Mg)

El magnesio, como componente de la clorofila es indispensable para las plantas. Si hay deficiencia de magnesio, la formación de la clorofila es pobre y esto produce deformaciones en las hojas, que son fáciles de observar. Las plantas más sensibles a la carencia de magnesio en la experiencia europea son la espinaca y el alforfón. Las sigue en orden descendente la papa y el maíz. Según las observaciones de MICHAEL los síntomas de deficien-

puestos de importancia vital demuestra que tiene un papel extraordinariamente importante para la nutrición de las plantas. El magnesio desempeña un papel muy importante también como activador de enzimas. Primordialmente activa las enzimas catalizadoras de la formación de los hidratos de carbono.

MICHAEL reveló que la deficiencia de magnesio no sólo influye en la formación de los hidratos de carbono sino también en la cantidad de los pigmentos y proteínas de la hoja. Los datos referentes a esto aparecen en la tabla 3/VIII.

El efecto antagónico de los iones Ca^{++} y Mg^{++} primordialmente se manifiesta en los órganos vegetativos, pero influye menos en la proporción de los componentes de la ceniza de las semillas. También puede observarse antagonismo entre

Tabla 3/VIII

EFEECTO DE DISTINTAS CANTIDADES DE ABONO MAGNÉSICO SOBRE EL CONTENIDO DE PIGMENTO Y DE PROTEÍNA DE LA HOJA DE FRIJOL, SEGÚN MICHAEL

Edad de la hoja	En 0,2 g de materia seca				Proteína nitrógeno en % de mat. seca
	La cantidad del abono Mg	Clorofila Mg	Carotina	Xantofila	
			Valor de extinción		
Hoja joven	0	1,44	0,27	0,35	3,2
	Poca	1,72	0,30	0,38	3,6
	Mucha	2,36	0,42	0,50	3,8
Hoja vieja	0	0,66	0,14	0,17	2,4
	Poca	0,87	0,20	0,25	2,7
	Mucha	1,58	0,34	0,38	2,9

cia de magnesio en el maíz, se pueden detectar primero en las hojas más viejas, de las cuales el magnesio pasa a las más jóvenes. Además de la clorofila, también aparecen en las plantas otros compuestos orgánicos que contienen magnesio. El tegumento y el germen son ricos en magnesio. Las plantas productoras de aceite que contienen gran cantidad de lecitina son abundantes también en magnesio. La presencia del magnesio en estos com-

los iones de magnesio y de potasio. Al emplear fertilizante potásico en gran cantidad, el antagonismo es fácil de observar en la composición de la ceniza de las plantas. Incluye en gran medida en la adsorción de los iones de magnesio la afinidad del medio. Con ensayos realizados en cultivos en soluciones de agua se descubrió que al disminuirse el valor de pH también la adsorción de magnesio disminuía.

6. Calcio (Ca)

Todos los suelos contienen calcio, en mayor o menor cantidad. El calcio está presente en parte, como componente de los minerales del suelo, en parte, como iones de calcio adsorbido en la superficie de las partículas del suelo. Las aguas subterráneas también contienen gran cantidad de calcio.

El calcio es indispensable para las plantas. En las hojas aparece generalmente en gran cantidad. Aparece también en las células vegetales en forma de oxalato de calcio cristalino, insoluble en agua; el jugo celular contiene también iones de calcio. Las plantas adsorben el calcio en forma de iones. A pesar de que los suelos suelen tener relativamente mucho calcio, ocurre a veces que en algunas plantas se observa deficiencia de este elemento.

Su causa consiste, en parte, en que el contenido de calcio adsorbible de los suelos por la planta no cubre la exigencia de la misma; por otra parte, en que algunos factores impiden la adsorción de los iones de calcio del suelo. Los síntomas de ausencia de calcio observables en las plantas son los siguientes:

- El desarrollo de las yemas terminales de las plantas y del ápice (zona de crecimiento) de las raíces se atrasa y así cesa el crecimiento de las plantas.
- En el caso del maíz la deficiencia de calcio impide el desarrollo del tallo y el brote de nuevas hojas. El ápice de las nuevas hojas está cubierta de una sustancia incolora, pegajosa y gelatinosa. Algunos especialistas discuten todavía la indispensabilidad de los iones de calcio. Algunos encontraban que el calcio aumentaba el contenido de proteína de los mitocondrios existentes en las células, los que desempeñan un papel importante en la

respiración aerobia de las plantas. Si se tiene en cuenta que la respiración aerobia está relacionada con la adsorción de sales, a través de esto se establece una relación entre el contenido de calcio y la adsorción de sales de las plantas.

- Se demostró que los iones de calcio funcionaban como activadores en determinados sistemas de enzimas. Primordialmente en las enzimas que realizan la síntesis de proteínas se observó este papel.
- Los iones de calcio intensifican el desarrollo de los tejidos meristemáticos y el alargamiento de las células.

La influencia que el calcio ejerce sobre el crecimiento de las plantas la modifican los demás cationes y el pH del medio que lo rodea.

El calcio desempeña un papel importante también en el organismo de los animales como componente del esqueleto de los animales superiores y como uno de los factores importantes de los procesos bioquímicos que se realizan en el organismo. En la sangre de los animales siempre existen iones de calcio. Es muy importante asegurar el nivel de calcio de la sangre. Esto lo aseguran varios factores en el organismo de los animales.

La leche también contiene una cantidad considerable de calcio, por esto es muy importante poder asegurar la exigencia de calcio de los animales lecheros. El contenido de calcio de la leche de algunos animales aparece en la tabla siguiente:

Nombre de animal	Contenido de Ca de la leche mg/l
Vaca	1060
Oveja	2070
Búfala	2030
Chiva	1280
Yegua	770
Mujer	340

El ion de Ca aparece en los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo animal como activador de enzimas.

Para la lipasa que realiza la desintegración de las grasas, es indispensable la presencia de iones de calcio.

En los huesos de los animales el calcio aparece en forma de hidroxiapatita.

7. Sodio (Na)

Todavía no se ha podido descubrir ningún papel especial del sodio en la nutrición vegetal. El contenido de sodio en las plantas fluctúa en mucho mayor medida que el contenido de potasio. Las plantas halófitas exigen una cantidad considerable de potasio. Entre la adsorción de potasio y de sodio puede observarse cierta relación: si la cantidad de potasio soluble es relativamente reducida, la extracción de sodio de las plantas se intensifica. La adsorción de sodio de las plantas puede reducirse mediante fertilización de potasio. Según BUTKEVITS y MARUASVILI, el sodio ejerce influencia favorable sobre la transpiración de las plantas. MOROZOV observó que por efecto de fertilización con NaCl o Na₂SO₄, el contenido total de azúcares, sacarosa y monosacáridos del melón disminuía.

También se observó que el contenido total de nitrógeno en las hojas de remolacha de azúcar disminuía por efecto de fertilización sódica, y su contenido de nitrógeno dañino aumentaba. De esto se llegó a la conclusión que el sodio no era capaz de desempeñar el papel del potasio en el metabolismo de los hidratos de carbono y de las proteínas.

Según CROWTHER, si mediante la fertilización sódica se satisface la exigencia de sodio, se puede aumentar el rendimiento de azúcar en la remolacha azucarera. Los datos del ensayo están expuestos en la tabla IV/VIII.

Los datos de la tabla muestran que el rendimiento de azúcar de las parcelas con abono de fondo NK y NPK, respectivamente, se intensifica considerablemente por efecto de 40 kg de sal común dosificada por hectárea. Sin embargo, no surge este efecto, si el nitrógeno en el abono de fondo se dosifica en vez de en forma de sulfato amónico, en forma de nitrato de sodio. Desde el punto de vista pedológico, surge el inconveniente de la fertilización sódica debido a que los iones de sodio dañan la estructura y la economía del agua de los suelos arcillosos.

En general, podemos determinar que en la nutrición de las plantas, el efecto del sodio está cerca al del potasio, pero

Tabla 4/VIII

EFFECTO DE LA SAL COMÚN SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA REMOLACHA DE AZÚCAR, EN Qa/ha, SEGÚN CROWTHER, A BASE DE LOS TRABAJOS DE SCHEFFER — ABONO DE FONDO: P₂O₅ — SUPERFOSFATO 75 kg/ha, K₂O — CLORURO DE POTASIO — 37 kg/ha

Modo de fertilización	Rendimiento de azúcar Qa/ha	
	Sin sal común	Con 400 kg/ha de sal común
Abono de fondo	45,68	49,70
Abono de fondo + 60 kg N, como (NH ₄) ₂ SO ₄	52,83	56,73
Abono de fondo + 120 kg N, como (NH ₄) ₂ SO ₄	54,47	59,61
Abono de fondo + 60 kg N, como NaNO ₃	60,11	58,86
Abono de fondo + 120 kg N, como NaNO ₃	61,37	60,62

no es capaz de realizar el papel fisiológico especial de los iones de potasio.

8. Hierro (Fe)

En la ceniza de la mayoría de las plantas se halla solamente una pequeña cantidad de hierro. Sin embargo, el hierro pertenece a los elementos esenciales, porque es un componente del grupo prostético de numerosas enzimas. La deficiencia de hierro frena primordialmente la formación de clorofila.

En suelos calizos a menudo puede observarse clorosis, porque la afinidad básica disminuye en gran medida la solubilidad del hierro, de esta manera, también su adsorbilidad. La deficiencia de hierro aumenta el contenido de nitrato y de sulfato de las plantas. El hierro actúa en las plantas principalmente sobre los procesos redox. En el caso de una fertilización de NO_3^- exagerada, el sistema redox se desvía tanto hacia la dirección oxidativa, que el hierro ya no es capaz de desempeñar su papel regulador, y surge la clorosis. La fertilización exagerada de fosfatos también puede provocar deficiencia de hierro porque el fosfato añadido al suelo precipita el hierro en forma de fosfatos de hierro insolubles. ERKMA ha comprobado que el hierro está en interrelación con el cobre y el manganeso, y la deficiencia de hierro de las savias vegetales es influida sobre todo por la cantidad de cobre. Puede demostrarse cierta relación también entre los iones de potasio y de hierro. Esto se manifiesta en que en las plantas de maíz que carecen de potasio, el hierro se acumula en las nudosidades de las hojas y allí puede comprobarse su presencia con tiocianuro de potasio. En la papa, la clorosis producida por deficiencia de hierro puede disminuirse o eliminarse mediante fertilización potásica. Existen también experiencias según las cuales los síntomas de deficiencia de potasio pueden disminuirse considerablemente con fertilización de hierro.

Los oligoelementos más importantes de los suelos

La cantidad de los elementos constituyentes de la corteza terrestre, hasta una profundidad de 16 km son los siguientes:

Nombre del elemento	Simbolo	Su cantidad en ppm	%
Oxígeno	O	467 000	46,7
Silicio	Si	277 000	27,7
Aluminio	Al	81 000	8,1
Hierro	Fe	50 000	5,0
Calcio	Ca	36 000	3,6
Magnesio	Mg	21 000	2,1
Sodio	Na	28 000	2,8
Potasio	K	26 000	2,6
Titanio	Ti	4 000	0,4
Hidrógeno	H	1 000	0,1
Fósforo	P	1 000	0,1
Manganeso	Mn	1 000	0,1
Flúor	F	770	0,077
Azufre	S	500	0,05
Cloro	Cl	500	0,05
Carbono	C	300	0,03
		995 070	99,507

La cantidad proporcional de los elementos constituyentes de los distintos tipos de suelos se diferencia en mayor o menor medida de la cantidad proporcional de los elementos componentes de la corteza terrestre.

Si sometemos los suelos a un análisis completo encontramos que la cantidad de los 16 elementos enumerados nunca va a llegar a 100 %. La diferencia que suele ser inferior a 1 %, se considera en parte, impureza, en parte, defecto analítico.

Con el empleo de métodos analíticos más sensibles, espectrografía y, recientemente, con análisis de activación, se ha logrado determinar la composición de las impurezas. Estos ensayos han revelado que cuanto más sensibles son los procedimientos empleados para la determinación, la presencia de tanto más elementos puede detectarse. Y con los métodos más sensibles podemos indicar prácticamente la presencia de todos los elementos.

De acuerdo con lo anterior, se estableció la teoría según la cual todos los elementos están presentes, sólo su cantidad relativa es diferente. Por lo tanto, no se puede hablar sobre la ausencia absoluta de un elemento determinado, sino sólo lo ínfimo de su cantidad relativa. Sin embargo, estos elementos considerados impurezas tienen un papel extraordinario en los procesos bioquímicos que se llevan a cabo en los organismos vivos. Su ausencia relativa, o mejor, su cantidad relativamente pequeña puede frenar en gran medida o hasta impedir el funcionamiento de varios organismos vivos. Por este mismo motivo estos elementos, que aparecen en cantidad pequeña se denominan microelementos (oligoelementos). Pero, considerando su efecto, también se llaman elementos de gran efectividad, ya que hasta en caso de una cantidad pequeña al entrar en el organismo vivo provocan grandes alteraciones. Esto en las plantas se manifiesta en aumento de la cosecha y en los animales, en incremento del peso. Al ser menor la concentración, no se observa el efecto; al ser mayor, ya su acción puede ser tóxica: el efecto favorable de los microelementos sólo se manifiesta entre ciertos límites de concentración. Por esta razón hay que proceder con precaución en la dosificación. En el caso de algunos suelos ocurre que contienen una cantidad tan grande de microelementos en estado adsorbible, que resulta dañina para la vegetación y para los animales que la consumen.

Se determinó que en ciertos lugares de pastoreo, el flúor, el selenio y el molibdeno aparecen en cantidades perjudiciales para los animales.

La ausencia relativa de ciertos microelementos puede diagnosticarse en las plantas por deformaciones visibles, o sea, por los llamados también síntomas de deficiencia.

Ya se ha logrado descubrir la influencia de numerosos microelementos sobre los procesos bioquímicos. Pero existen to-

davía numerosas cuestiones por aclarar. Una parte de los microelementos actúa como grupo prostético de las enzimas y catalizadores de los procesos bioquímicos. Otro grupo de los mismos aparece como componente de los grupos prostéticos de las enzimas. La mayoría de los microelementos desempeñan un papel como activador de las enzimas. Existen microelementos que forman parte de las vitaminas.

Factores inhibidores del desarrollo de las plantas

Los factores necesarios al crecimiento y desarrollo de las plantas —aunque se encuentren presentes en el suelo— no en todos los casos son efectivos. Esto se debe a la acción de los factores inhibidores del desarrollo presentes en estos casos en los suelos. El conocimiento de estos factores inhibidores es muy importante por que sólo mediante la eliminación de los mismos puede incrementarse la cosecha.

Los factores inhibidores del desarrollo pueden agruparse en los siguientes cuatro grupos:

1. La textura de los suelos

La textura de los suelos influye en gran medida en el crecimiento de las raíces y consecuentemente de las partes de las plantas que se encuentran arriba del suelo. La textura de los suelos determinase de acuerdo con el número y el tamaño de los poros existentes en los mismos. Esto, por lo general, se relaciona con la densidad aparente (d) de los suelos. La (d) de los suelos de buena textura es usualmente pequeña, y el de los suelos de textura mala, compacta, es mayor. Bertrand y sus colegas realizaron ensayos para estudiar el efecto de la compacidad del suelo sobre el crecimiento de la planta de maíz, con el ejemplo del método de vasijas de cultivo, en suelos abonados y regados. Los datos del experimento aparecen en la tabla que sigue:

Tabla 5/VIII

EFFECTO DE LA COMPACIDAD DEL SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DEL MAÍZ EN SUELO ABONADO Y SIN ABONAR EN CIRCUNSTANCIAS HÚMEDAS Y SECAS

Tratamientos	Peso de las partes aéreas g	Peso de las raíces g	Peso de toda la planta g
1. Suelto, húmedo, abonado	39,4	14,8	54,2
2. Suelto, húmedo, sin abono	23,5	10,1	33,7
3. Suelto, seco, abonado	27,5	9,3	36,8
4. Suelto, seco, sin abono	20,3	9,3	29,6
5. Compacto, húmedo, abonado	16,0	6,5	22,5
6. Compacto, húmedo, sin abono	17,0	7,7	24,7
7. Compacto, seco, abonado	20,1	11,3	31,4
8. Compacto, seco, sin abono	19,3	9,9	29,2

Examinando los resultados podemos determinar que la mayor cosecha se recogió en el suelo suelto abonado y regado (tratamiento 1). La menor cosecha se obtuvo en el suelo compacto, abonado y regado (tratamiento 5). Podemos observar también que en el suelo suelto conservado húmedo se logró mayor cosecha que en el caso de los suelos compactos (tratamiento 2). También podemos ver que en el suelo compacto la mayor cosecha se logró al haber empleado abono pero sin regadío (tratamiento 7).

Los resultados obtenidos se explican porque las plantas, además de sustancias nutritivas, exigen agua y necesitan el aire que llena los poros de los suelos. Los poros de los suelos se llenan, en parte, de oxígeno y en parte, de agua. El contenido de oxígeno del aire del suelo en aquellos sueltos, bien aireados es suficiente para la respiración radicular. La respiración radicular es importante porque la planta sólo si une la adsorción de elementos nutritivos con los procesos respiratorios, es capaz de extraer las sustancias nutritivas de la solución del suelo.

Si el aire del suelo no contiene suficiente oxígeno, en vano existe suficiente sustancia nutritiva en el suelo: la planta no la puede adsorber. No todos los suelos son capaces de cubrir a la vez la exigencia de nutrientes y de agua. Los

suelos sueltos, arenosos, no son capaces de almacenar suficiente agua; por eso el agua debe ser completada mediante regadío para lograr una cosecha satisfactoria.

Los poros pequeños de los suelos compactos adsorben el agua de tal manera que ésta los llena por completo, y no deja lugar para el aire. Estos suelos son capaces de almacenar suficiente agua para las plantas, pero por estar impidiendo la respiración radical de las plantas, éstas no pueden desarrollarse.

Los más convenientes son los suelos que tienen textura de migajón. Los poros de tamaño pequeño de los migajones son capaces de retener suficiente agua para las plantas, al mismo tiempo, en los poros mayores existentes entre los migajones de suelo se ubica aire; de esta manera, las plantas disponen también del oxígeno necesario para la respiración radical.

Si se desea obtener mayores cosechas, es indispensable lograr una textura de migajón. Esto lo podemos conseguir mediante laboreo correcto y con métodos de enmienda de los suelos.

Las distintas plantas exigen el oxígeno en medidas diferentes para su desarrollo normal. El tabaco es muy sensible a la deficiencia de oxígeno. En cambio, algunas variedades de arroz no exigen más oxígeno que el que se encuentra en el agua utilizada para anegarlas.

2. La reacción del suelo

La reacción de los suelos influye considerablemente en el desarrollo de las plantas. Por lo general, la mayoría de las plantas prefieren la reacción débilmente ácida. La reacción débilmente ácida ayuda la adsorción de la mayoría de las materias nutritivas. Sin embargo, la adsorbilidad del molibdeno sólo es satisfactoria en suelos de reacción básica. Los suelos intensamente ácidos impiden el desarrollo de las plantas, pues disminuye la adsorbilidad de los fosfatos entre otros factores inhibidores producidos por esa acidez.

En suelos neutros y básicos pueden aparecer algunas enfermedades de los vegetales como por ejemplo, la sarna ordinaria de la papa y la podredumbre de la raíz del tabaco. Tenemos posibilidad de cambiar la acidez de los suelos y llevarlo al valor más favorable.

3. Proporción desfavorable de los elementos nutritivos

Los cationes existentes en los suelos se influyen mutuamente en su disponibilidad. Ya hemos llamado la atención sobre esto en el caso del potasio, el calcio y el magnesio. No sólo se experimenta efecto inhibidor de este tipo entre los cationes, sino también los cationes pueden influir en la adsorbilidad de los aniones. Así, por ejemplo, los iones de amonio aumentan la adsorbilidad de los iones de fosfato.

La proporción desfavorable de los elementos nutritivos no sólo se manifiesta en disminuir la adsorbilidad de determinadas sustancias nutritivas, sino esta proporción desfavorable puede favorecer la proliferación de determinados organis-

mos patógenos que pueden causar la aparición de distintas enfermedades en los vegetales. Sin embargo, estas enfermedades pueden eliminarse mediante el restablecimiento de la proporción adecuada de los elementos nutrientes. Se observó que al encalar excesivamente los suelos, las hojas del maíz se manchan. Pero, las manchas pueden eliminarse mediante la dosificación correcta de potasio.

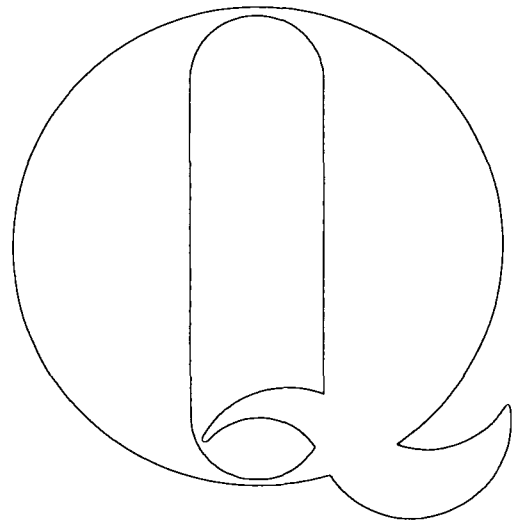
4. Organismos inferiores y plantas superiores que viven en el suelo

Ciertos organismos inferiores como los nematelmintos (*vg.* nemátodos), si llegan a extenderse en gran medida atacan las raíces de las plantas e impiden la adsorción de materias nutritivas. En suelos con este problema sólo con fertilización intensiva se pueden lograr cosechas satisfactorias.

Contra estos factores podemos defender las plantas mediante la rotación de cultivos o con el empleo de compuestos químicos adecuados. Las distintas malas hierbas disminuyen en gran medida la cosecha de los cultivos agrícolas. Contra esto podemos defender los cultivos mediante la extirpación de las malas hierbas o con el empleo de herbicidas. Sin embargo, los compuestos químicos también actúan, en mayor o menor medida, sobre el desarrollo de las plantas cultivadas. Hoy en día ya se producen también soluciones herbicidas que no perjudican el desarrollo del cultivo, pero sí eliminan las malas hierbas. El empleo de los herbicidas químicos tiene la ventaja de disminuir los gastos de la cultivación y permite reducir la compactación del suelo, producida por las máquinas cultivadoras.

Apéndice

©



***Resumen de ensayos
de diferentes niveles
de nutrición***

Durante 1961-1963, se mantuvieron en la provincia de Camagüey una serie de lotes de ensayos con diferentes niveles de mezclas de fertilizantes minerales, en varios tipos de suelos provinciales y con especies vegetales muy disímiles. Las materias primas para efectuar las mezclas de fertilizantes, fueron oportunamente obtenidas en las fábricas.

A no ser que se especifique otra cosa, la fuente de N fue el sulfato de amonio; la de P_2O_5 fue el superfosfato y la de K_2O , fue el muriato.

Los campos de ensayos fueron localizados en los lugares que se expresan a continuación:

1. Suelos *Matanzas*, en la Granja Manuel Sanguily, a 18 km al suroeste de Ciego de Ávila.
2. Suelos arcillosos *Santa Clara*, en la Granja Patricio Sierralta, al sur de Jatibonico.
3. Suelos *Estrella*, en la Granja Rodolfo Ramírez Esquivel al sur de Florida.
4. Suelos *Truffin*, en la Granja Arnaldo Ramírez (Trucutú), cercana al central «Violeta».

En lo que sigue llamaremos *tratamiento* a la formulación unitaria utilizada, es decir: una aplicación a un cultivo de 0 kg/ha de N + 50 kg/ha de P_2O_5 + 30 kg/ha de K_2O constituyen un tratamiento; la secuencia para un cultivo donde, se incrementa paulatinamente la aplicación en kg/ha de uno de los macronutrientes de la fórmula NPK, y permanecen constantes en sus máximos valores los

otros dos macronutrientes, constituyen una *serie*; esta denominación incluye también la parcela testigo utilizada; se llamará *lote* al conjunto de tratamientos, y *replicados* a la repetición de los lotes.

En algunos casos fue posible obtener datos para una misma especie vegetal durante dos temporadas consecutivas en el mismo tipo de suelo; en el primer año de los ensayos se partió de tratamientos testigos y también, en la serie de un macronutriente, se comenzaba ésta con cero aplicación del macronutriente en cuestión; en el segundo año se eliminaba el testigo, pero se mantenía el tratamiento con cero aplicación para la serie. Esta disposición se refleja en las gráficas que se acompañan.

En algunas de las gráficas (en los basales) que se exponen en esta parte, por brevedad, se eliminan los resultados (promediados) de algunos tratamientos intermedios de las series; se grafican los resultados en q/cab (1 q = 100 lb; 1 cab = 13,42 ha).

En las gráficas basales hemos enfatizado la importancia del fósforo en estas especies, en estos suelos. También se acompañan gráficas de los resultados de las series.

Al final, se encuentran todos los datos de los resultados de los ensayos por replicado. Se incluye un ejemplo de la evaluación que se hizo.

Cuando en las gráficas y tablas se consigne el uso del guano de murciélago, éste se empleó en el surco de acuerdo con la equivalencia que resultare, es decir, al consignarse que el tratamiento fue de 30 t/cab, eso equivale a 2200 aproxima-

damente *kg/ha* en tantos metros lineales de surco, cuantos quepan, de acuerdo con la distancia de siembra de la especie en cuestión en el área de una hectárea.

Fue notorio que el guano no dio el resultado que se esperaba en algunas cosechas de ciclo corto; esto lo explicamos si se asume que, al estar el P en forma orgánica en este material, ha de sufrir algunas transformaciones antes de estar disponible para la alimentación vegetal. El que el P_2O_5 suministrado con el superfosfato, o para el caso el triple, es posible sustituirlo con el que se encuentra en el guano de murciélago, fue evidente en algunas especies de ciclo largo.

Sucedió una vez que la mezcla de compost + guano + $Ca(OH)_2$ no dio el resultado esperado; eso lo atribuimos a una fuerte alcalinización del medio o a la formación de fosfatos cálcicos difícilmente solubles o a una mezcla de estos últimos factores citados.

Se expresan a continuación los resultados de ensayos obtenidos en diferentes suelos de la provincia de Camagüey.

El primer ejemplo se expone en forma detallada en cuanto a su disposición, factores considerados, etc., los demás en forma abreviada.

1. En suelo Estrella con cultivo Sorgo Amack R-10

Suelo: *Estrella*, arenoso.

Granja R. R. Esquivel (5-20), Florida, provincia Camagüey.

Cultivo: Sorgo Amack R-10.

Distancia de siembra: 36×2 pulgadas (90×5 cm aproximadamente).

Población por caballería: $2,8 \times 10^6$ plantas.

Fecha de siembra: setiembre 1-61.

Recogida: al madurar primero las plantas mejor nutridas, se recogieron entre los 90 y 110 días de sembrados (entre diciembre 1 y 20/61).

Fumigación: seis fumigaciones en toda la cosecha con DDT.

Toxafeno, Paratión y Aldrín.

Seis aplicaciones con elementos menores en los lotes correspondientes.

Cantidad de lluvia caída semanalmente, desde la fecha de siembra:

Hasta los	7 días	---	0,70	pulgadas
	14 días	---	0,48	pulgadas
	21 días	---		
	28 días	---	3,23	pulgadas
	35 días	---	0,45	pulgadas
	42 días	---	1,50	pulgadas
	49 días	---	3,67	pulgadas
	56 días	---		
	63 días	---	0,25	pulgadas
	70 días	---		
	77 días	---		
	84 días	---		
	91 días	---		

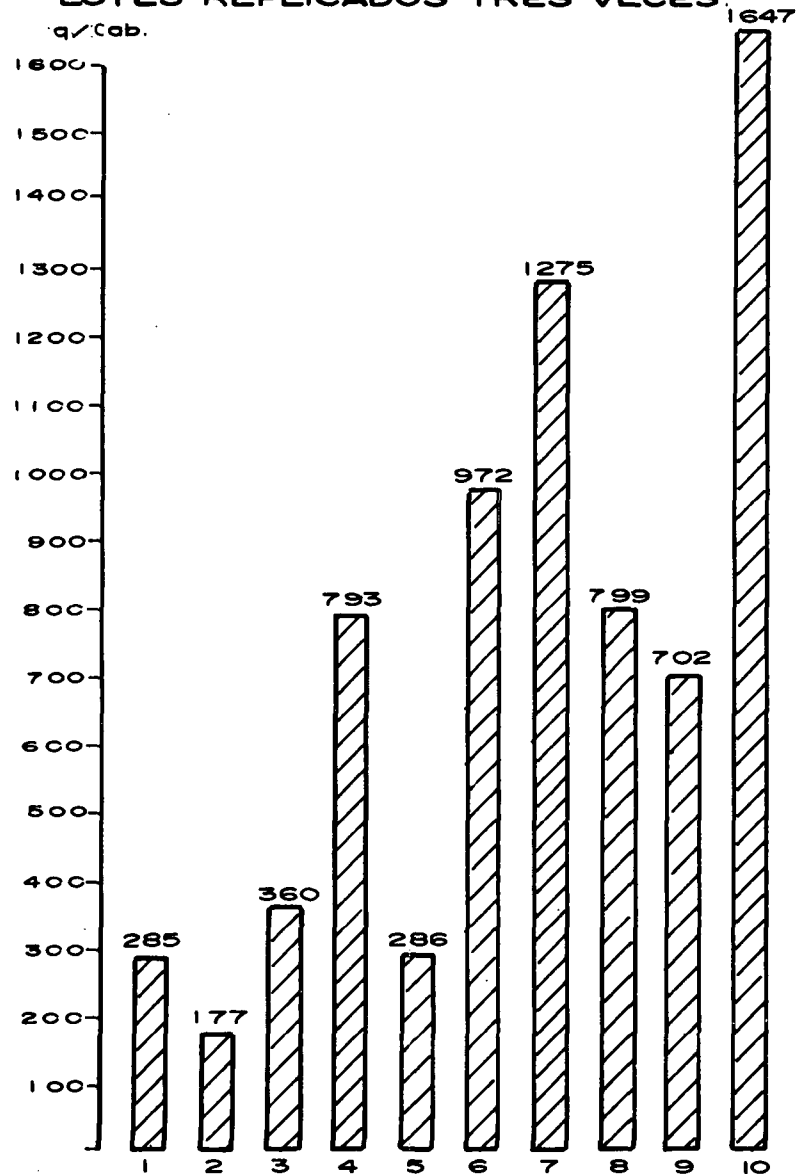
Total 10,28 pulgadas
(261 mm aprx.)

(Para convertir *lb/cordel* en *kg/ha*, multiplíquese la primera cantidad por 10,9.)

Tabla 1

Código	Tratamiento			Observaciones	Rendimientos En q/cab (Promedios de tres replicados)
	En lb/cord ²				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
A	0	0	0	Lote testigo	285
B	0	4,5	8		702
C	4,5	4,5	8		966
D	9	4,5	8		774
E	13,5	4,5	8		1071
F	18	4,5	8		828
G	9+9	4,5	8	El sulfato de amonio en dos partidas	1060
H	9+9	4,5	8	N como NO ₃ ⁻ en dos partidas	979
I	9+9	4,5	8	SO ₄ ⁱ + NO ₃ ⁻ en dos partidas	912
J	22,5	4,5	8		945
K	—	—	—	M.O. + Cal Ca(OH) ₂ + superfosfato	107
L	18	0	8		286
LL	18	2,25	8		972
M	18	6,75	8		1275
N	18	9	8		1238
O	18	11,75	8		1187
P	18	4,5	8	Fósforo como guano	822
Q	18	4,5	8	Fósforo como superficie triple	798
R	18	—	—	30 t/cab de guano	723
S	18	4,5	0		1055
T	18	4,5	4		1158
U	18	4,5	12		921
V	18	4,5	8	Potasa como sulfato	744
W	9	2,25	4		799
X	22	12	12		1647
Y	18	0	0		360
Z	0	4,5	0		793
	0	0	8		177
+Mg	18	4,5	8		1157
+Boro	18	4,5	8		991
Urea	18	4,5	8		1013
+Fe	18	4,5	8		1154
+Zn	18	4,5	8		938
+Ca	18	4,5	8		889
△	18	4,5	8	Con todos los elementos menores	742

**RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES.**



LEYENDA

1. SIN FERTILIZANTES. TESTIGO
2. SIN N ni P, CON K_2O COMO MURIATO, 87 kg/ha .
3. SIN P ni K, CON 190 kg/ha DE N COMO SULFATO.
4. SIN N ni K, CON 50 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
5. SIN P, CON 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO Y 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.
6. 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO + 25 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
7. 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO + 75 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
8. 95 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 43.5 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO + 25 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
9. SIN N, CON 50 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO Y 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.
10. 240 kg/ha DE N, COMO SULFATO DE AMONIO + 130 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO + 130 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.

Gráfica 1

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES, 1961-1963,
CULTIVO SORGO, SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL NITRÓGENO

LEYENDA
EL CÓDIGO SIGNIFICA LO MISMO QUE
EN LA TABLA 1 DE DONDE ESTÁN
TOMADOS LOS DATOS PARA ESTA
GRÁFICA.

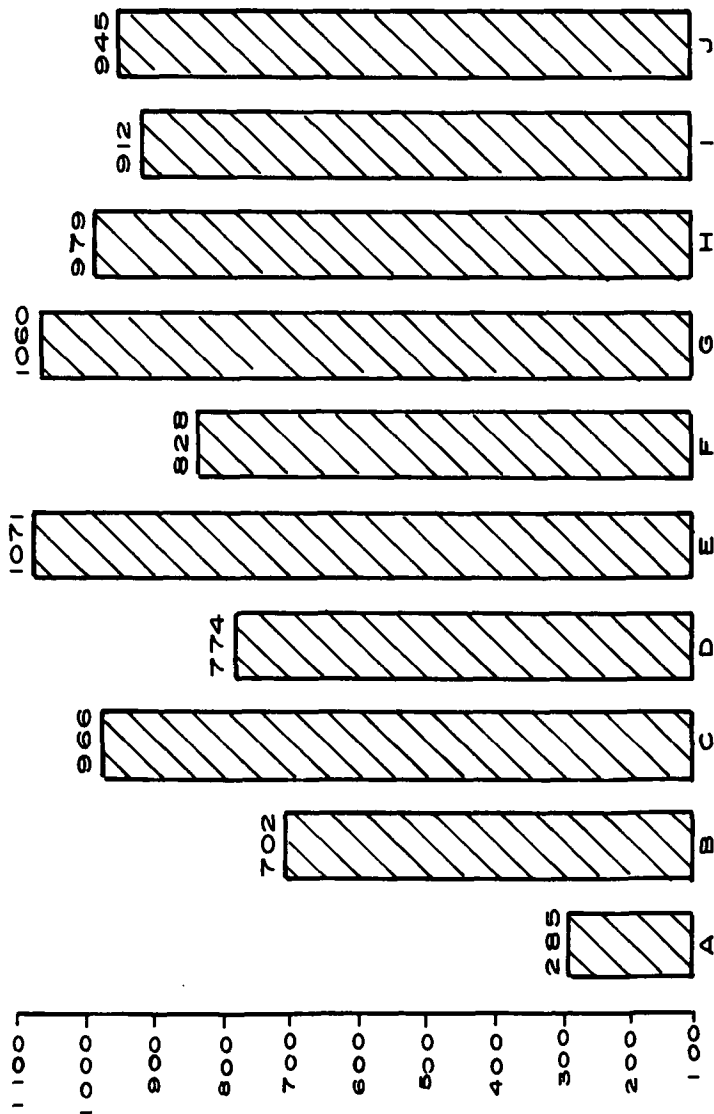
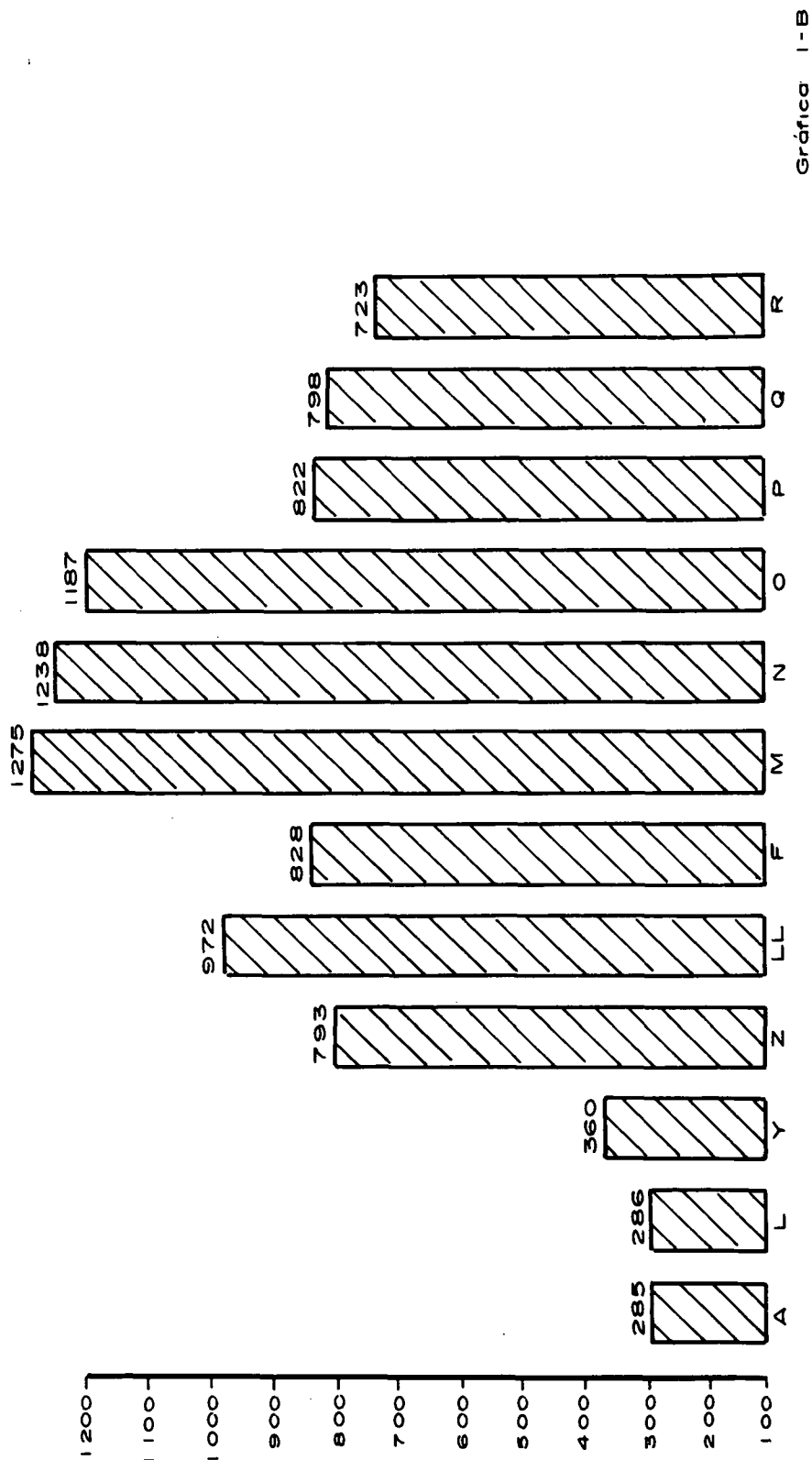


Gráfico 1-A

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL FÓSFORO

LEYENDA
EL CÓDIGO SIGNIFICA LO MISMO QUE
EN LA TABLA I DE DONDE ESTÁN
TOMADOS LOS DATOS PARA ESTA
GRÁFICA.

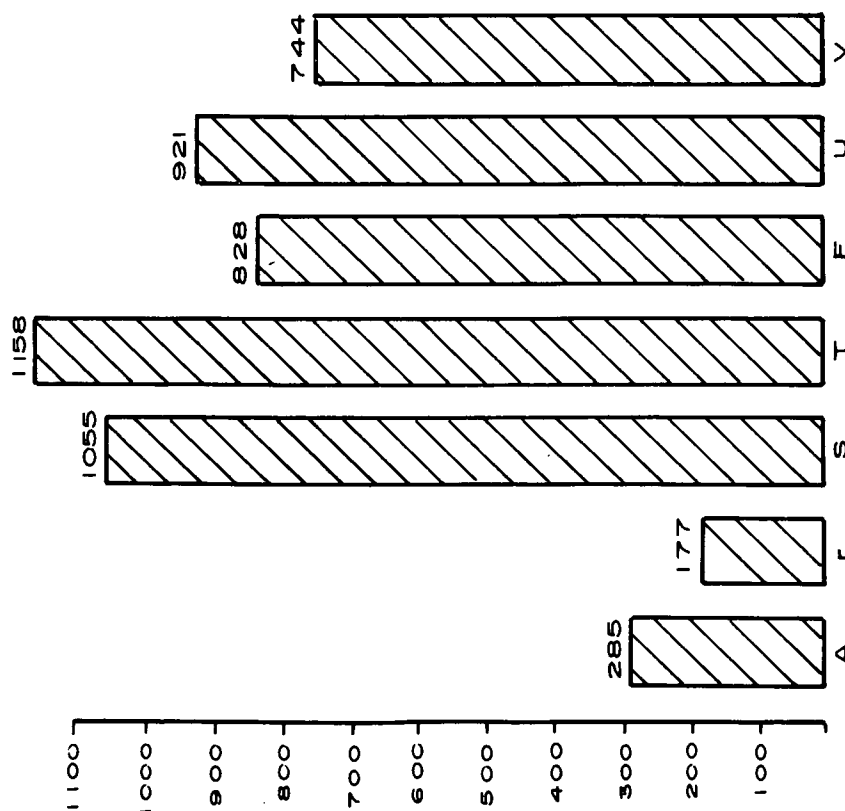


RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DE LA POTASA

LEYENDA

EL CÓDIGO SIGNIFICA LO MISMO QUE EN LA TABLA I DE DONDE ESTÁN TOMADOS LOS DATOS PARA ESTA GRÁFICA.



Gráfica I-C

Tabla 2
ANÁLISIS DE VARIACIÓN

Código	Rendimiento (calculados en <i>q/cab</i>)			Suma total	Promedio
	Rep. I	Rep. II	Rep. III		
A	307	419	129	855	285
B	958	631	518	2107	702
C	1139	1069	692	2900	966
D	797	658	867	2322	774
E	917	774	1522	3213	1071
F	513	934	1037	2487	828
G	1278	977	927	3182	1060
H	1236	910	791	2937	979
I	983	879	876	2738	912
J	821	1066	948	2835	945
K	806	883	688	2377	792
L	146	400	314	860	286
LL	760	1040	1118	2918	972
M	1154	934	1737	3825	1275
N	1324	1209	1181	3714	1238
O	841	1241	1480	3562	1187
P	684	1035	749	2468	822
Q	721	730	945	2396	798
R	870	471	828	2169	723
S	1123	836	1217	3176	1055
T	1113	1323	1040	3476	1158
U	1201	481	1083	2765	921
V	778	768	687	2233	744
W	759	891	747	2397	799
X	1356	1888	1698	4942	1647
Y	371	496	213	1080	360
Z	636	877	868	2381	793
I'	207	146	179	532	177
+Mg	1538	846	1087	3471	1157
+Boro	821	966	1186	2973	991
+Urea	776	1660	603	3039	1013
+Fe	1192	1164	1106	3462	1154
+Zn	744	1471	594	2814	938
+Ca	876	1117	675	2618	889
	1132	1149	947	2228	742
	30,878	32,339	31,282	Promedio general	899
	882	923	893		

Tabla 3

Variación debida a:		Grados de independencia	
Dentro de tratamiento	4693,152	70	67,045
Entre replicados	69,090	2	34,545
Entre tratamientos	8944,722	34	263,080
Error	4624,062	68	68,000

Algunos datos de esta tabla 2 fueron utilizados para confeccionar la gráfica 1.

$$F = \frac{263,080}{68,000} = 3,9$$

Según la tabla para los valores F* encontramos que las diferencias para estas poblaciones fueron altamente significativas.

Para encontrar cuanto más es significativo el promedio de cosecha de un tratamiento sobre otro, tenemos:

$$\text{Error standard de un lote } \sqrt{68,000} = 260$$

$$\text{Error standard del promedio } 260/\sqrt{3} = 152$$

$$\text{Error standard de la diferencia } \sqrt{152} \times 2 = 212$$

Dos veces 212 = 424, es significativo.

*Se refiere a los valores F que aparecen relacionados en los libros sobre *Matemática Estadística*. (N. del A.)

Se concluye:

1. En las distintas aplicaciones de nitrógeno no hay diferencias significativas.
2. En las distintas aplicaciones de fósforo hay diferencias significativas.
3. En las distintas aplicaciones de potasa no hay diferencias significativas.
4. Aunque los elementos menores hierro y magnesio y el fertilizante nitrógeno urea, produjeron cosechas mayores que en los lotes donde no se aplicaron, las diferencias no son significativas.

Con lineamientos similares a lo anterior se dispuso un ensayo con la misma especie en suelos Truffin de la Granja A. Ramírez (Trucutú).

Los resultados se tabulan a continuación:

2. En suelo Truffin con cultivo Sorgo Amack R-10

Tabla 4

LOTE CON REGADÍO

Código	Tratamiento lb/cord ²			Rendimiento (calculado en q/cab)			Promedio q/cab
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
A	0	0	0	126	0	0	42
B	0	4,5	8	604	416	464	494
C	4,5	4,5	8	408	449	478	445
D	9	4,5	8	559	576	485	540
E	13,5	4,5	8	522	620	748	630

Tabla 4 (continuación)

Código	Tratamiento lb/cord ²			Rendimiento (calculado en q/cab)			Promedio q/cab
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
F	18	4,5	8	499	701	323	507
G	9+9	4,5	8	525	362	664	517
H	9+9	4,5	8	439	240	328	332
I	9+9	4,5	8	*	*	*	
J	22,5	4,5	8	878	451	361	653
K	—	—	—	304	257	313	291
L	18	0	8	0	0	153	51
LL	18	2,25	8	326	665	586	525
M	18	6,75	8	660	906	653	739
N	18	9	8	883	593	1063	846
O	18	11,75	8	942	1061	1114	1039
P	18	4,5	8	79	365	400	281
Q	18	4,5	8	758	283	660	567
R	18	—	—	206	232	61	166
S	18	4,5	0	568	434	982	661
T	18	4,5	4	712	430	580	574
U	18	4,5	12	560	813	542	638
V	18	4,5	8	242	780	311	444
W	9	2,25	4	355	591	253	399
X	22	12	12	1209	1011	1243	1154
Y	18	0	0	181	0	0	60
Z	0	4,5	0	464	384	294	380
r	0	0	8	45	0	99	72
+Mg	18	4,5	8	343	525	412	426
+Boro	18	4,5	8	413	677	582	557
+Fe	18	4,5	8	643	480	477	533
+Cu	18	4,5	8	533	449	0	491
Δ	18	4,5	8	468	507	644	539

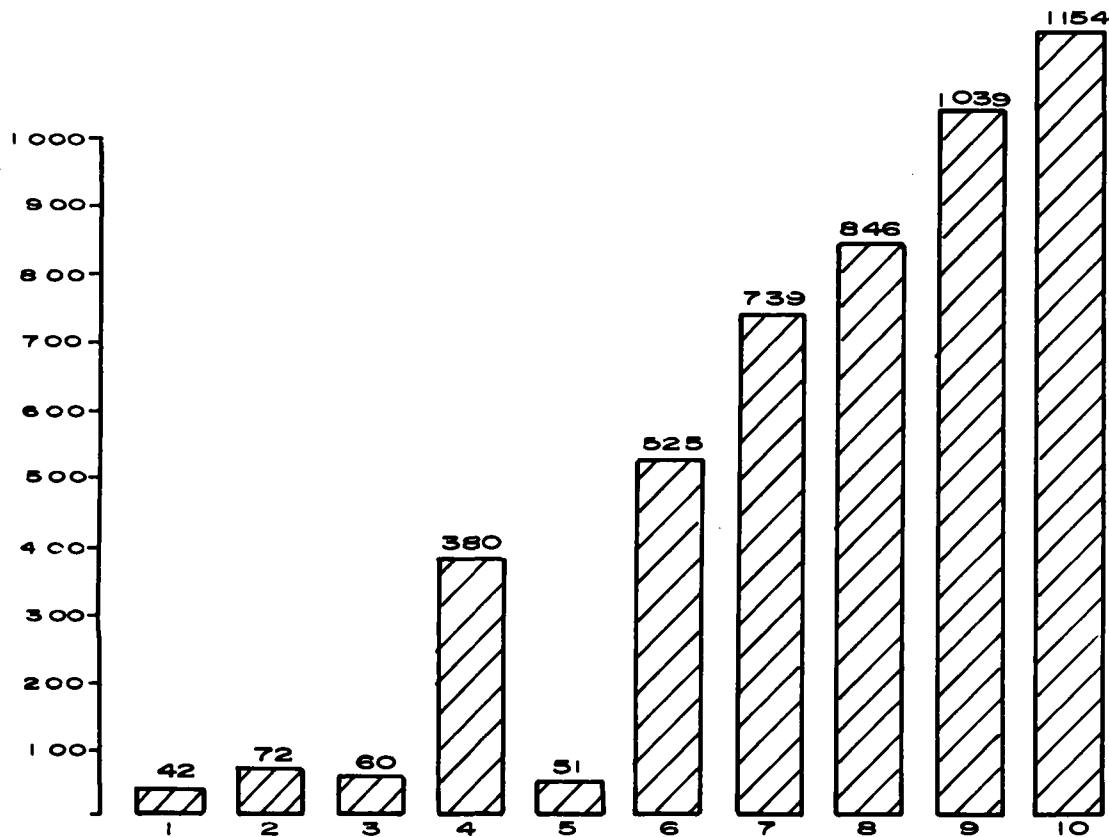
* No hay datos.

El significado del código es el mismo que en la tabla 1. Algunos datos de esta tabla 4 fueron tomados para confeccionar la gráfica 2.

**RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES.**

LEYENDA

1. LOTE TESTIGO. SIN FERTILIZACIÓN
2. SIN N ni P_2O_5 , CON 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.
3. SIN P_2O_5 ni K_2O CON EL EQUIVALENTE A 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO.
4. SIN N ni K_2O , CON 50 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
5. SIN FOSFORO, CON 190 kg/ha DE N COMO SULFATO Y 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.
6. CON 190 kg/ha DE N COMO SULFATO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO + 25 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
7. IDEM A 6 PERO CON 75 kg/ha DE P_2O_5 .
8. IDEM A 6 PERO CON 100 kg/ha DE P_2O_5 .
9. IDEM A 6 PERO CON 125 kg/ha DE P_2O_5 .
10. 240 kg/ha DE N COMO $SO_4=$ 130 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO 130 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.



Gráfica 2

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES.

SERIE DEL NITRÓGENO

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 4 DE DONDE SE TOMARON
LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
GRÁFICA.

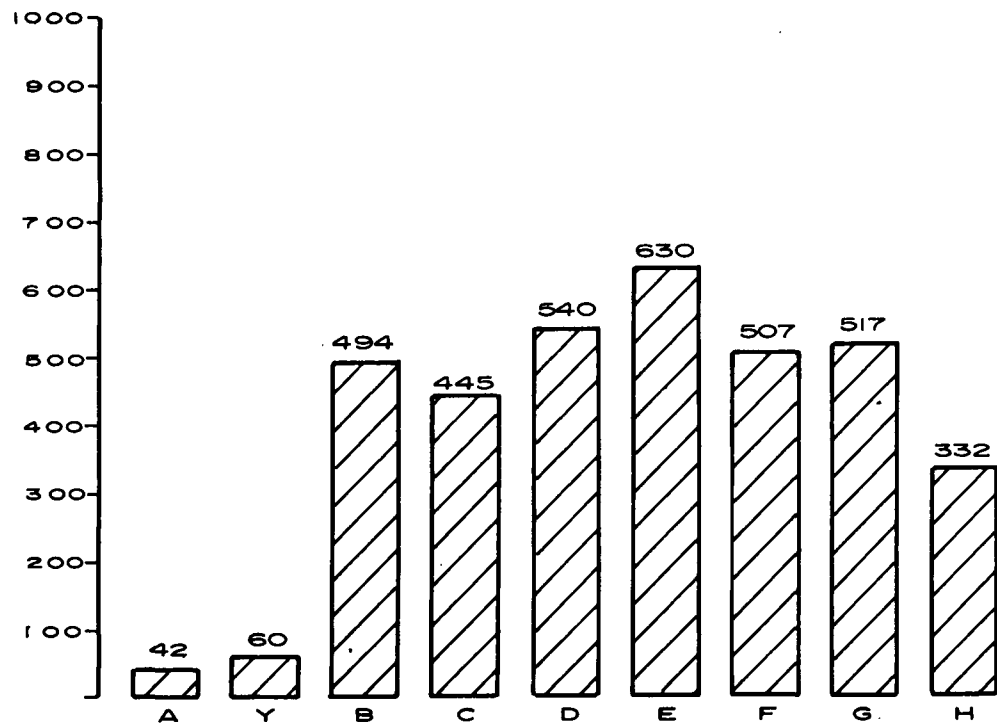


Gráfico. 2-A

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL FÓSFORO

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 4 DE DONDE SE TOMARON
LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
GRÁFICA.

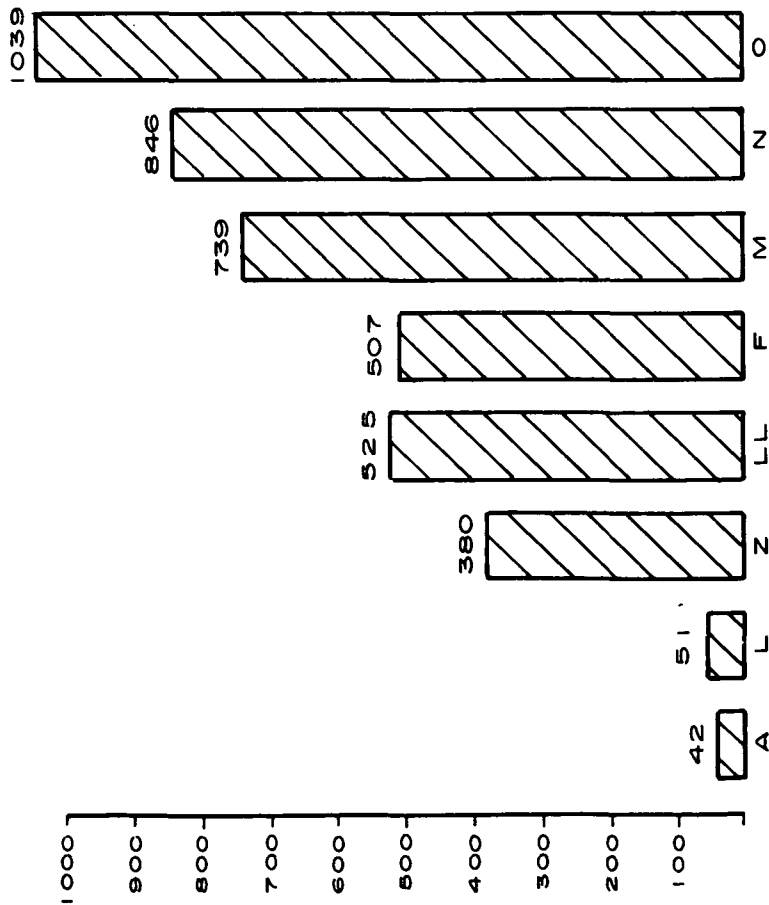


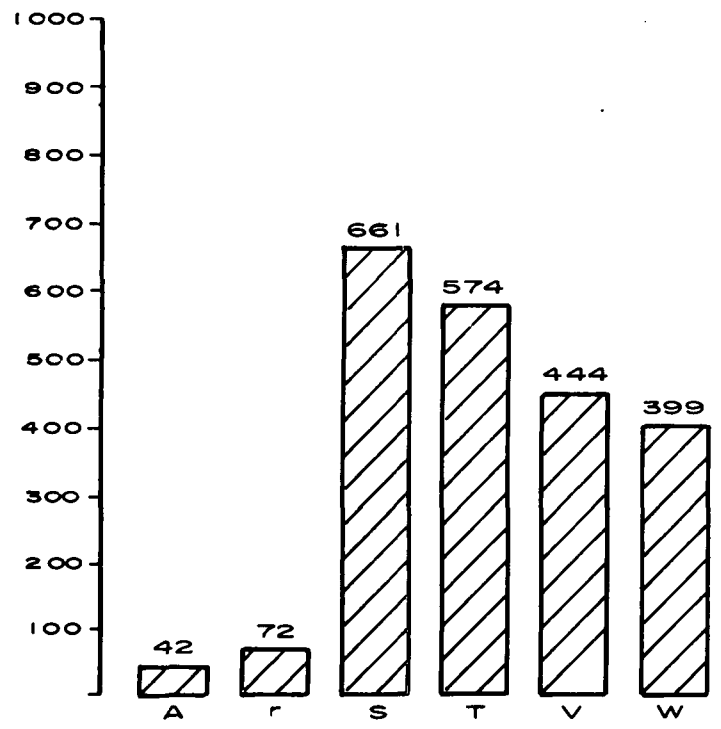
Gráfico 2-B

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DE LA POTASA

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 4 DE DONDE SE TOMARON
LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
GRÁFICA.



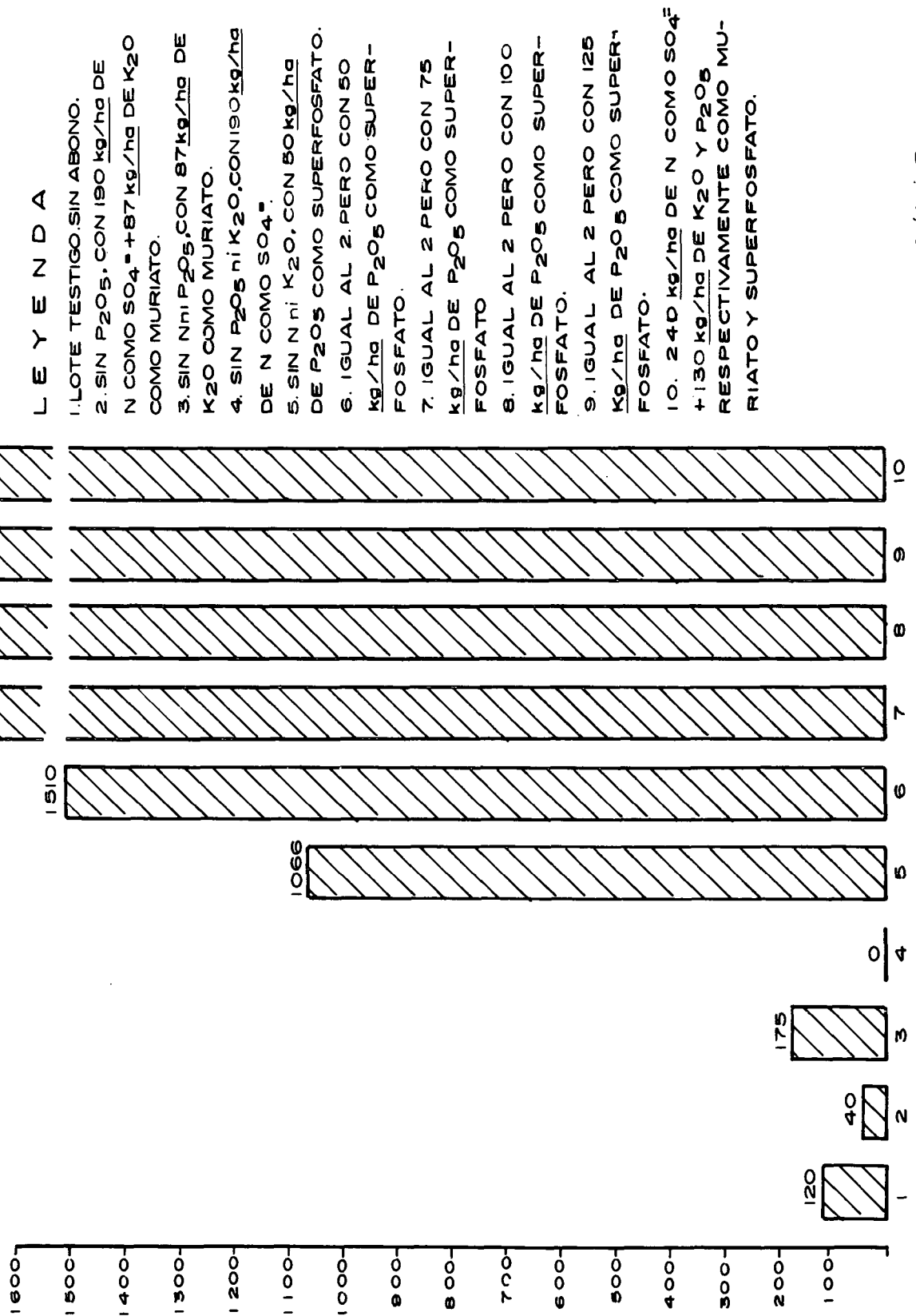
Gráfica 2-C

Tabla 5
LOTE DE SECANO

Código	Rendimiento lb/cord ²			Rendimiento (calculado en q/cab)			Promedio q/cab
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
A	0	0	0	0	120	120	120
B	0	4,5	8	1310	1430	1180	1307
C	4,5	4,5	8	1450	1240	1350	1347
D	9	4,5	8	1540	1510	1130	1393
E	13,5	4,5	8	2320	1330	1580	1740
F	18	4,5	8	1755	1735	1050	1510
G	9+9	4,5	8	1650	1850	1500	1666
H	9+9	4,5	8	850	1000	880	910
I	9+9	4,5	8	*	*	*	*
J	22,5	4,5	8	1780	1530	1750	1686
K	—	—	—	360	940	630	643
L	18	0	8	20	0	100	40
LL	18	2,25	8	900	600	1080	860
M	18	6,75	8	2240	1560	1490	1763
N	18	9	8	2980	2040	2135	2385
O	18	11,75	8	3035	2048	2270	2451
P	18	4,5	8	305	380	180	288
Q	18	4,5	8	1080	1150	1280	1170
R	18	—	—	400	600	100	366
S	18	4,5	0	1550	650	640	946
T	18	4,5	4	1130	930	720	926
U	18	4,5	12	1030	1260	1760	893
V	18	4,5	8	630	630	840	700
W	9	2,25	4	630	630	950	736
X	22	12	12	3290	2900	3230	3140
Y	18	0	0	0	0	0	0
Z	0	4,5	0	790	1030	1380	1066
I'	0	0	8	115	200	210	175
+Mg	18	4,5	8	880	1290	1500	1223
+Boro	18	4,5	8	1650	1350	1430	1476
+Fe	18	4,5	8	1170	1710	1770	1550
+Cu	18	4,5	8	1250	1560	1010	1273
Δ	18	4,5	8	1450	1380	1550	1460

* No hay datos.

**RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SORGO. SUELO TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTE REPLICADO TRES VECES**



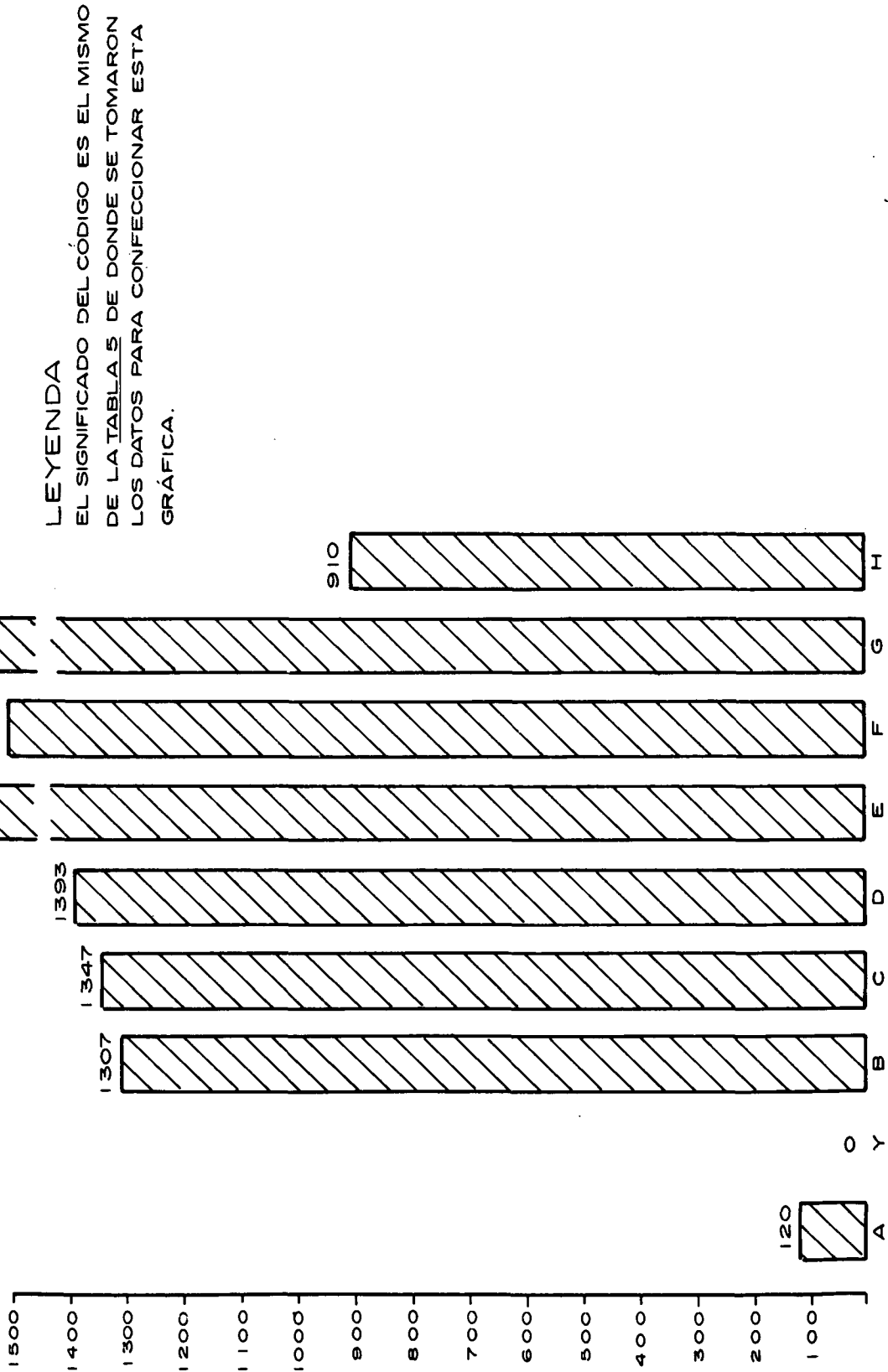
LE Y E N D A

1. LOTE TESTIGO. SIN ABONO.
2. SIN P₂O₅. CON 190 kg/ha DE N COMO SO₄ + 87 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.
3. SIN N ni P₂O₅. CON 87 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.
4. SIN P₂O₅ ni K₂O. CON 190 kg/ha DE N COMO SO₄.
5. SIN N ni K₂O. CON 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
6. IGUAL AL 2. PERO CON 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
7. IGUAL AL 2 PERO CON 75 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
8. IGUAL AL 2 PERO CON 100 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
9. IGUAL AL 2 PERO CON 125 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
10. 240 kg/ha DE N COMO SO₄ + 130 kg/ha DE K₂O Y P₂O₅ RESPECTIVAMENTE COMO MURIATO Y SUPERFOSFATO.

Gráfica 3

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961 -1963
 CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
 LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL NITRÓGENO

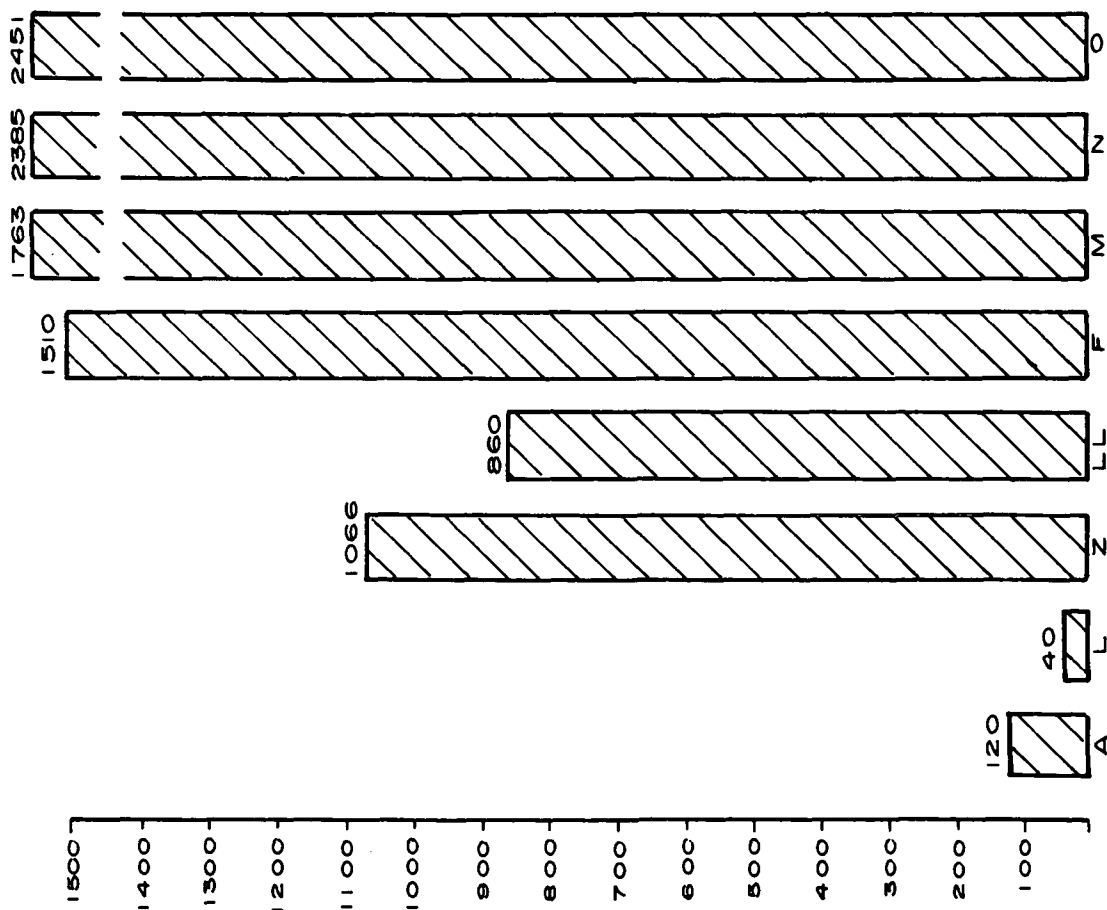


LEYENDA
 EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
 DE LA TABLA 5 DE DONDE SE TOMARON
 LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
 GRÁFICA.

Gráfica 3-A

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961 - 1963
CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL FÓSFORO

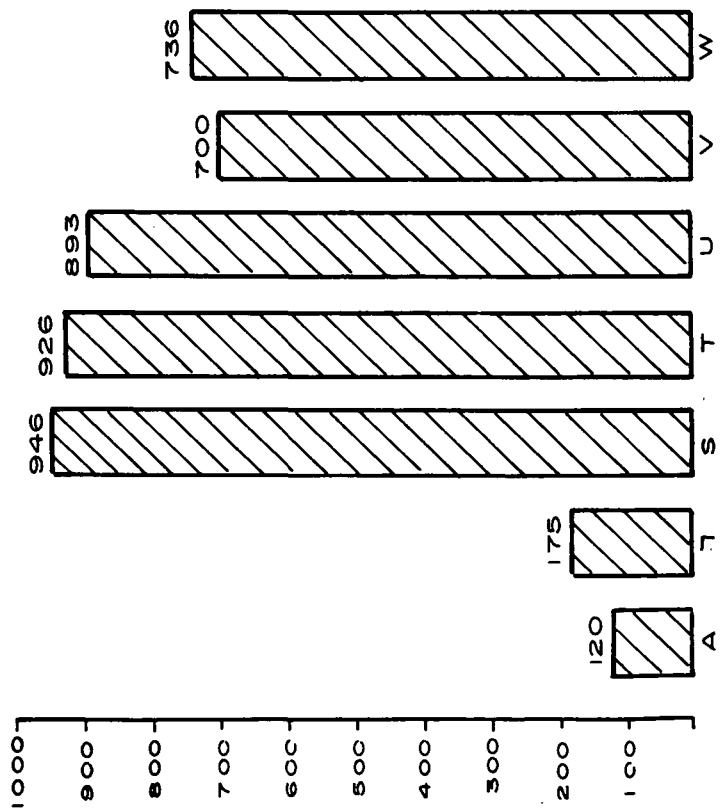


LEYENDA
EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 5 DE DONDE SE TOMARON
LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
GRÁFICA.

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
 CULTIVO SORGO. SUELOS TRUFFIN DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
 LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DE LA POTASA

LEYENDA
 EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
 DE LA TABLA 5 DE DONDE SE TOMARON
 LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA
 GRÁFICA.



Gráfica 3-C

El significado del código es el mismo que en la tabla 1.

De esta tabla 5 se tomaron datos para confeccionar la gráfica 3.

3. En suelo Estrella con el cultivo Maní

Los datos de esta tabla sirvieron de base para la confección de la gráfica 4.

Tabla 6

Tratamiento en lb/cord ²			Rendimiento (calculado en q/cab)			Promedios q/cab
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
0	4,5	10	315	474	406	398
4,5	4,5	10	576	552	693	605
9	4,5	10	691	414	460	521
13,5	4,5	10	552	250	659	487
18	4,5	10	723	473	420	538
18	0	10	182	165	542	296
18	2,2	10	231	379	874	494
18	4,5	10	723	473	420	538
18	6,7	10	656	466	924	682
18	9	10	680	326	818	608
18	11,2	10	602	392	777	590
18	4,5	0	637	425	598	553
18	4,5	5	509	972	994	825
18	4,5	10	723	473	420	538
18	4,5	15	733	733	527	664

El significado del código es el mismo que el de la tabla 5.

En esta tabla 7, está basado la gráfica 5.

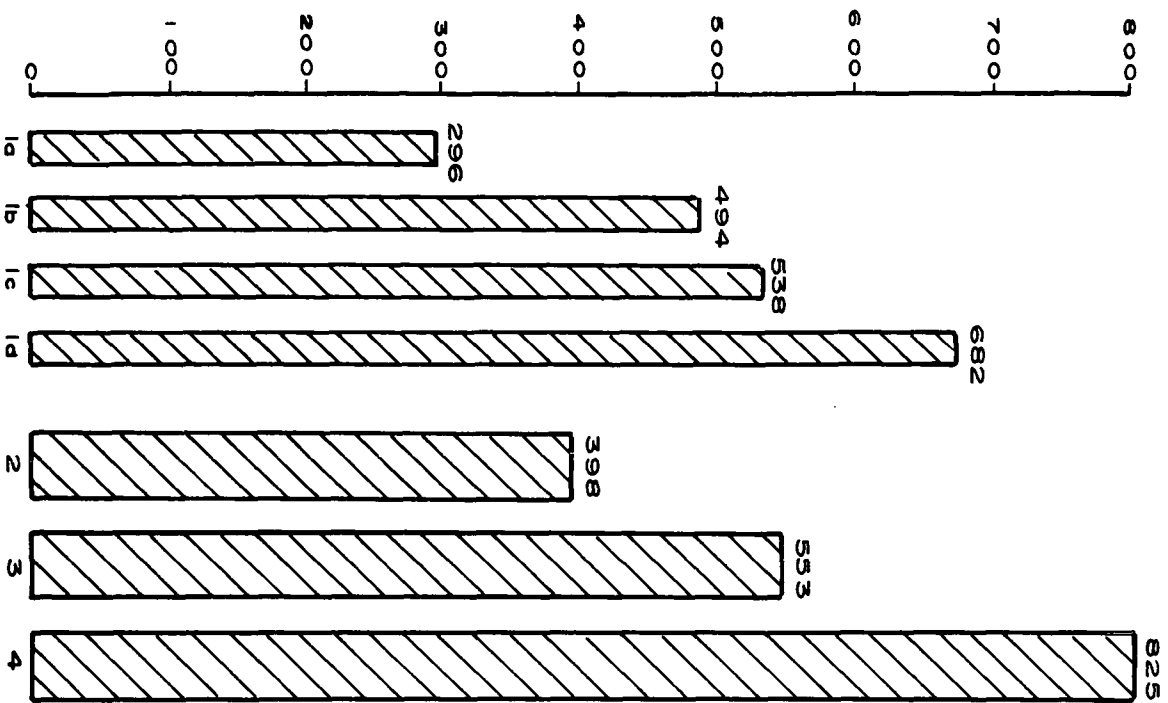
4. En suelo Estrella con el cultivo Soya

Tabla 7

Código	Rendimientos en g/cab			Promedio g/cab
	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
A	112	91	253	152
B	445	678	459	527
C	363	486	510	453
D	700	518	718	645
E	658	623	620	633
F	517	931	708	718
G	576	582	603	587
H	509	514	671	514
J*	601	757	499	619
K	494	465	473	477
L	186	298	86	191
LL	571	623	768	654
M	541	845	698	694
N	670	609	644	641
O	643	1043	665	783
P	439	424	815	559
Q	684	613	591	629
R	474	497	400	457
S	528	565	691	594
T	554	494	492	513
U	742	871	526	713
V	844	441	388	557
W	720	529	478	575
X	729	771	859	786
Y	279	85	51	138
Z	485	340	547	457
I'	484	96	168	249
+Mg	1027	659	721	802
+B	554	651	431	545
Urea	212	683	336	410
+Fe	212	913	363	496
+Zn	366	255	311	310
Ca	612	589	327	509
Δ	525	561	516	554

* Por existir, a veces, confusión en el código entre las letras I y J, se eliminó la primera. También por esta razón se eliminó la N.

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
 CULTIVO MANÍ. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
 LOTES REPLICADOS TRES VECES

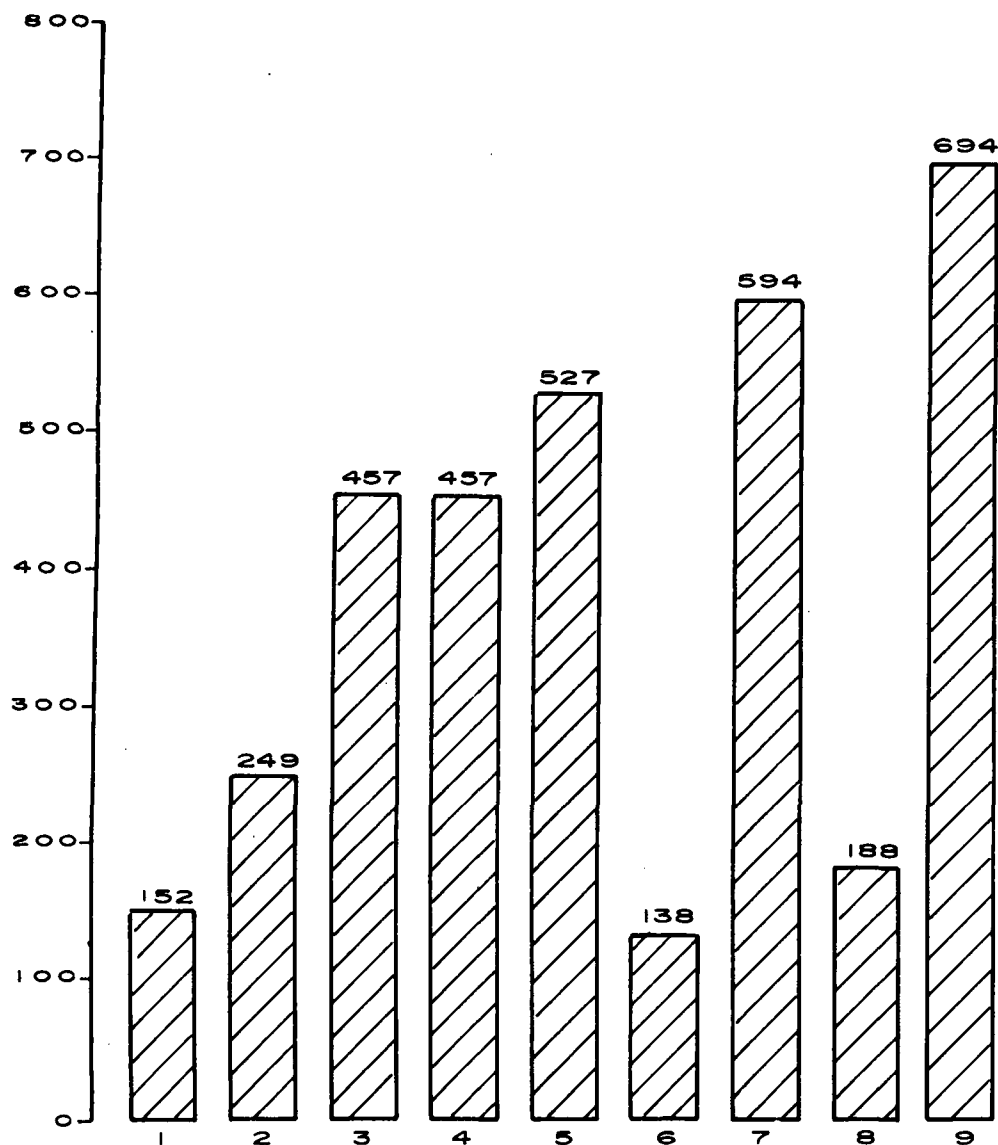


LEYENDA

1. SI SE MANTIENEN CONSTANTE 190 kg/ha DE N EN FÓRMULA DE SULFATO DE AMONIO Y 110 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO; CERO P₂O₅ a 25 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO a 50 kg/ha d 75 kg/ha.
2. SIN N, CON 50 kg/ha DE P₂O₅ Y 110 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.
3. SIN POTASA, CON 190 kg/ha DE N COMO SO₄ - Y 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO.
4. 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERFOSFATO + 55 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.

Gráfica 4

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SOYA VAR. PELICAN. SUELOS ESTRELLA DE LA PROV. DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES



L E Y E N D A

1. LOTE TESTIGO, SIN FERTILIZACIÓN
2. SIN P ni N CON K_2O COMO MURIATO 87 kg/ha .
3. SIN N ni K, CON P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO, 50 kg/ha .
4. SIN FERTILIZACIÓN MINERAL, CON EL EQUIVALENTE A 30 T/cab DE GUANO.
5. SIN N, CON LA APLICACIÓN DE 50 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO
6. SIN P ni K, CON LA APLICACIÓN DE 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO.
7. SIN K, CON LA APLICACIÓN DE 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 50 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO.
8. SIN P, CON LA APLICACIÓN DE 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.
9. CON 190 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO + 80 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO + 87 kg/ha DE K_2O COMO MURIATO.

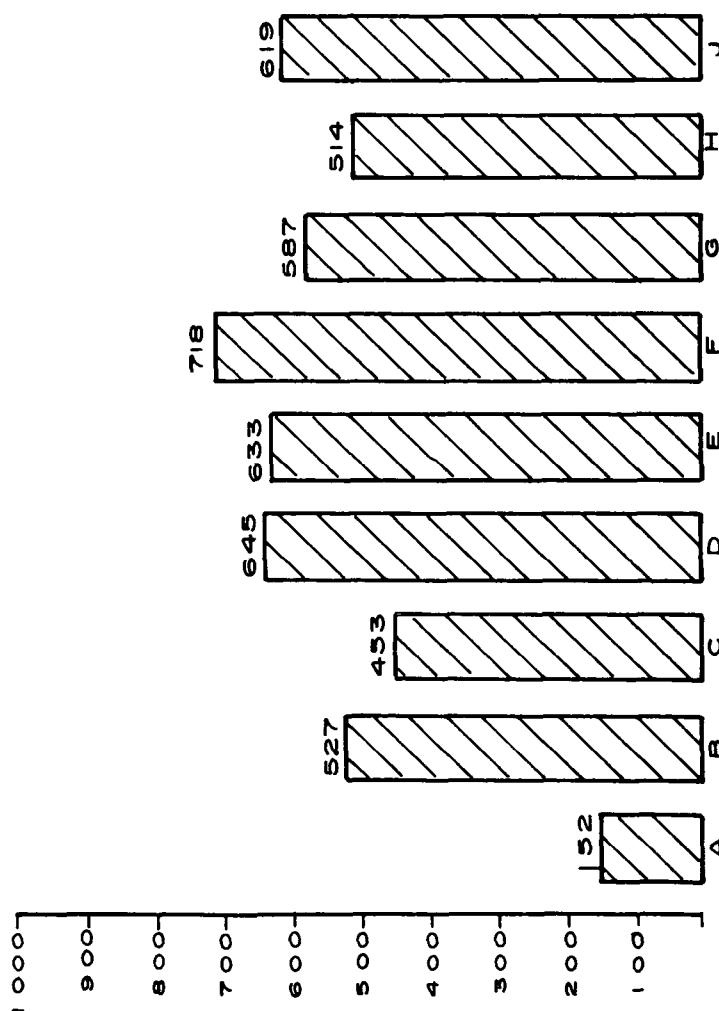
Gráfica 5

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SOYA VAR. PELICAN. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES

SERIE DEL NITRÓGENO

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 5. LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA GRÁFICA SE TOMARON DE
LA TABLA 7.



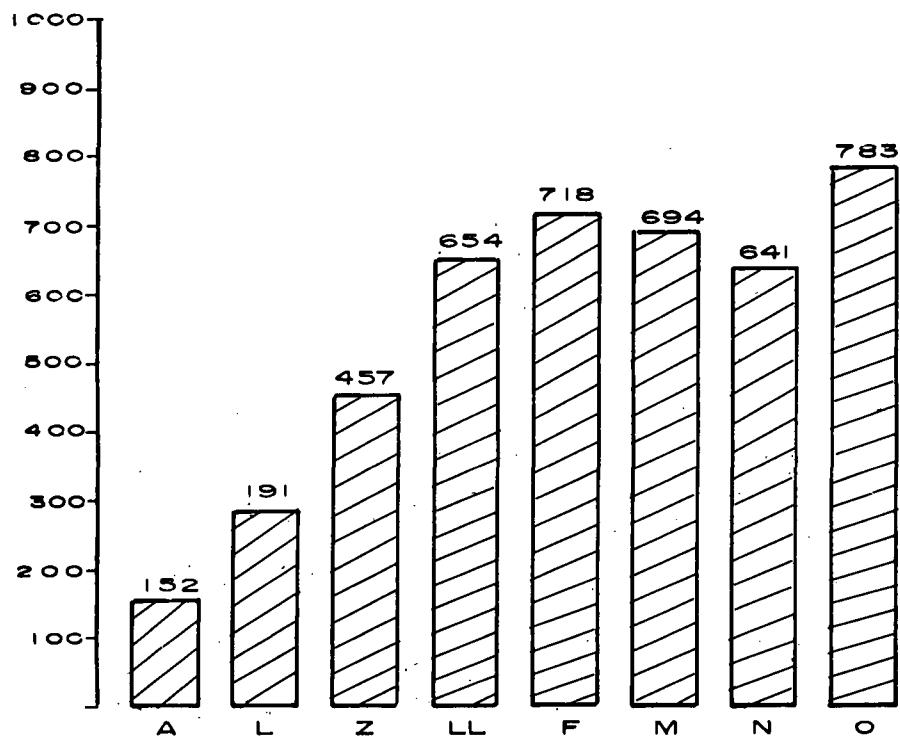
Gráfica 5-A

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963.
CULTIVO SOYA VAR. PELICAN. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES.

SERIE DEL FOSFORO

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO
DE LA TABLA 5. LOS DATOS PARA CONFECCIONAR
ESTA GRÁFICA SE TOMARON DE LA
TABLA 7.



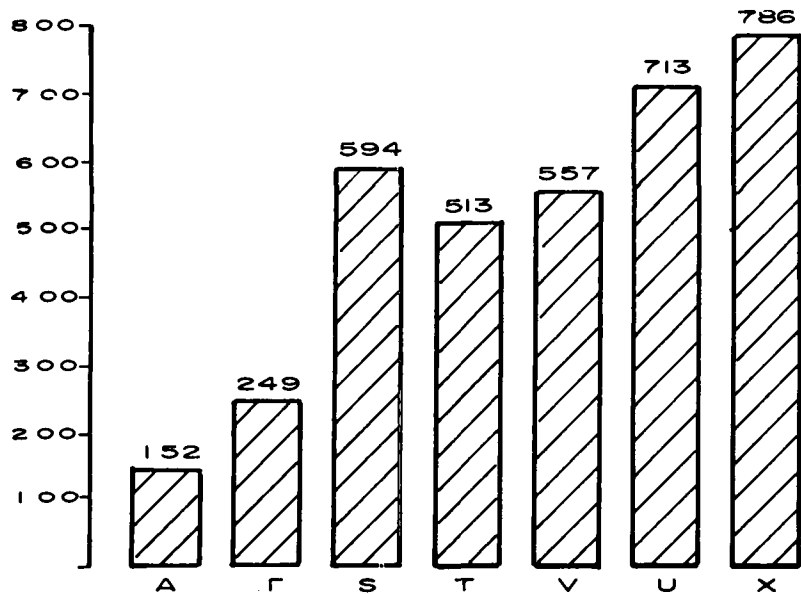
Gráfica 5-B

**RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO SOYA VAR. PELICAN. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES**

SERIE DE LA POTASA

LEYENDA

EL SIGNIFICADO DEL CÓDIGO ES EL MISMO DE LA TABLA 5. LOS DATOS PARA CONFECCIONAR ESTA GRÁFICA SE TOMARON DE LA TABLA 7.



Gráfica 5-C

5. En suelo Santa Clara con el cultivo Girasol

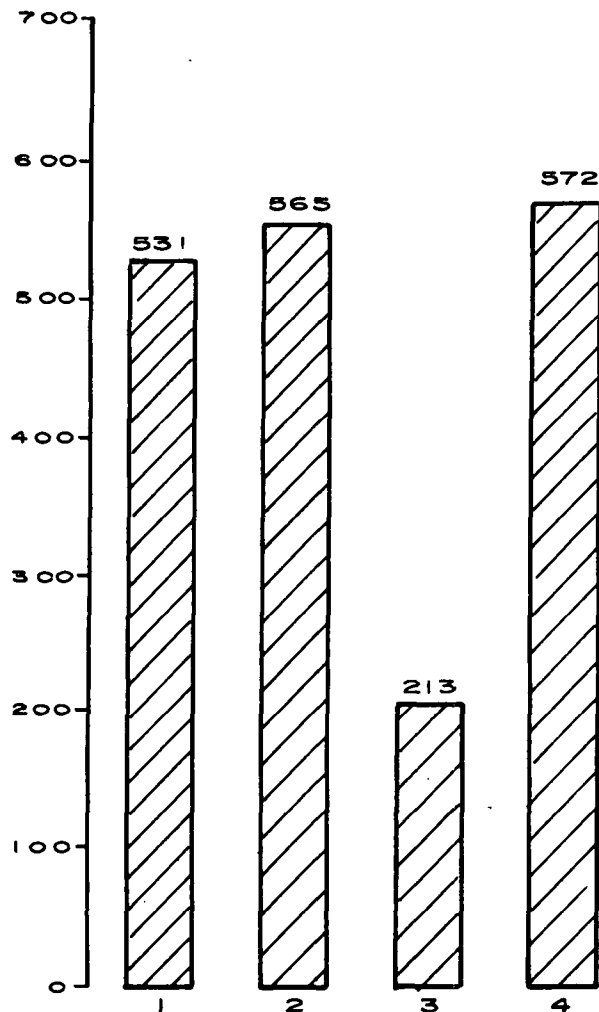
Tabla 8

N	Tratamientos lb/cord		Rendimientos q/cab				Promedio q/cab
	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Rep. IV	
0	10	10	529	490	538	567	531
5	10	10	617	707	476	791	647
10	10	10	603	476	881	653	653
15	10	10	606	676	624	831	684
10	0	10	165	218	216	257	213
10	5	10	562	552	537	638	572
10	10	10	603	476	881	653	653 *
10	15	10	641	696	624	702	665
10	10	0	606	610	495	551	565
10	10	5	646	711	524	562	610
10	10	10	634	697	670	638	659
10	10	15	661	605	610	480	589

* Repetido de la serie del N.

Los resultados de esta tabla sirvieron de base a la gráfica 6.

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO GIRASOL VAR. SARATOV. SUELOS LOAM AREN. SANTA CLARA
DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY.
LOTES REPLICADOS CUATRO VECES



LEYENDA

1. SIN N, APLICACIÓN 100 kg/ha DE P_2O_5 Y K_2O EN FORMA DE SUPERFOSFATO Y MURIATO RESPECTIVAMENTE.
2. SIN K, APLICACIÓN DE 100 kg/ha DE N Y P_2O_5 COMO SULFATO Y SUPERFOSF. RESPECTIVAMENTE.
3. SIN P, APLICACIÓN DE 100 kg/ha DE N Y K_2O COMO SULFATO Y SUPERF. RESPECT.
4. APLICACIÓN DE 100 kg/ha DE N Y K_2O COMO SULFATO Y SUPERFOSFATO RESP. + 55 kg/ha DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATOS.

Gráfica 6

6. En suelo Estrella con el cultivo Frijol colorado

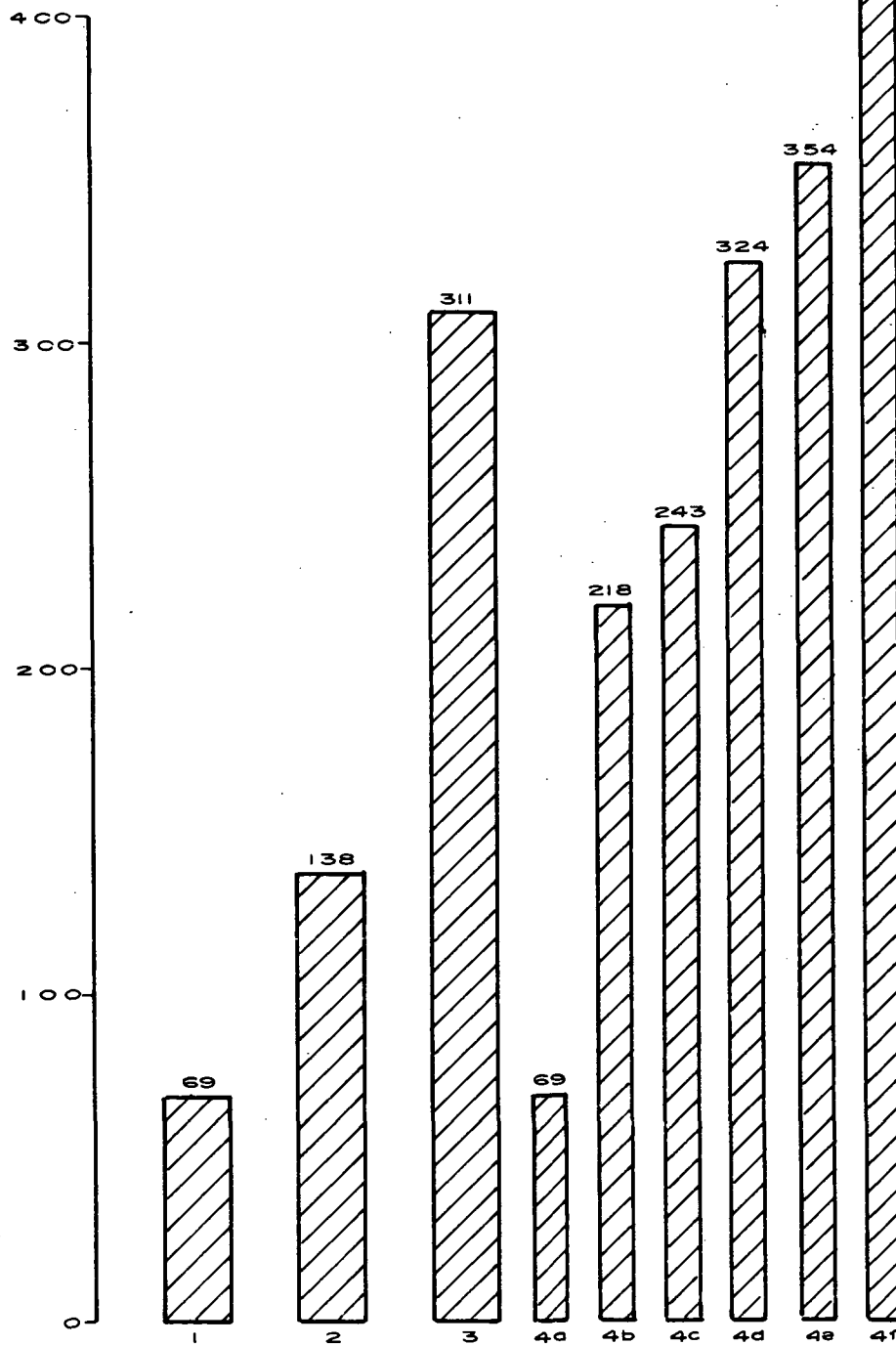
Tabla 9

Código	Tratamiento lb/cord ²			Rendimientos q/cab			Promedio q/cab
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	
A	0	4,5	10	93	207	115	138
B	6	4,5	10	275	412	173	286
C	6+6	4,5	10	205	281	244	243
D	12+6	4,5	10	163	173	148	161
E	6+6	0	10	106	49	52	69
F	6+6	2,25	10	311	174	169	218
G	6+6	6,75	10	382	372	220	324
H	6+6	9	10	395	436	231	354
I	6+6	11,75	10	426	546	394	455
J	6+6	4,5	0	222	304	407	311
K	6+6	4,5	5	286	286	215	262
C*	6+6	4,5	10	205	281	244	243
L	6+6	4,5	15	350	300	251	300

* Repetido de la serie del N.

Los datos de esta tabla sirvieron de base para la gráfica 7.

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO FRIJOL COLORADO. SUELO ESTRELLA 455
PROV. DE CAMAGÜEY
LOTES REPLICADOS TRES VECES



L E Y E N D A

1. SIN P, APLICACIÓN DE 130 kg/ha DE N COMO SULFATO + 100 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.
2. SIN N, APLICACIÓN DE 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERF. + 100 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO.
3. SIN K, APLICACIÓN DE 50 kg/ha DE P₂O₅ COMO SUPERF. + 130 kg/ha DE N COMO SULFATO DE AMONIO.
4. SI SE MANTIENE CONSTANTE LA APLICACIÓN DE N A RAZÓN DE 130 kg/ha COMO SULFATO Y 100 kg/ha DE K₂O COMO MURIATO:
 - a. CERO P₂O₅ b. 25 kg/ha DE P₂O₅ c. 50 kg/ha DE P₂O₅ d. 75 kg/ha DE P₂O₅ e. 100 kg/ha DE P₂O₅ f. 125 kg/ha DE P₂O₅.

Gráfica 7

7. En suelo Estrella con el cultivo Frijol colorado

Tabla. 10

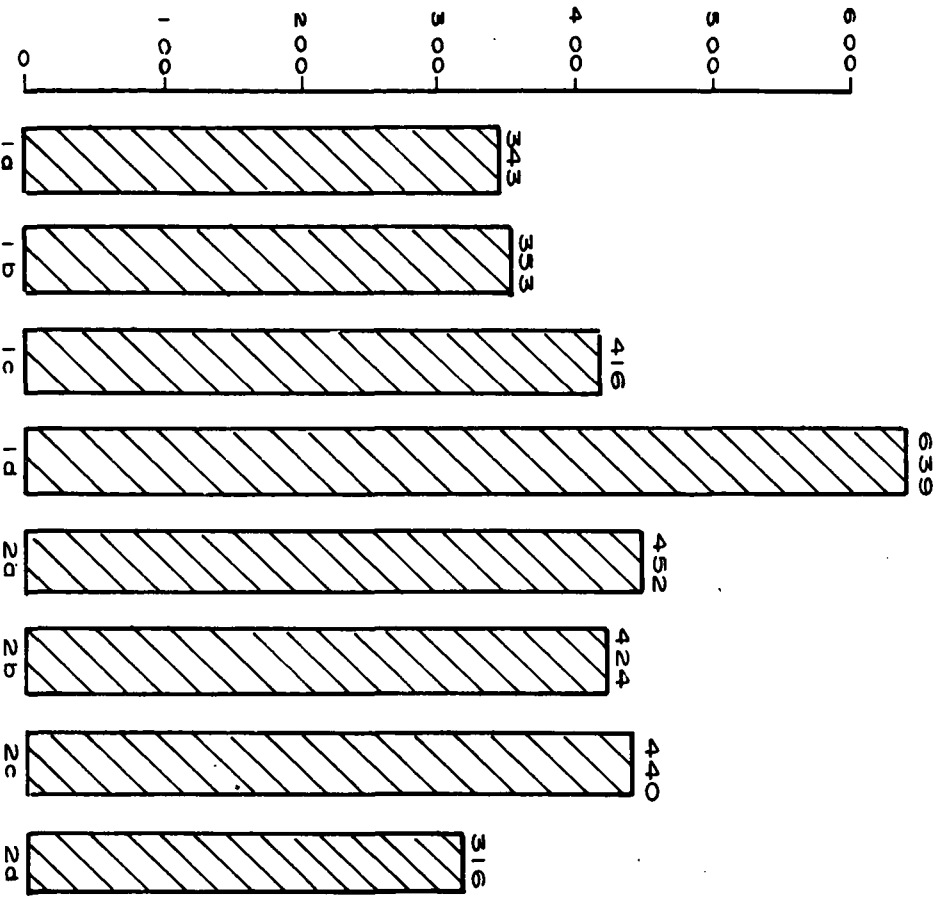
Tratamiento lb/cord ²			Rendimientos q/cab				Promedio q/cab
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rep. I	Rep. II	Rep. III	Rep. IV	
5	10	4	343	316	452	475	396
6	10	4	319	370	342	429	365
7	10	4	316	335	216	500	341
8	10	4	289	409	463	515	419
6	9	4	330	362	363	377	343
6	10	4	370	399	217	427	353
6	11	4	352	415	515	384	416
6	12	4	319	471	434	532	439
6	10	3	345	443	483	538	452
6	10	4	316	383	544	456	424
6	10	5	307	331	395	529	440
6	10	6	343	433	247	241	316

De esta tabla se tomaron los datos para confeccionar la gráfica 8.

(Esto fue el resultado de un segundo año de ensayos con este cultivo y en este

suelo; fue obvio en el primer año la importancia del P₂O₅; en este ensayo la secuencia 9, 10, 11, 12 lb/cord² de P₂O₅ era precisar más aún la cuantía correcta de este elemento.)

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES, 1961-1963
 CULTIVO FRIJOL CARITA, SUELOS MATANZAS PROV. DE CAMAGÜEY
 LOTES REPLICADOS CUATRO VECES.

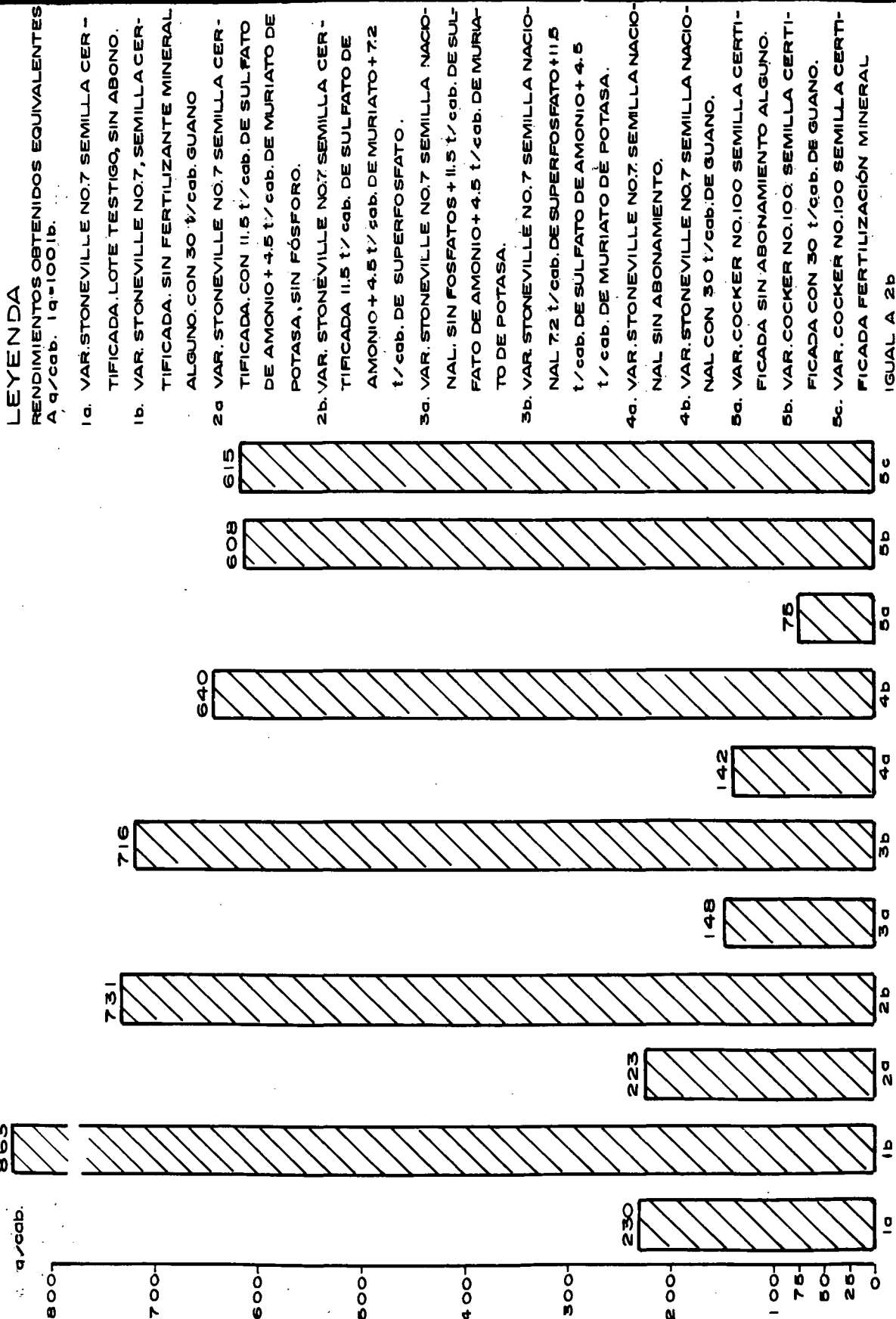


LEYENDA

1. SI SE MANTIENE CONSTANTE LA APLICACIÓN DE 65 kg/hg DE N COMO SO_4 Y 40 kg/hg DE K_2O COMO CI, a. 100 kg/hg DE P_2O_5 COMO SUPERF., b. 110 kg/hg y 120 kg/hg d. 130 kg/hg
2. SI SE MANTIENE CONSTANTE LA APLICACIÓN DE 110 kg/hg DE P_2O_5 COMO SUPERFOSFATO Y 65 kg/hg DE N COMO SO_4 =: a. 33 kg/hg DE K_2O COMO CI, b. 44 kg/hg y 55 kg/hg d. 66 kg/hg

Gráfica 8

RESULTADOS DE ENSAYOS CON FERTILIZANTES. 1961-1963
CULTIVO ALGODÓN. SUELOS ESTRELLA DE LA PROVINCIA DE CAMAGÜEY



Gráfica 9

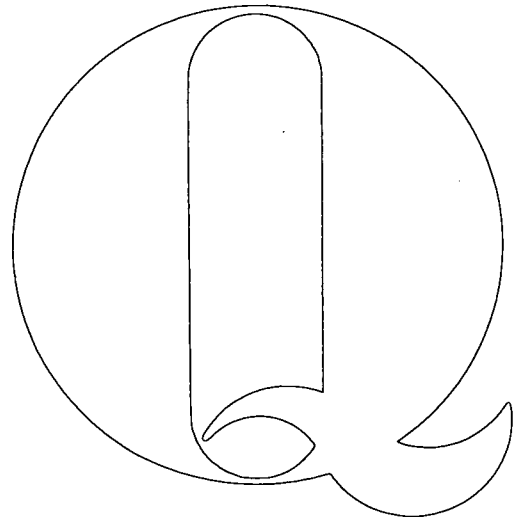
CONCLUSIONES

- I. Con buena agrotecnia, los rendimientos de especies muy diferentes pueden ser llevados a tonelajes por área, insospechados. La condición previa es la perfecta concordancia de la relación entre los macroelementos (N, P_2O_5 , K_2O), indispensable para cosechas altamente rentables.
- II. Si se estudian algunas de las tablas anteriores, puede observarse cierta disminución de los rendimientos cuando el nivel de la potasa sobrepasa ciertos tenores; es cierto que no necesariamente

estas disminuciones deben atribuirse al catión, ya que pueden estar ligadas más bien al carácter tóxico del anión portador.

- III. Este tipo de experimentación de campo se recomienda llevarla a cabo con todos los cultivos principales nuestros en todas las provincias.
- IV. Como la producción agropecuaria en el trópico y subtrópico requiere tantos factores a controlar, se aboga por la concentración de recursos en áreas definidas y pasar de las condiciones extensivas a unas intensivas, como se ha propuesto en ganadería con los pastoreos y cebaderos.

Bibliografía

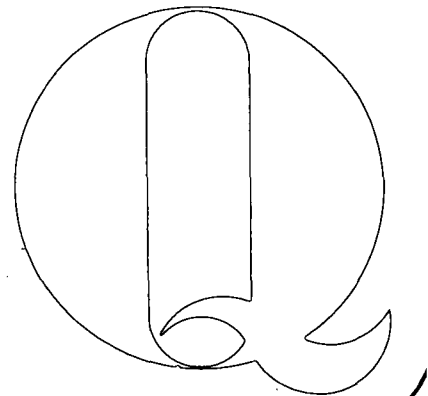


- ARINUSHKINA, E. V.: *Métodos del análisis químico de los suelos (Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochvy)*, Moscú, 1961.
- AWAN, A. B.: *Effect of Lime on Availability of Phosphorus in Zamorano Soils (Efecto de la cal sobre la disponibilidad del fósforo en suelos Zamorano)*, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 28, núm. 5, págs. 672-673, 1964.
- Análisis rápido de sus tierras*, La Hacienda, Honduras, abril, 1965.
- BEAR, F. E.: *Chemistry of the Soil (Química del suelo)*, pág. 573, Nueva York-Londres, 1955.
- Soils and Fertilizers (Suelos y Fertilizantes)*, página 420, ed. 4.ª, Nueva York-Londres, 1955.
- BENNETT, H. H. y ALLISON, R. V.: *Los suelos de Cuba*, Com. Nac. UNESCO, La Habana, 1962.
- Algunos nuevos suelos de Cuba*, Com. Nac. UNESCO, La Habana, 1962.
- BUCKMAN, M. O. y BRADY, N. C.: *Naturaleza y propiedades de los suelos (The Nature and Properties of Soils)*, UTEHA, México, 1966.
- CABRER, P. M. y GARCÍA VÁZQUEZ, R.: *Suelos agrícolas cubanos*, La Habana, 1968.
- COOK, R. L.: *Soil Management for Conservation and Production (Manejo de los suelos para su conservación y la producción)*, Nueva York, 1962.
- FREVERT, R. K. y Col.: *Soil and Water Conservation Engineering (Ingeniería de la conservación de suelos y el agua)*, Nueva York, 1962.
- GLERIA, DI J.: *Agroquímica (Mesőgazdasági Kémia)*, Budapest, 1959.
- GUSTAVSON, A. F.: *Conservación del suelo*, México, 1957.
- HERNÁNDEZ, A. ASCANIO, O. y PÉREZ, I. M.: «Informe sobre el mapa genético de suelos de Cuba en escala 1: 250,000», *Revista de Agricultura*, año IV, núm. 1, págs. 1-21, (enero-abril), 1971.
- IGNATIEFF, V. y PAGE, H. J.: *Uso eficaz de los fertilizantes*. Colección FAO. Estudios agropecuarios, núm. 43, Editorial Nacional de Cuba, La Habana, 1964.
- Índices numéricos de perfiles típicos*. Reporte número 1, INRA, Viceministerio Agropecuario, Dirección de Suelos, La Habana, marzo, 1965.
- Índices numéricos de perfiles típicos*. Reporte número 2, INRA, Viceministerio Agropecuario. Dirección de Suelos, La Habana, julio, 1965.
- Introducción al estudio de suelos y fertilizantes*. Para escuelas de Instrucción Revolucionaria del PCC, La Habana, 1965.
- JACOB, A.: *Die Chemie der Düngemittel (Química de los fertilizantes)*, pág. 249, Halle/Saale, 1949.
- KARLOV, E. y PLANAS, G.: *Clave tentativa para identificación de suelos pesados*. Voluntad Hidráulica (Publ. del INRH), vol. 2, número 6, 1964.
- KLIMES-SZMIK, A.: *Técnicas modernas para la determinación de la capacidad de adsorción y los cationes adsorbidos en suelos (Korszerü eljárások a talajok adszorbedló képességének és az adszorbedt kationok mennyiségének meghatározására)*, MTA Agrártud. Oszt. Kozl., vol. 11, número 1-4, págs. 247-255, Budapest, 1957.
- Guía para agrónomos en la edafología y fertilización (Mezőgazdák talajismereti és trágyázási utmutatója)*, «Enmienda de Suelos» («Talajjavítás»), cap. IV, ed. 2.ª, págs. 143-170, Budapest, 1964.
- KRAMER, P. J.: *Plant and Soil Water Relationship (Relación planta y agua en el suelo)*, página 347, Nueva York, 1949.
- LUNDEGARDH, H.: *Klima und Boden (Clima y suelo)*, Jena, 1954.
- Manual de Conservación de Suelos*. Secretaría de Agricultura, USDA, Washington, D.C. Publicación TC-243, 1947.
- MAUL, F.: *Índices numéricos de algunos perfiles típicos de suelos cubanos (Informe final)*, INRA, Dirección de Suelos y Fertilizantes, La Habana, mayo, 1971.

- McKEE, H. S.: *Nitrogen-Metabolism in Plants (Metabolismo del Nitrógeno en las plantas)*, Oxford, 1962.
- Métodos para la Investigación de Suelos y Fertilizantes (Talaj- és Trágyavizsgálati Módszerek)*, Budapest, 1962.
- Métodos del Análisis de los Suelos*, V. M. Producción Agropecuaria, INRA, La Habana, 1965.
- MELA MELA, P.: *Edafología*, Ed. Revolucionaria, La Habana, 1966.
- METSON, A. J.: *Methods of Chemical Analysis for Soil Survey Samples (Métodos de los análisis químicos de muestras de suelos)*, Soil Bureau, núm. 12, Nueva Zelanda, 1961.
- MILLAR, C. E.: *Soil Fertility (Fertilidad de los suelos)*, Nueva York, 1955.
- MOHR, E. C. J. y BAREN, VAN F. A.: *Tropical Soils (Suelos tropicales)*, Londres-Nueva York, 1948.
- PANEQUE, V.: *Prácticas de Laboratorio (Suelos)*, Universidad de La Habana, Escuela de Agronomía, 1964.
- PRJANISCHNIKOW, D. N.: *Der Stickstoff im Leben der Pflanzen und im Ackerbau (El nitrógeno, su papel en el crecimiento de las plantas y en la agricultura)*, Berlín, 1952.
- RANKAMA, K. y SAHAMA, TH. G.: *Geochemistry (Geoquímica)*, ed. 3ª. Berlín-Göttingen, 1955.
- RUIZ, J.: *Clasificaciones de suelos en Cuba*. Ciclo de conferencias impartidas a los Equipos Técnicos Agrícolas del INRA. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos. La Habana, 1970.
- RUSSELL, E. J. y RUSSELL, E. W.: *Soil Conditions and Plant Growth (Condición del suelo y el desarrollo de las plantas)*, ed. 9ª., Londres, 1955.
- SCHARRER, K.: *Biochemie der Spurenelemente (Bioquímica de los microelementos)*, ed. 3ª., Berlín-Hamburgo, 1955.
- SCHAEFFER, F. y WELTE, C.: *Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde (Agroquímica y Edafología para estudios universitarios)*, II. Teil: *Pflanzenernährung (Parte II: Alimentación de las plantas)*, ed. 3ª., Stuttgart, 1955.
- SCHMALFUSS, K.: *Pflanzenernährung und Bodenkunde (Alimentación de las Plantas y Edafología)*, Leipzig, 1963.
- Soil Conservation (Conservación de los suelos)*, Foreign Training Department. Extension Service, Israel, 1962.
- Soil Classification, a comprehensive system, the 7th approximation (Clasificación de suelos, un sistema preliminar, la 7ma. aproximación)*, Soil Survey Staff-Soil Conservation Service, US. Dept. of Agricult., agosto, 1960.
- STALLINGS, J. H.: *El suelo, su uso y mejoramiento*, México, D.F., 1962.
- STEFANOVITS, P. y SZÜCS, L.: *El mapa genético de Hungría (Magyarország genetikai térképe)*, Ed. de la OMMI, serie I, núm. 1, Budapest, 1961.
- STEPANOV, I. S.: *Clasificación preliminar de los suelos de Cuba*, Universidad de La Habana, Publ. 166-167, marzo-abril, mayo-junio, 1964, págs. 85-94.
- SUÁREZ DE CASTRO, F.: *Conservación de Suelos*, San José, Costa Rica, 1956.
- SZABOLCS, I.: *Salt affected Soils in Hungary (Suelos salinos en Hungría)*, Unesco Symposium on Alkaline Soda-Saline Soils, 9-16, Budapest, agosto 1964.
- TISDALE, S. L. y NELSON, W. L.: *Soil Fertility and Fertilizers (Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes)*, Nueva York, 1956.
- United States Salinity Laboratory Staff: *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, (Identificación y enmienda de suelos salinos y alcalinos)*, Us. Dept. of Agricult. Agricultural Handbook, núm. 60, febrero 1954.
- VILENSKI, D. G.: *Pochvovedenie (Pedología)*, Moscú, 1950.
- WORTHEN, E. L. y ALDRICH, S. R.: *Suelos agrícolas, su conservación y fertilización*, México, D. F., 1959.
- WRIGHT, CH. y Col.: *Levantamiento de erosión de los suelos de Cuba, I: Isla de Pinos, (Reporte provisional)*, La Habana, 1965.
- Formación de los Suelos de Isla de Pinos, Cuba (Reporte provisional)*, La Habana, 1965.
- ZONN, S. V., LÁZQUEZ, L. R. y CABRER, P. M.: *Clasificación tentativa genética de los suelos cubanos (Opit postroeniya geneticheskoy clasificacii pochv Cubi)*, «Pochvovedenie», vol. 12, págs. 17-30, 1966.
- Las características de la formación de suelos y los principales tipos de los suelos cubanos (Osobennosti pochvoobrazovaniya y glavnie tipi pochv Cubi), en *Soil genesis and geography in foreign countries*, págs. 53-152. Editorial «Nauka» («Ciencia»), Moscú, 1968.

SUELOS

Este título SUELOS DE CUBA tomo I consta, en esta edición de 4.600 ejemplares. El trabajo de redacción estuvo a cargo de Aleida Díaz Núñez, el diseño interior y la cubierta de Jesús Peraza López, la dirección técnica de diseño de los Hnos. Alpizar.



FE DE ERRATASCAPITULO I

Tabla 5/1 pág. 43.

En clase textural Arcillas, Valor T 30, elemento nutriente -- sodio, nivel muy bajo expresado en me/ 100 g., donde dice --- 1,50 se debe leer 1.05.

CAPITULO II

Pág. 53: Donde dice "distinta relación molecular por el -- Nipe", debe decir "que el Nipe".

Pág. 58: La segunda parte del penúltimo párrafo donde dice:

Todos los suelos Matanzas, BENNET, en la página - 45 de su obra, material, el cual se ha materializado con tal uniformidad que no muestra cambios - que puedan apreciarse, a menudo hasta profundidades de más de 4,5 m.

Debe decir:

Todos los suelos Matanzas parecen haberse originado de este material, el cual se ha meteorizado -- con tal uniformidad que no muestra cambios que -- puedan apreciarse a menudo hasta profundidades de más de 4,5 metros.

Pág. 75: Donde dice expresadamente ácido, debe decir extremadamente ácido. (Párrafo último).

Pág. 80: En párrafo 1 donde dice pH^3 debe ser pH 3 y en el mismo párrafo donde dice pH^7 , debe ser pH 7.

Pág. 84: Donde dice expresadamente ácido debe decir "extremadamente ácido". (Antepenultimo párrafo).

Pág. 93: En la tabla A-2/III, columna 3 (pH CLK) último -- renglón, donde dice 0,0 debe ser 6,0.

CAPITULO III

- Pág. 105: Columna izquierda, segundo párrafo donde dice "en el parte arcillosa del suelo Habana", debe decir en la parte arcillosa del suelo Habana.
- Pág. 105: Columna izquierda, tercer párrafo donde dice "estructura columnal" debe decir, estructura columnar.
- Pág. 106: Columna derecha primer párrafo donde dice "estructura columnal" debe decir estructura columnar.
- Pág. 106: Columna izquierda primer párrafo donde dice "de grava de carbonato de calcio" debe decir "de gravas de carbonato de calcio".
- Pág. 107: Columna derecha, segundo párrafo donde dice "Las arcillas Santa Clara" debe decir, La arcilla Santa Clara.
- Pág. 132: Columna derecha primer párrafo donde dice "Los tipos muy salinos pueden dar cosechas de arroz", debe decir "Los tipos menos salinos pueden dar cosechas de arroz".

CAPITULO IV

- Pág 151: Columna izquierda segundo párrafo donde dice ---- Ao 0-cm, debe decir Ao 0-6 cm.
- Pág. 151: Debajo del perfil No. 44 donde dice "Arena Yaguajay" debe decir, Arcilla Yaguajay.
- Pág. 154: Columna izquierda párrafo No. 3.
- Donde dice: Ninguno de los dos perfiles, en su primer horizonte, se considera todavía como suelo, por ser la cantidad de las sales inferior a 0.2%, Debe decir: Ninguno de los dos perfiles, en su primer horizonte se considera todavía como suelo salino, por ser la cantidad de las sales inferior a 0.2%.

CAPITULO V

Pág. 180: Primer columna segundo párrafo donde dice tabla - 3/V debe decir tabla 1/V.

Las tablas 4 y 5/V a que se hacen referencia en la columna izquierda en la página 180 sólo presenta valores del suelo La Larga.

CAPITULO VI

Pág. 202: Columna derecha donde dice tabla 12/VI debe decir Tabla 10/VI.

Pág. 203: Tabla 10/VI debe entenderse que la capa 97-150 -- pertenece al suelo Scranton 35.

Pág. 212: Columna izquierda tercer párrafo donde dice más de 80 - 85% debe decir más de 30 - 35%.

Pág. 221: Columna izquierda segundo párrafo donde dice tabla 38/VI debe decir tablas 38 y 39/VI.

Pág. 253: Las tablas 79/VI y 80/VI pertenecen al suelo Taco-Taco.

Pág. 254: Columna derecha párrafo último donde dice gráficas 34/VI-1, 35/VI-2 respectivamente debe decir 36/VI-1 y 37/VI-2.

Pág. 256: Gráfica 37/V-2 debe decir 37/VI-2.

CAPITULO VII

Pág. 269: Párrafo No. 1 donde dice:

"En este último país no se neutralizan los suelos por encalado", debe decir, "En este último país no se neutralizan totalmente los suelos por encalado".

Pág. 274.
275: El párrafo 2, dice textualmente "La acidez hidrolítica (y1) casi siempre resulta ser superior a - T-S, donde debe decir:

"La acidez hidrolítica (y1) casi siempre resulta inferior a T-S".

En la página 275, también están invertidos en la tablas las columnas 5 y 6.

Pág. 290: Donde dice (tabla 25/VII), debe decir (tabla 20--(VII), último párrafo.

Pág. 291: Donde dice tabla 25/VII, debe decir 20/VII(párrafo 5.)

CAPITULO VIII

Pág. 299: Donde dice tabla 1/III debe decir tabla 1/VIII.