

**UNIVERSIDAD CENTRAL (MADRID)  
FACULTAD DE CIENCIAS**



TESIS DOCTORAL

**Dinámica de las sustancias coloidales en el suelo**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Juana Rodríguez Sanchidrián**

Madrid, 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



532669679X

T1  
577.1  
ROD

DINAMICA DE LAS SUBSTANCIAS COLOIDALES EN EL SUELO

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE - MADRID  
Facultad de Ciencias Químicas  
BIBLIOTECA  
Nº Registro .....33771.....

b25042361  
i3746520X

Memoria presentada por Doña Juana Rodriguez Sanchi-  
drían para aspirar al título de Doctor en Ciencias  
Químicas.

J. Rodríguez Sanchi-  
drían

Madrid, 12 de Septiembre de 1.967

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento  
al Profesor Dr. DON ANGEL HOYOS DE CASTRO, sin cuya  
dirección no hubiera sido posible realizar este tra-  
bajo.

## SUMARIO

I.-Introducción.....	1
Métodos de extracción.....	40
Métodos experimentales.....	52
II.Resultados experimentales.....	59
Terra fusca.....	59
Terra rossa.....	81
Suelos rojos.....	92
Suelos pardo-rojizos.....	131
Suelos pardo calizas.....	139
Tierras pardas.....	165
Tierras pardas calizas.....	199
Hondzina.....	207
III.Discusión.....	211
IV.-Conclusiones.....	249
V.-Bibliografía.....	256

## INTRODUCCION

La alteración de los materiales originales, mediante los procesos edafológicos para formar el suelo, conduce a una serie de nuevos productos y a una movilización de los mismos, con lavados, precipitaciones y acumulaciones que muchas veces pueden servir como elementos diferenciadores de horizontes diagnósticos y servir de base para clasificaciones de suelos. (7ª aproximación, 1.960).

Entre estos compuestos tienen gran importancia los que en sentido amplio se pueden designar como coloides y que afectan fundamentalmente al humus, arcilla, sesquioxidos y sílice coloidal. De este modo, el horizonte spódico se caracteriza por una acumulación de sesquioxidos y/o humus. El argílico, por una acumulación de arcilla, si bien varios análisis (Ballwin, 1.928; Brown y Thorp, 1.942; Schuylenborch, 1.962) indican que prácticamente siempre este horizonte presenta una acumulación de óxidos de Al y Fe. En el horizonte cámbico el contenido en Fe, tanto libre como total, en el horizonte B es mayor que en el C pero menor que en el A, mientras que para el Al suele ser intermedio, siendo mayor en el horizonte C.

Se ha encontrado una acumulación de óxidos de hierro y aluminio en el horizonte cámbico cuando éste es un horizonte gley.

Fuerte acumulación de sesquioxidos se presenta en el horizonte óxico y parece que los agentes cementantes de los endurecimientos pueden ser sílice, o sesqui-

De todos los compuestos presentes en el suelo, nos interesan de un modo preferente los de hierro, aluminio, y sílice, y fundamentalmente los que pueden considerarse como libres. Por eso vamos a referirnos a aquellos compuestos que aparecen, en las condiciones que se pueden formar, cual es, y en que extensión se producen, el proceso de movilización y acumulación. Empezaremos por los compuestos de hierro, más abundantes y que vienen caracterizados por su color.

#### COMPUESTOS DE HIERRO EN EL SUELO

##### A).--Existencia de compuestos de hierro en el suelo.

El hierro se presenta en las rocas al estado de minerales primarios en los cuales normalmente posee valencia dos. En el ataque de estos minerales se pone en libertad al estado de hierro ferroso que normalmente dá origen a óxidos de hierro trivalentes, más o menos hidratados, amorfos o cristalizados.

Los iones de hierro se ponen en libertad a partir de los minerales primarios, y a veces secundarios, por hidratación, oxidación y solución.

El mecanismo de este proceso puede basarse en lo indicado por Wiklander, 1.946. En los primeros estadios del ataque la hidratación es lo más importante; como la reacción es generalmente alcalina en la superficie de los minerales primarios debido a la solución de cationes (Pedro, 1.961) se produce la hidrólisis, y si el proceso tiene lugar en condicir

3

nes de aireación, el ion ferroso se puede oxidar a férrico formandose grupos ferri-acuo  $[-Fe (H_2O)_3 (OH)_2]$  conjuntamente con otros tales como  $[-Al (H_2O)_3 (OH)_2]$  y  $[-Si_xO_y (OH)_2]$  los cuales se distribuyen y unen las iones de aluminio y siliceo a la red, mediante átomos de oxígeno. La formación de los grupos ferri-acuo concede a la superficie de los minerales atacados un color pardo amarillento, que se demuestra claramente por la presencia de una costra oscura en la zona atmosférica de los experimentos llevados a cabo (Pedro, 1.961). Después de una hidrólisis prolongada y lavado de los metales alcalinos y alcalinoterreos, la superficie del mineral es menos alcalina y se produce una hidrólisis ácida que puede dar origen a grupos  $[-Fe (H_2O)_4 OH]^+$  y  $[-Fe (H_2O)_5]^{2+}$

Con mayor acidificación, los grupos unen un tercer protón y salen de la red, quedando en solución al estado de ion  $Fe (H_2O)_6^{3+}$ .

Un mecanismo análogo serviría para el aluminio.

Los compuestos de hierro formados pueden quedar amorfos, cristalizar, formar complejos, y quedar ánsitu e inmovilizarse.

Oades (1.963) divide el hierro que se encuentra en el suelo en cuatro grupos:

- a) concreciones.
- b) depósitos iluviales en los horizontes B de los pedzoles.
- c) contras lateríticas.
- d) óxidos de hierro más o menos hidratados, de suelos agrícolas y tierras pardas.

En su estudio indica que si no existe concreciones, el hierro se encuentra en la fracción  $< 2\mu$ . Si el suelo está bien drenado, los óxidos de hierro se encuentran en la fracción arcilla repartida a lo largo del perfil.

En los suelos mal drenados, los óxidos de hierro también están asociados a la arcilla formando horizontes de acumulación, lo cual prueba que esta asociación de óxidos de hierro y arcilla es debida a la adsorción de los óxidos por la arcilla.

Un aumento en la cantidad de hierro total, puede indicar una sustitución isomórfica de otros iones por hierro en los minerales de la arcilla.

Si existen grandes cantidades de hierro en la fracción  $20\mu$  esto indica la formación de concreciones o cementos de óxido de hierro. Las concreciones se forman cuando existe alternancia de condiciones oxidantes y reductoras, o bien son debidas a procesos biológicos.

#### B).-Formas del hierro en el suelo.

Desde un punto de vista edafológico los compuestos de hierro en el suelo se pueden dividir en tres grandes grupos:

1).-Compuestos amorfos.

2).-Compuestos cristalizados.

3).-Complejos.

1).-Los compuestos amorfos más interesantes son de tipo hidróxido de fórmula general  $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$ , llamado

stilpnosiderita y un silicato de hierro hidratado llamado hissingerita, identificado por Henin.

Su estudio es algo complejo por la dificultad de obtenerlos puros del suelo por lo que ha sido preciso estudiar su comportamiento a partir de productos sintéticos.

Ghat ha preparado dos geles diferentes: Uno pardo que al envejecer dá goetita, y otro amarillo que también envejece dando goetita.

Los métodos más apropiados para estudiarlos son A.T.D. y rayos X, pero Taylor (1.959) indica que no son suficientes estas determinaciones si las cantidades de óxido son muy pequeñas. No obstante casi todos los autores (Mackenzie, 1.959; Kuroh y col.) coinciden en afirmar que los geles amorfos al envejecer dán lugar a goetita de diferentes grados de cristalización.

Los óxidos de hierro tanto cristalizados como amorfos, se presentan en cantidades importantes que pueden llegar a un diez por ciento (Garroll, 1.958) en la fracción arcilla. Los óxidos de hierro amorfos son menos importantes pero se ha indicado su presencia en suelos no maduros (Fieldes y Swindale, 1.954; Kanno, 1.959), en suelos maduros (Alexander y col. 1.956) y especialmente en suelos muy evolucionados y de gran lavado (Kawaguchi y Matsuo, 1.957; Fridland 1.961; Gradusov y Margutyan, 1.962; Oades, 1.962).

Los óxidos de hierro en las arcillas han sido

considerados frecuentemente como una impureza que interfiere en su investigación mineralógica y generalmente lo que se ha intentado en su remoción salvo en el caso de que se hayan concentrado lo suficiente para una característica específica del perfil (Schwertmann, 1.959). Sin embargo existen una serie de trabajos en los cuales se presta atención a la distribución relativa de formas amorfas y cristalinas en un perfil que determinan las propiedades del suelo (Gobunov y col. 1.961) y al efecto de los óxidos del hierro sobre las capacidades de retención de cationes y aniones de los suelos (Sumner, 1.963; Kattrick y Jackson, 1.955; Anderson y Ardligge, 1.962).

Parks y col. 1.962, pusieron de manifiesto que los óxidos e hidróxidos de aluminio y hierro podían mostrar una capacidad de cambio por encima de su punto isoelectrico. En el punto isoelectrico, la superficie de los óxidos o hidróxidos de hierro está constituida en parte por grupos  $Fe - OH$ . Por debajo del punto isoelectrico se depositan iones  $H$  de tal modo que la superficie tiene carga positiva y puede unir aniones. Por encima del punto isoelectrico, al aumentar la concentración de iones  $OH$  se neutralizan los protones del grupo  $Fe-OH$  y la superficie toma carga negativa y puede unir cationes.

La situación precisa de los óxidos de hierro en el suelo y su relación con la arcilla es incierta. Óxidos de hierro cristalinos se han podido reconocer con el microscopio electrónico como partículas discretas y separadas en la fracción arcillas

7

También se puede sugerir que exista una interacción entre los óxidos de hierro cargados positivamente (Schofield, 1.949) y la superficie de la arcilla cargada negativamente (Jenny y Smith, 1.933).

El material inorgánico amorfo tiene una gran importancia en las propiedades del suelo, como indican Mitchell y col. (1.964) y los óxidos e hidróxidos de hierro amorfos pueden considerarse como precursores de los óxidos cristalinos (Schwestmann, 1959; Mackenzie y Meldan, 1.959).

Follet (1.965) estudia la retención de hidróxido de hierro coloidal amorfo, por caolinitas empleando para ello el microscopio electrónico. Encuentra que los lugares de fijación son seguramente las capas de tetraedros de siliceo. El coloide se puede remover únicamente por ditionato.

2).- Los compuestos cristalizados de hierro más importantes en el suelo son los siguientes:

Hematites.  $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de color rojo, que cristaliza en prismas hexagonales.

Goetita  $\alpha$ - $\text{FeOOH}$  generalmente de color pardo amarillento y en agujas.

Lepidocrista  $\gamma$ - $\text{FeOOH}$ , más rara, de color naranja y generalmente en lentejas.

Magnetita.  $\gamma$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , de color rojo pardo, forma ferromagnética del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

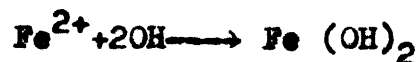
Magnetita.  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , también magnética.

$\beta$ - $\text{FeOOH}$ , descubierto por Weiser y Willigan (1.935) preparado en el laboratorio pero que

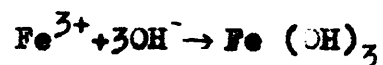
parece no ha podido identificarse en el suelo, pero sí en el óxido que se forma en las agujas (Weenig 1951).

La formación de los compuestos cristalinos del hierro se ha estudiado en el laboratorio y se conocen actualmente bastante bien las condiciones necesarias para su obtención.

Los iones  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$  precipitan los correspondientes hidróxidos.



reacción que empieza a producirse a pH = 6 y es completa a pH = 7,8



que empieza a pH = 2,3 y es completa a pH = 3,4

La primera se obtiene cuando se mezcla en ausencia de aire disoluciones de sal ferrosa con alcali. El  $Fe(OH)_2$  puro es un polvo blanco, fino, cristalino, que se oxida muy rápidamente pasando primero a verde, después a negro y finalmente a hidróxido férrico pardo-rojizo.

La segunda reacción se produce por adición de alcali a disoluciones de sales férricas. El precipitado es amorfo, y de color pardo-rojizo. El hidróxido húmedo contiene más agua que la correspondiente a la fórmula  $Fe(OH)_3$  por lo que se debe representar por  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ . Desecándolo a la temperatura ordinaria se transforma lentamente, perdiendo agua y convirtiéndose en  $FeOOH$ . Esta desecación se puede acelerar con el calor. Se obtiene de este modo goetita o lepidocrita.

Las varias formas de óxido de hierro pueden ser preparadas en el laboratorio (Meyer, 1.934) (Weiser, 1.935; Fricke y Huhuttig, 1.937; Fricke y Zerrweck, 1.937; Mayne, 1.943; Dana, 1.944; Weiser, Milligan y Cook, 1.946; van Schuylenbergh y Arens, 1.950). Una bibliografía abundante a cerca de la caracterización de los distintos compuestos por A.T.D. se puede encontrar en Mackenzie (1.957). Oades (1.963) y otros autores (Schwestmann, 1.964; Fitknecht y Miachelis, 1.962) han estudiado las condiciones de formación de los distintos productos y llegan a las conclusiones siguientes:

La goetita se puede formar por precipitación lenta de soluciones que contengan  $Fe^{3+}$  y además por oxidación de soluciones con hierro ferroso en presencia de alta concentración de carbonatos. La goetita que se presenta en el suelo puede contener a veces una cantidad apreciable de aluminio como lo pusieron de manifiesto Correns y Engelhardt, 1.941) Beneslawsky (1.957). Ya anteriormente Hansen y Brownmiller (1.928) habían sintetizado hematitas con un contenido apreciable de aluminio. Otro óxido de hierro que puede contener aluminio es la magnetita (Parlache, 1.944).

Norrish y Taylor (1.961) han estudiado el reemplazamiento isomorfo del hierro por aluminio en las goetitas del suelo y encuentran que la presencia de aluminio se traduce en menor espaciado (1 1 1), menor solubilidad, concentración en las partículas más finas. El grado de sustitución depende de las condiciones de la formación del suelo.

La hematites se forma en la naturaleza probablemente de un modo principal, a partir del hidróxido férrico amorfo por cesión de agua y cristalización, pero no por transformación de goetita mediante cesión de agua, pues si bien en el laboratorio se ha conseguido la formación de hematite por deshidratación de la goetita (Pjnak y Merwin, 1.919; Schwiersch, 1.933; Kurnabow y Rede, 1.928) la descomposición de la goetita a la temperatura ordinaria es muy lenta. Puesto que la pérdida de agua a partir de los hidróxidos amorfos viene favorecida por alta temperatura, la hematite se presenta más frecuentemente en los suelos tropicales y subtropicales, mientras que la goetita es un producto de los suelos de clima templado. Las relaciones hematites-goetita vienen influidas por el pH del suelo; en condiciones alcalinas se forma principalmente goetita, mientras que un bajo contenido en electrolitos parece favorecer la formación de hematites (Bohn, 1.925; Busagh, 1.934; Schaffer y col. 1.957).

La lepidocríta se forma por oxidación de las combinaciones ferrosas, sobre todo a partir de  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  y  $\text{SFe}$  y con pequeña concentración de  $\text{CO}_2$ . Bandisch y Albrecht (1.932) y Glenser (1.938) estudiaron la oxidación de compuestos ferrosos en presencia de materia orgánica y obtuvieron un precipitado que parece ser análogo a la lepidocríta. Parece que si hay materia orgánica durante la oxidación e hidrólisis del hierro se forma lepidocríta. Así lo han encontrado en los suelos de Holanda denominados "Redoorn".

Aunque la presencia de material orgánico parece ser favorable a la formación de lepidocrita, se ha podido preparar sin interferencia de esos materiales (Mahn y Hertrich, 1.923; Fricke y Zerweck, 1.937; Schwesmann, 1.959) se encontró que la oxidación de  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  con oxígeno en ausencia de  $\text{CO}_2$  conduce a la formación de lepidocrita si el pH no era mayor que 8. Si existen pequeñas cantidades de  $\text{CO}_2$  se forma goetita.

En los suelos, la lepidocrita se encuentra fundamentalmente en los pseudogley. En otros suelos, en la fase de encharcamiento existe  $\text{Fe}^{2+}$ , mientras que en la fase de oxidación hay una buena aigración y con ello una rápida pérdida de  $\text{CO}_2$ . Su presencia en los horizontes superficiales de tierras pardas calizas es muy improbable (Brown, 1.953; Kamoshita y Iwasa, 1.959).

La maghemita,  $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ , se puede formar a partir de la magnetita por oxidación cuidadosa (Bandisch y Welo, 1.926), por deshidratación a bajas temperaturas de la lepidocrita (Masel, 1.951) y a partir de las minas de hierro de pantano por calentamiento. En conexión con esto es interesante hacer nota que Masel encontró que si se mezclan lepidocrita, alimonita, o goetita, con materiales orgánicos tales como almidón, o ácidos húmicos cítrico u oxálico y se calienta a  $600^\circ\text{C}$  se obtiene siempre maghemita. En su ausencia se forman hematites. Parece así que la materia orgánica juega un papel importante en la formación de maghemita, como sucede con la lepidocrita.

El carácter ferromagnético de la maghemita se ha

utilizado para poder acusar su presencia en el suelo. La presencia de óxidos ferromagnéticos en concreciones de suelos de Hawái intentada por Sherman y Kaneshiro (1.954) condujeron a nuevas investigaciones de Mats y Sherman (1.961) que sugieren que es maghemita el mineral responsable del comportamiento magnético. Schwerdtmann y Heinenmann (1.959) detectaron maghemita en los suelos superficiales de turberas bajas y de transición en el noroeste de Alemania, donde sugieren que se han formado a partir de goetita y lepidocrita por quemado de la turba in situ. Una acumulación masiva de maghemita ha sido descrita por Bonifas y Legoux (1.957) que concluyen que se ha formado por oxidación del magnetita existente en grandes cantidades en la roca, una durita. Leborgne (1.952) y Henie y Leborgne (1.953, 1.954) han estudiado la susceptibilidad magnética de los suelos como índice de la posible presencia de maghemita. También Leborgne (1.960) y Betrémieux y col. (1.960) han investigado el efecto del calentamiento sobre la susceptibilidad magnética de suelos y sugieren que las altas susceptibilidades magnéticas de muchos suelos superficiales de Francia son debidas al quemado previo de los suelos. Scheffer, Meyer y Pabel (1.959) han intentado utilizar medidas magnéticas para la estimación de lepidocrita en suelos, pero encontraron que en muestras que contenían más del 0,5% de humus el aumento de atracción magnética originado por el calentamiento era debido a la formación de maghemita a partir de otros óxidos de hierro y no de lepidocrita.

13

La presencia de maghemita en areniscas ha sido puesta de manifiesto por Hfer y Sol Weller (1.947) mediante medida de susceptibilidad magnetica. Oades y Townsend (1.963) en el estudio de unos suelos encontraron que un oxido de hierro ferromagnetico, lo más probable maghemita, está presente en cantidades trazas en la mayor parte de los suelos estudiados y se concentra en la fracción arcillosa de los horizontes superficiales donde se ha formado por procesos edafológicos a partir de otros oxidos de hierro mediante la acción de la materia orgánica. El calentamiento a 550-600°C aumentamarcadamente la susceptibilidad magnetica debido a la formación de maghemita.

La magnetita es de origen magmatico.

3).-El hierro puede formar complejos pseudo-solubles tanto con otros compuestos inorganicos, como con la materia organica.

En el suelo los complejos más importantes del hierro son los que forma con la silice soluble. Han sido estudiados por Demolon y Bastisse (1.944) se forman en medio pobre en materia organica, y poco ácido, pueden ser ferro y ferrisilicicos. Son electronegativos, se dispersan en medio neutro o ligeramente alcalino y quedan estables en presencia de  $\text{CaCO}_3$ , pero pueden ser floculados en presencia de calcio activo y Bastisse (1.960) ha mostrado que el gel que precipita por la influencia del calcio es más rico en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que el complejo que queda en solución.

Hasta hace poco tiempo se consideraba que tenían una cierta importancia ya que se pensaba que la sil'

14

era capaz de peptizar los oxidos de hierro, pero Khan (1.960) ha demostrado que la peptización de los oxidos de hierro no es debida a la silice sino a los iones  $\text{Na}^+$  presentes en el sistema.

El hierro puede así mismo formar complejos pseudo-solubles con la metria organica, en general poco polimerizada. Existen dos clases de complejos: Los quelatos, en los cuales el ion metalico está encerrado como en una pinza entre las moléculas que están unidas entre ellas por uniones químicas, por ejemplo el complejo del hierro con el EDTA; estos quelatos se utilizan para la movilización artificial de los oxidos de hierro insolubles.

En los suelos predominan los complejos de tipo Werner en los cuales el ion metálico está colocado en el centro de un octaedro rodeado por seis moléculas no unidas entre sí químicamente.

Toda materia organica en especial los acidos organicos y los polifenoles forman dichos complejos que solubilizan el hierro.

Becking (1.959) indica que en el 80% de los casos estos complejos están formados por tres partes en peso de materia organica y una de oxidos de hierro.

Las investigaciones de Alexandrova (1.960) han mostrado que el hierro (o el aluminio) podian existir en estos complejos en dos formas: Catiónica,  $\text{Fe}^{2+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ , estando unido a un grupo  $-\text{COO}^-$  y aniónica, englobados en el complejo.

Kaurichev (1.962) ha estudiado también la naturaleza de estos complejos y llega a la conclusión de que

de los compuestos orgánicos, los que tienen mayor capacidad para formar complejos estables con el hierro son los ácidos de bajo peso molecular aminoácidos y compuestos de tipo tanino.

D'Yakonova (1.962) llega a la conclusión de que tanto los ácidos húmicos como los fulvicos son capaces de formar complejos con una proporción de unos 15-35 mgrs. de Fe por 100 grs. de C. Los ácidos húmicos son menos activos como agentes quelatantes que los ácidos fulvicos. Estos últimos se unen con mayor cantidad de hierro por unidad de carbono y además, no solo forman complejos con el hierro libre sino también con el de cambio.

Titoba (1.962) llega también a las mismas conclusiones y establece además un caracter variable según el comportamiento de los mismos en la electroforesis; así los ácidos fúlvicos solo forman complejos móviles, en cambio los ácidos húmicos de los chernozem solo forman complejos inmóviles; los ácidos húmicos de los suelos rojos forman complejos de ambas clases.

Singh (1.956) indica la formación de complejos arcilla-orgánicos, de color oscuro en los suelos negros y los atribuye a la sorción del hierro.

Sobre la formación de quelatos en el suelo han trabajado Schatz (1.955) Scheffer y col. (1.957).

Aparte de los complejos puramente orgánicos, el hierro y el aluminio pueden quedar unidos al complejo arcillo-húmico, en dos estados: Estado catiónico, en que los óxidos de hierro servirían de enlace entre las cargas negativas de la arcilla y las cargas negativas de los grupos  $\text{COO}^-$  del humus (Scheffer y col. 1960); estado

16

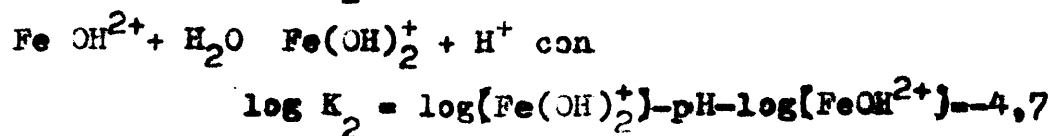
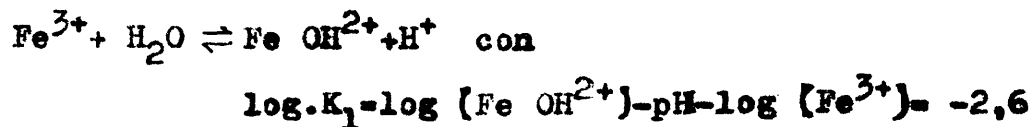
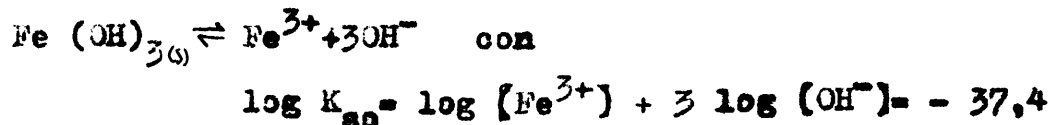
aniónico, en que los óxidos de hierro y aluminio quedan englobados en el anión complejo; las soluciones alcalinas extaren en efecto simultaneamente los compuestos húmicos y los óxidos de hierro y aluminio, como lo ha demostrado Duchaufour (1.963).

Todos estos complejos de que venimos hablando tienen una gran importancia en la movilización del hierro como veremos más adelante.

**C).--MOVILIZACION DEL HIERRO EN EL SUELO.**

La existencia de acumulaciones de hierro en determinados horizontes de perfiles de distintos suelos, lleva a considerar la posibilidad de una movilización de estos compuestos. Para ello hay que tener en cuenta la solubilidad de los compuestos, las posibilidades de oxidación y reducción y la formación de coloides solubles o pseudo-solubles.

La solubilidad del óxido férrico aumenta a medida que el pH disminuye. La cantidad de todos modos, es muy pequeña para un pH superior a 3. Esto se deduce cuando se considera el sistema óxido de hierro-agua, y que se puede exponer del modo siguiente: (Ejerrum, Schawarzenbach y Sillen, 1.958)



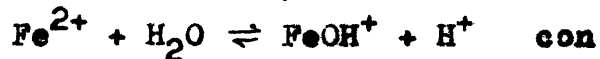
a partir de estas relaciones se puede calcular la concentración de los diferentes iones férricos en relación

17

con el pH. Es evidente que la concentración de hierro incluso a bajos pH es muy pequeña y resulta difícil comprender una movilización y acumulación en diferentes horizontes. Esta insolubilidad del óxido férrico formado conduce en climas relativamente húmedos y templados al empareamiento de los suelos por formación de óxido de hierro hidratados, inmoviles, recubriendo las partículas del suelo.

Cuando las condiciones son reductoras, es diferente. El sistema  $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$ -agua se puede definir por  $\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^-$  con

$$\log K_{s_0} = \log [\text{Fe}^{2+}] + 2 \log [\text{OH}^-] = -14,6$$



$$\log K_1 = \log [\text{FeOH}^+] - \text{pH} - \log [\text{Fe}^{2+}] = -7,6$$

Las concentraciones de ión ferroso calculadas a partir de estas reacciones indican que incluso en condiciones de neutralidad, son bastantes altas para explicar la acumulación de óxido de hierro en los horizontes gley. Esto no excluye que el ión ferroso pueda también ser transportado como el férrico bajo forma de complejos orgánicos.

Greene (1.963) ha estudiado la influencia reductora de la acidez y encuentra que mientras en la formación del pseudo-gley la acidez juega un papel esencial, no sucede lo mismo en el caso de los gley.

El problema de la movilización del hierro es doble: En primer lugar corresponde a la forma en la cual el hierro es transportado y en segundo lugar a cual es el mecanismo que conduce a la acumulación en diferentes horizontes. Esta acumulación puede producirse en deter-

minados casos sin una movilización esencial del óxido de hierro, sucede por ejemplo en las tierras pardas; la acumulación se produce entonces como consecuencia de un lavado preferencial de otros compuestos. Esto sucede en la formación del horizonte óxido que se presenta en los latosoles y lateritas. Los sesquióxidos se forman en general *in situ* a partir de especies iónicas puestas en libertad en el ataque de los minerales primarios, y el contenido en óxidos de hierro cristalinos o amorfos es grande (Scharpenseel y col. 1.963).

Otros horizontes de acumulación suponen una traslación del hierro y por tanto una movilidad. Ya hemos visto las dificultades que se presentan para admitir el transporte de soluciones que contengan iones férricos. De aquí que haya que suponer otros procesos mediante los cuales se produzca este transporte.

La arcilla puede transportarse y depositarse en horizontes inferiores.

Una serie de investigaciones (Martin y Reeve, 1960; Bloomfield, 1.957; Schofield y Sanson, 1.954) muestran la acción de las combinaciones orgánicas hidrófilas en esta peptización y transporte de la arcilla. Los óxidos de hierro y de aluminio existentes en la fracción arcilla se desplazan conjuntamente con ella de un modo normal. Sin embargo, Barshad (1.964) indica que la movilización de los óxidos puede suceder de otro modo y estacionalmente separada de la movilización de la arcilla: En otoño. Las sustancias húmicas de bajo peso molecular fijas en gran cantidad como consecuencia de la intensa humificación, contribuyen como en la podsolización

19

a una emigración del hierro y aluminio. Por el alejamiento parcial de estos compuestos se facilita la peptización de la arcilla. Sin embargo la mayor peptización y deposición de la arcilla se produce cuando existen un agua pobre en helectrolitos como sucede en el invierno cuando no hay hielo y en la primavera temprana.

También Rich (1.956) indica la posible movilidad del oxido de hierro asociado a la arcilla.

De todos modos, la opinión más extendida es que la movilización del hierro se verifica a través de la formación de complejos con compuestos orgánicos. Siendo la podzolización un proceso en el cual se pone más de manifiesto la emigración del hierro a partir de horizontes superiores, es lógico que se haya estudiado desde antiguo el papel de la materia orgánica podría jugar en ese proceso.

Así, ya Sibirtiev (1.900-1.901) atribuye la formación del horizonte podzólico a la conversión de  $\chi$  / los crenatos que puede solubilizar el hierro en apocrenatos que precipitan. Gedroits (1.927) considera la acción protectora del humus sobre los coloides de hierro y aluminio como una posible causa de la emigración, con congelación, digo, coagulación en el horizonte de acumulación por la presencia de electrolitos.

Rode (1.937) indica que no es la totalidad del humus sino los ácidos púlvicos, los que son capaces de formar complejos y movilizar de este modo el hierro. El proceso de formación del podzol se caracteriza por la gran descomposición de los minerales primarios con la participación directa de los ácidos orgánicos. Según Tyurin (1940 1.944) y Ponomareva (1.947, 1.949, 1.950, 1.951, 1.956)

éstos forman sales solubles en agua y complejos organo-minerales con los sesquióxidos cuya solubilidad, emigración y precipitación dependen de la reacción del medio y también de la concentración de los ácidos y de  $R_2O_3$ .

Debido a que el efecto protector de estos ácidos es mayor para el hierro que para el aluminio, es mayor la movilidad de aquel. Los complejos poseen alta movilidad en un amplio intervalo de acidez. La precipitación en forma de gel se produce en los horizontes inferiores donde la reacción está cerca de la neutralidad.

Gallans, Snel y otros (1.937) indican que los ácidos orgánicos de bajo peso molecular también toman parte en el proceso. Bajo condiciones ácidas, ciertos ácidos (cítrico y oxálico) tienen capacidad para disolver óxido de hierro con la formación de complejos que coagulan en condiciones neutras o alcalinas (Vishnyakov y Rabinovich, 1.935). La acción complejante del ácido cítrico también la pusieron en evidencia Warner y Weber (1.953) y Hamm y col. (1.954).

Kononova (1.961) sustenta la opinión que en los suelos en que predominan los ácidos húmicos de estructura más simple, su participación en los procesos de formación del suelo son semejantes a los de los ácidos crénico y apocrénico.

Otros ácidos húmicos pueden intervenir en la formación de compuestos complejos. Laatsch (1.944) preconiza la acción de las sustancias tánicas en la traslocación de hierro y aluminio en gley.

Tienen gran importancia los trabajos de Bloomfield (1.949, 1.952, 1.953, 1.954, 1.957) que demostró que los

extractos acuosos de los residuos de plantas tienen una acción disolvente sobre hidróxidos de hierro y aluminio. Considera que la solución del óxido de hierro tiene lugar con la formación de complejos férricos solubles que sufren una reducción inmediata a complejos orgánicos ferrosos, relativamente estables a la oxidación atmosférica. En la disolución y reducción juega un importante papel los ácidos carboxílicos y polifenoles. Según los datos de Broomfield esta reducción puede tener lugar en medio neutro y en condiciones aerodias. Los complejos organominerales de Fe y Al se lavan por el agua hacia la parte baja del perfil.

También Broomfield (1.955) ha estudiado la inmovilización del hierro y aluminio como consecuencia de la sorción de los complejos sobre el óxido no disuelto que impiden la posterior disolución de éste. Compara la acción de las diversas especies de hojas.

La importancia de complejos organominerales de ácidos púlvicos con  $R_2O_3$  en la formación del podsol fue indicada por Yarkov (1.954) que demostró que la movilidad de estos compuestos depende de condiciones de oxidación-reducción del medio produciéndose por el régimen de humedad estacional. Los datos de Kauricher y col. (1958) dan cuenta de la importancia de la formación de complejos ferro-orgánicos en el desarrollo del podsol.

De Long y Schvitzzer (1.955) sugieren que en la disolución del hierro por los extractos acuosos de hojas el hierro está en forma de hidróxido férrico coloidal protegido por la materia orgánica. El compuesto efectivo pensaron que fuera un polisacárido ácido (1.955)

y Schmitzer (1.959) lo atribuyó a un compuesto con un grupo ácido. Lossaint (1.959) también consideró que el hierro estaba bajo forma de hidróxido férrico coloidal y además que la actividad del extracto viene relacionada con la acidez, poder reductor, poder complejante, y contenido en polifenol.

Coulron, Davies y Lewis (1.960 a, 1.960 b) estudiaron el efecto de polifenoles sobre las sales de hierro y muestran que al menos algunos de ellos son capaces de reducir el ión férrico a ferroso y de formar complejos con el mismo. Algunos de esta clase, los aislaron de la hojar y del horizonte B de los suelos podzólicos.

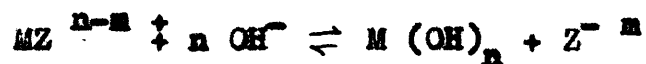
Muir y col. (1.964 a) estudiaron el extracto acuoso de las agujas de pino y lo dividen en tres fracciones: Una fracción de amino-ácidos, una fracción de ácidos orgánicos, y una fracción neutra. El estudio de la acción de estas fracciones y de su capacidad para la movilización del hierro férrico lo estudian en otro trabajo (1.964 b) y llegan a la conclusión de que la fracción de ácidos orgánicos mantiene al hierro en solución desde  $\text{pH} = 4$  hasta  $\text{pH} = 9,5$  con un máximo de 15 mgrs. de hierro por gramo de agujas de pino secas a  $\text{pH} = 8$ ; la fracción amino-ácido es inactiva por encima de  $\text{pH} = 4,5$ . La actividad de los ácidos individuales y de la fracción organo-ácida es debida a su poder para formar complejos solubles al agua y establecer los soles de hidróxido férrico. Los complejos solubles en agua se forman en un amplio rango de  $\text{pH}$  y en presencia de iones calcio. La formación de soles de hidróxido férrico viene, sin

embargo, influenciada grandemente por el pH y la presencia de iones calcio.

La deposición de óxido de hierro en los horizontes B de los podzoles, no es fácil de explicar, pero es posible que juegue un papel, los soles de hidróxido férrico. Un cambio en la reacción de hierro a ácido activo originada por la destrucción del ácido sería suficiente para causar la coagulación y peptización del sol de hidróxido férrico. También conduciría al mismo resultado un cambio en la concentración de la solución por evaporación, o el envejecimiento de los soles de hierro.

Storriar y Muir (1.962) en el estudio de una tierra parda ferrítica se inclinan a pensar que la movilización del hierro tenga lugar a través de la formación de complejos orgánicos.

El mecanismo de la formación de sesquióxidos a partir de un complejo orgánico puede ser una hidrólisis o una oxidación (Schuylenborgh, 1.965). Se conoce bien que los complejos de Fe y Al son muy susceptibles a la hidrólisis. Si se supone por conveniencia la presencia de un complejo mononuclear la reacción se puede exponer de este modo:



donde M representa el metal Fe. o Al, n la valencia (3 para el Al, y 2 ó 3 para el Fe), Z el ácido orgánico con basicidad n y  $MZ^{n-m}$  el complejo.

La constante de equilibrio para este proceso viene dada por la expresión

$$K = \frac{[M(OH)_n][Z^{m-}]}{[MZ^{n-m}][OH^-]^n}$$

Tan pronto como el sólido  $M(OH)_n$  existe en el sistema, la concentración llega a ser constante y el equilibrio (hidrólisis) constante y se pueda representar por

$$K_h = \frac{(Z^{-n})}{[M^{+n}][OH^-]^n}$$

donde

$$\frac{K}{[M(OH)_n]} = K_h$$

así, un aumento en la actividad del ión hidróxido tiende a desplazar el equilibrio a la derecha causando finalmente la precipitación del hidróxido. La precipitación puede ser contrarrestada, al menos en parte, usando un exceso de líquido orgánico. Además, se pueda ver que si  $K$  es igual a 1, o mayor que 1, la reacción hidrolítica procederá hacia la derecha.

La expresión para  $K_h$  se puede transformar introduciendo la constante de estabilidad  $K_{MZ}$ , y el producto de solubilidad del hidróxido  $K_{SO}$

$$K_{MZ} = \frac{[MZ^{n-n}]}{[M^{+n}][Z^{-n}]} \quad \text{y} \quad K_{SO} = [M^{+n}][OH^-]^n$$

Esto conduce a

$$K_h = \frac{1}{K_{MZ} K_{SO}}$$

indicando que depende de las magnitudes de  $K_{MZ}$  y  $K_{SO}$  el que un complejo sea fácilmente hidrolizable o no.

El pH al cual se verifica la hidrólisis del complejo es muy crítico. El autor ha encontrado que el complejo del Al con el ácido gálico (complejo 1:1) queda

todavía en solución a pH = 4,4 y empieza a precipitar  $Al(OH)_3$  a pH= 4,5. El complejo de ácido gálico y hierro ferroso separa hidróxido ferroso a pH = 6,8.

Un segundo mecanismo de separación del hidróxido a partir de un complejo orgánico es la reducción biológica del ligando. Se puede postular que no existe ninguna sustancia orgánica completamente resistente en el suelo.

Si un ligando orgánico forma un complejo estable y soluble con Fe y/o Al en el horizonte superficial, es posible un lavado hacia el interior del suelo en el periodo en que la precipitación exceda a la evaporación. En su camino hacia la parte baja, la parte orgánica del complejo es continuamente atacada por los microorganismos del suelo, y cuando está suficientemente descompuesta el metal se separa y precipita como óxido o hidróxido. Según el autor esto sucede en la acumulación de sesquióxidos en el horizonte B de suelos podzólicos bien aireados.

ALUMINIO

El aluminio es uno de los elementos más frecuentes en la corteza terrestre; por tanto debe jugar un papel importante en los procesos de alteración de rocas y minerales para la formación del suelo. Se encuentra en los minerales primarios normalmente al estado de silicatos y por alteración de éstos se pueden formar soluciones que contengan iones aluminio, iones aluminatos, precipitar al estado de gel o con formación de compuestos cristalinos, quedar absorbido como catión de cambio o dar origen a compuestos de nueva formación, tales como los minerales de la arcilla.

Siguiendo una marcha paralela a la establecida para el hierro podemos estudiar la existencia de compuestos de aluminio en el suelo, las formas en que se presenta y la movilización de los productos.

A).- Existencia de compuestos de aluminio en el suelo.

El ataque de los minerales primarios que contienen aluminio ha sido estudiado experimentalmente por muchos autores, variando las condiciones en que se produce.

Correns y Engelhardt (1.938) indican que la solución de feldspatos se debe originar al estado de iones y que la velocidad de la disolución depende del pH del medio. Graham (1.949) da valores para la velocidad de disolución de las distintas plagioclasas. Frederikson (1.951) supone un fenómeno de cambio entre los iones del agua y los iones  $\text{Na}^+$  de la albita.

Lagache, Nyart y Sabatier (1.961) piensan que la velocidad de la disolución está regida por la interacción de cristales con los productos de la solución. Devo e (1.956) basándose en el hecho de que el enlace Si-OH debe ser más fuerte que el Si-O-Si supone una permuta de los iones OH de la solución y los oxígenos del enlace. El reemplazamiento del enlace Si-O-Si por dos enlaces Si-OH debilitaría el conjunto del cristal y permitiría un cambio más fácil de los cationes feldespáticos por los iones ácidos de la solución. Esta hipótesis está en contra de los experimentos de Fripiat, Leonard y Barake (1.963) que demuestran que el enlace Si-OH es estadísticamente más largo, y por tanto más débil que el Si-O.

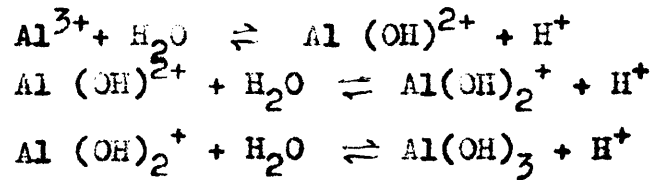
El proceso de alteración considerado en principio como un cambio de bases ha sido estudiado por varios autores (Graham, 1.941; Mac Clelland, 1.951; Nash y Marshall, 1.956-1.957; Arnold, 1.960; Correns, 1.951; Gearrels y Howard, 1.957).

Posteriormente a este cambio de bases prosigue el ataque y se produce una descomposición del material original compuesta en libertad de los iones o compuestos correspondientes, entre los cuales se presenta el aluminio en cantidades considerables. El comportamiento ulterior depende de las condiciones del medio.

#### B).- Formas del aluminio en el suelo

El aluminio da un ión anfótero, bien sea como catión  $Al^{3+}$  en medio ácido o como anión  $Al(OH)_4^-$  en medio alcalino. Además forma iones complejos más o menos

hidrolizados y de propiedades ácidas pues liberan iones  $H^+$



precipitando este último compuesto  $Al(OH)_3$  en forma de gel coloidal que se polimeriza rápidamente y puede cristalizar dando gibsita muy frecuentemente en los suelos tropicales.

La presencia de  $Al^{3+}$ , muy abundante en los suelos ácidos, viene asociada en estos suelos al ión  $H^+$  y satura una parte de la capacidad de cambio.

Este Al cambiante equilibra los iones  $Al^{3+}$  de la solución que hidrolizan el agua de acuerdo con las ecuaciones antes indicadas y liberan iones  $H^+$  que aumentan la acidez. Una elevación del calcio cambiante disminuye siempre el aluminio de cambio, del cual existe pequeña cantidad en los suelos calizos o saturados. La acción del calcio sobre el aluminio de cambio la ha estudiado Thomas (1.960) en relación con el tipo de arcilla: Sobre montmorillonita provoca una precipitación de aluminio al estado coloidal polimerizado; sobre vermiculita pasa al estado no cambiante bien sea por formarse un ión complejo de tipo arcilla- $Al(OH)_2^+$  o arcilla- $Al(OH)^{2+}$  (Thomas, 1.960) bien sea porque los iones  $Al^{3+}$  penetran en el intervalo de las láminas como en el caso de suelos entranque de acidificación (Jackson, 1960)

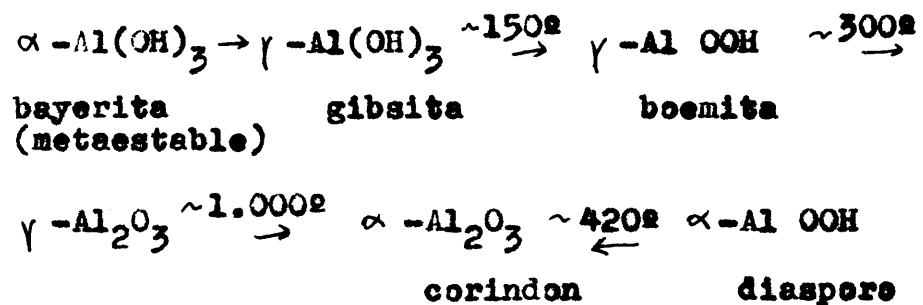
La presencia primaria de compuestos amorfos en el suelo resulta como consecuencia de la formación de geles de hidróxido de aluminio y se ha puesto en e-

dencia por varios autores (Devigne, 1.965). De todos modos su permanencia es limitada debido a un proceso rápido de envejecimiento que conduce a la formación de compuestos cristalizados. La evolución de estos compuestos amorfos depende del medio en que se encuentren.

Las formas gris alizadas más importantes comprenden a óxidos, hidróxidos y oxihidróxidos. Entre ellos tenemos como más frecuentes gibsita  $\gamma\text{-Al(OH)}_3$  diasporo  $\alpha\text{-AlOOH}$  y boemita  $\gamma\text{-AlOOH}$ . Existe otro trihidrato de aluminio, la bayerita  $\alpha\text{-Al(OH)}_3$  que no se presenta en la naturaleza pero que ha sido preparada artificialmente.

La gibsita es la más frecuente en los suelos, mientras que diasporo y boemita se presentan en pequeñas cantidades en los suelos tropicales y en mayor proporción en las bausitas. Corindon  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  solo puede formarse en climas extremadamente secos ya que la temperatura de deshidratación es muy alta.

Remy (1.960) indica en el esquema siguiente las estabilidades de los óxidos e hidróxidos de aluminio



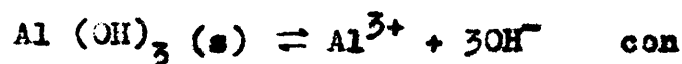
Aparte de las combinaciones amorfas o cristalizadas y del aluminio del cambio, el aluminio puede formar complejos con la materia orgánica análogos a los

que forma el hierro, solubles y que pueden emigrar en el perfil. De todos modos la movilidad del aluminio bajo esta forma parece menor que la del hierro (Duchaufour, 1.964). En presencia de calcio y en medio biológicamente activo se pueden formar también estos complejos que Alexandrova (1.960) ha encontrado en los chernozem.

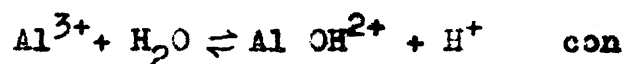
Por otra parte el aluminio puede formar complejos con la sílice, pero son muchos menos solubles que los que forma el hierro; estos complejos aluminio-sílice constituyen el alofan abundante en los andosuelos, formados sobre cenizas volcánicas a veces también existen en el horizonte B de los podsoles. El alofan cambia progresivamente hacia la arcilla microcristalina.

Como se puede ver existe un cierto paralelismo entre el hierro y el aluminio en los suelos, pero al mismo tiempo existen diferencias acusadas, fundamentalmente en el hecho de la posibilidad de oxidoreducción en el caso del hierro y de la mayor aptitud del aluminio para unirse con la sílice y dar nuevos compuestos: Los minerales de la arcilla.

El sistema óxido de aluminio-agua viene dado por las reacciones siguientes (Raupach, 1.962).



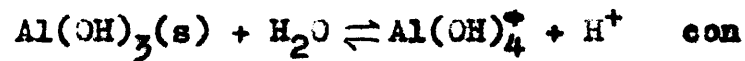
$$\log K_{s0} = \log [\text{Al}^{3+}] + 3 \log [\text{OH}^-] = -32,3$$



$$\log K_1 = \log [\text{Al}(\text{OH})^{2+}] - \text{pH} - \log [\text{Al}^{3+}] = -5,0$$



$$\log K_2 = \log [\text{Al(OH)}_2^+] - \text{pH} - \log [\text{AlOH}^{2+}] = -4,7$$



$$\log K_{s4} = \log [\text{Al(OH)}_4^-] - \text{pH} = -12,7$$

Se puede calcular la dependencia de los distintos iones de aluminio con el pH de las expresiones indicadas. Se vé que las concentraciones de ión aluminio son considerablemente más altas que las del ión férrico al mismo pH y que a pH de 6 o superior prevalece el ión aluminato. Se puede sacar la conclusión de que la concentración de iones Al puede ser considerablemente alta para explicar la eluviación a partir de un horizonte A y la acumulación subsiguiente de óxido en el horizonte B por hidrólisis. En conexión con ésto es de interés indicar que Pedro (1.961) mostró que el lavado acaso de rocas volcánicas básicas y neutras contiene una cantidad considerable de aluminio y muy poco hierro.

El silicio llega a la superficie terrestre al estado de silicatos u óxidos. En la alteración de los primeros se pone en libertad  $\text{Si O}_2$  mientras que los óxidos, principalmente el cuarzo permanece practicamente inalterado.

El primer problema que se presenta es en que forma se encuentra la sílice formada por la alteración de los silicatos, su comportamiento ulterior que dependerá de la solubilidad y la influencia de los factores ambientales.

La presencia de la sílice en las aguas de los rios indica ya que se produce un lavado por las aguas. La solubilidad de la sílice y la influencia de otros factores ha sido estudiada recientemente por numerosos autores, así como la forma en la cual esta sílice queda disuelta.

Se admitía en geoquímica hasta hace poco (Mills 1.959, 1.960, 1.961) que la sílice era practicamente insoluble en medio ácido y que su solubilidad aumentaba netamente por encima de  $\text{pH} = 4$  para ser incluso muy grande en medio fuertemente alcalino. En realidad el problema no parece ser éste. Los trabajos realizados por Alexander (1.953); Goto (1.953); Alexander y col. (1.954); Iler (1.955); Krauskopf (1.956); White y col. (1.956); Okamoto y col. (1.957); Siffert (1.962) sobre la solubilidad de geles amorfos de sílice permiten establecer las siguientes conclusiones: la solubilidad de la sílice se rige por las leyes de la polimerización y despolimerización.

Si la cantidad de sílice disuelta es inferior a 100-140 ppm a 25°, se encuentra dispersa en equilibrio, bajo forma de monomolécula de ácido monosilícico  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ; se trata por tanto de una solución verdadera. La solubilidad aumenta con la temperatura.

Esta solubilidad en el agua es prácticamente independiente del pH para valores de éste inferiores a 9; por encima de 9 el ácido monosilícico se disocia y aumenta la solubilidad.

Si la concentración de la disolución, digo, solución es superior a la indicada anteriormente, el exceso de sílice se encuentra bajo forma de moléculas condensadas o polímeros, al lado del monómero  $\text{Si}(\text{OH})_4$ . La presencia de estos polímeros caracteriza la naturaleza de las soluciones coloidales de sílice. El mecanismo es reversible. Todo esto se produce en el equilibrio y hay que hacer notar que el equilibrio se establece lentamente.

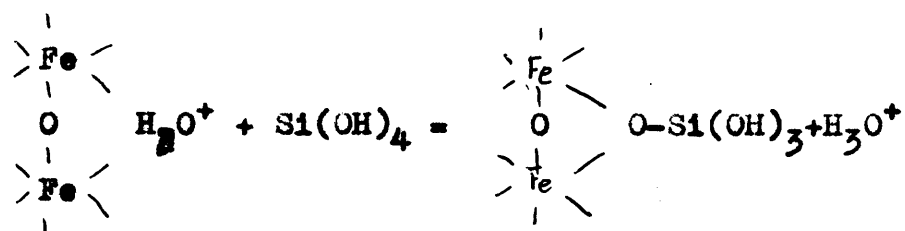
Se han realizado también estudios sobre la solubilidad de otras formas de sílice (Krauskopf, 1.959). La solubilidad es más bien débil aunque para el gel de sílice parcialmente deshidratado parece ser análoga a la de la sílice amorfa. Esto es válido asimismo para el cuarzo producido en el suelo que debe estar recubierto de ácido silícico polímero (Scheffer y Schachtschabel, 1.966; Krauskopf, 1.959; Wey y Siffert, 1.961) han estudiado la solubilidad del ópalo y calcedonia.

La solubilidad del ácido monosilícico en agua no es efectuada por la presencia de iones en sol.

ción y en particular por los iones del agua del mar; únicamente parece que el ión  $\text{Al}^{3+}$  disminuye considerablemente esta solubilidad (Oyamoto y col. 1.957). El estudio sistemático de la acción del  $\text{Al}^{3+}$  sobre la solución saturada de sílice, lo han efectuado Wey y Siffert (1.967) que también tienen en cuenta la presencia del ión  $\text{Mg}^{2+}$ . Siffert (1.962) ha demostrado que existe una precipitación común de óxido de magnesio y sílice que se desplaza de  $\text{pH} = 10-12$ , a  $\text{pH} = 7$  cuando la cantidad de  $\text{Mg}^{2+}$  es elevada.

El contenido en  $\text{Si}(\text{OH})_4$  en la solución del suelo varia entre 5-60 mgrs./L ; es por consiguiente más pequeño que lo que corresponde a la solubilidad del gel. Además, en contraposición a lo que sucede con éste la cantidad de ácido silícico soluble en el suelo depende del  $\text{pH}$ .

Cuando se trata un suelo con solución acuosa de borato de distinto  $\text{pH}$ , al aumentar éste disminuye la cantidad disuelta; alcanza un mínimo para un  $\text{pH}$  entre 9 y 10 y luego sube de nuevo (Mc Keague y Cline, 1963). Esta diferencia de comportamiento con el gel de sílice tiene su origen en la existencia en el suelo de óxidos de Al y Fe que absorben el  $\text{Si}(\text{OH})_4$  y disminuyen la solubilidad (Jones y Handreck, 1.963). La acción del ácido silícico puede provenir de la cesión de iones  $\text{H}^+$  (u  $\text{OH}_2^+$ ) en la superficie de estos óxidos según el esquema:



que aclara el aumento del ácido silíceo soluble al crecer la concentración de iones hidrógeno de la solución extractora, porque según la ley de acción de masas el equilibrio se desplaza hacia la izquierda al aumentar los iones  $H^+$ .

Frente a esto, se ha encontrado que el contenido en ácido silícico soluble en agua en suelos loes de composición muy semejante crece al aumentar el pH. Este comportamiento se puede atribuir a que el ácido silícico soluble en agua se ha lavado ya muy fuertemente como consecuencia de la creciente solubilidad al disminuir el pH. En casos extremos, bajo la influencia de reacción ácida y alta temperatura puede lavarse el ácido silícico en tal cantidad que se pueden formar suelos lateríticos que consisten predominantemente en óxidos de hierro y aluminio.

En contraposición a los óxidos de hierro y aluminio el  $CaCO_3$  no influye en la concentración de sílice en la solución.

La posibilidad de formación de complejos solubles sílice-férricos o sílice-alumínicos, con una peptización del hierro por la sílice se ha indicado por numerosos autores (Kubiena). Sin embargo otros autores lo rebaten o tienen otros puntos de vista.

Zimovets (1.963) atribuye a la nueva formación de sílice amorfa de tipo ópalo, debida a la precipitación y floculación mutua con los óxidos de hierro y aluminio, el hecho de que las rocas básicas den lugar a cantidades menores de sílice que

las rocas ácidas.

Mc Keague (1.963) afirma que la sílice en extractos acuosos de suelos está en forma monómera, probablemente  $\text{Si}(\text{OH})_4$  y lo prueba por la ausencia de sílice polimerizada en extractos de suelos preparados de diferentes maneras y a partir de suelos de mineralogía distintas. Con estos resultados se descarta la supuesta acción protectora de un sol de sílice que ayudaría a la migración de la arcilla y de los óxidos de hierro. En las mismas ideas abunda Khan al afirmar que no es válida la teoría de Reifelberg sobre la formación de la tierra rossa, que considera a la sílice coloidal capaz de peptizar el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . En efecto, si hay producción de sílice coloidal durante la alteración de las rocas, esto ocurre en un medio saturado con calcio y magnesio, pero no con sodio, hecho ignorado por Reifelberg, y es al sodio al que atribuye Khan el poder dispersante, como lo demuestra con experiencias de laboratorio.

Las ideas de Cline y Mc Keague, sobre la adsorción de la sílice disuelta por partículas de suelo, rebajan por tierra la teoría de Raupach según la cual el aluminio soluble controla la concentración de sílice en las soluciones del suelo. Se ha visto que otras sustancias que no son compuestos de aluminio también son efectivas para eliminar la sílice de la solución, y por otra parte que no todos los compuestos de aluminio lo son.

Las teorías que Raupach aporta en confirmación de la suya pueden ser interpretadas en el sentido

de que tiene lugar una precipitación de hidróxido de aluminio y éste adsorbe la sílice disuelta. Por otra parte la adsorción de sílice disuelta depende del pH. Aumenta cuando el pH va de 4 a 9 y disminuye a pH mayores que 10. La razón de esta dependencia no está clara. Se podría suponer que la especie adsorbida fuera  $\text{Si O}_4\text{H}_3^-$  más que  $\text{Si (OH)}_4$  pero el hecho de que los óxidos de hierro y aluminio tengan carga negativa a altos valores de pH, hace que se tenga que refutar esta idea.

Por otra parte se ha visto que horizontes B de suelos fuertemente ferruginosos adsorben cantidades apreciables de sílice aún a pH = 4,8 punto en el cual la relación de  $\text{Si O}_4\text{H}_3^-$  a  $\text{Si (OH)}_4$  es aproximadamente de 1 a  $10^5$  con lo cual se puede considerar que es  $\text{Si (OH)}_4$  la forma en la cual está adsorbida la sílice. Si esto es así, el aumento de adsorción a altos valores de pH podría ser debido al efecto de reacción en la superficie de adsorción. Podría ser que la adsorción de  $\text{Si (OH)}_4$  estuviera relacionada con la tendencia del Si a asumir el número de coordinación 6 con los OH. La adsorción de  $\text{Si (OH)}_4$  puede llevar la coordinación del Si a dos grupos OH adicionales en la superficie de adsorción; esto se favorecerá aumentando la hidroxilación en la superficie a pH altos.

La idea de la sílice adsorbida por partículas del suelo puede basarse en el concepto de Toth que dice que partículas cristalinas de suelo pueden recubrirse de materiales menos organizados de espe-

por variable y de diferente grado de desorden. Entonces se podría considerar el  $\text{Si}(\text{OH})_4$  como formando parte de ese "coating" pudiendo pasar en solución al añadir agua en el suelo, o bien reaccionar con otras sustancias del coating para originar productos secundarios.

También Zimovets (1.963) dice que las nuevas formaciones de sílice parecen a veces finas costras pardas en las que la superficie externa es rugosa y la interna lisa, siguiendo las irregularidades de los fragmentos minerales sobre las que se han depositado. El espesor de esa costra suele ser de 0,5 a 1 mm y está formado por una sustancia isotropa manchada de hierro. Químicamente consta de 64-71% de sílice (de la cual un 40-50% puede ser extraída por un extractante alcalino al 5%) y un 20% de sesquióxidos principalmente de aluminio.

Respecto al transporte y deposición de la sílice Joffe (1.940) encontró que mientras hay una movilización de sílice a partir del horizonte  $A_1$  hay una precipitación en el  $A_2$  y el B, lo que parece indicar que la precipitación de sílice va unida a la de sesquióxidos en perfiles pedológicos. Lundbland (1.936) determinó los compuestos disueltos por el reactivo de Tamm a partir de los horizontes de un suelo pardo forestal, un podzol férrico y un podzol húmico-férrico y encontró que se extrae más sílice del horizonte B que del A de los podzoles, aunque las cantidades fueran bastante menores que las de hierro o aluminio.

La sílice reprecipita en suelos de otro tipo

que los podsoles. Whitehouse (1.940) reconoció un horizonte adicional de sílice en perfiles lateríticos de Queensland y Hallsworth y otros (1.953) describieron <sup>perfiles</sup> en New South Wales con horizontes silificados que Stephens llamó "silcrete".

Aokuaye y Tinsley (1.965) estudian la solubilidad de sílice en presencia de varios iones. En presencia de sílice el hierro precipita a pH-4, alrededor de una cantidad más baja que sin sílice, pero el aluminio presenta poca diferencia haya o no haya sílice presente. La solubilidad de la sílice sigue a la del aluminio y hierro siendo reducida a cero a pH-5 con aluminio y a pH-4 con hierro.

La solubilidad de la sílice aumenta por el humus del podzol solamente en la región de pH 5,5 a 9, pero en presencia de Al y Fe es baja desde pH 3-11, aunque en la región de pH-6-7 la cantidad de sílice retenida en solución en presencia de humus es ligeramente mayor que en ausencia del mismo.

El influjo de la materia orgánica sobre la solubilidad de la sílice no se conoce mucho. Parece que los ortodifenoles pueden disolver ácido silícico amorfo con formación de complejos.

**MÉTODOS DE EXTRACCIÓN**

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

El problema que se presenta es doble: Definir lo que se considera como formas libres y asegurarse que el método utilizado no ataca los minerales que contienen Fe o Al en forma combinada.

Se pueden considerar como formas libres para el hierro y el aluminio, cuando existen como iones solubles, o como hidróxidos o, también, como combinaciones temporales, solubles o pocos solubles, con la materia orgánica o con la sílice, pero susceptibles de ser fácilmente rotas por los agentes químicos (Duchaufour, 1.965).

En general la extracción se refiere a uno solo de los elementos considerados pero existen reactivos que extraen a varios y no son específicos propiamente dichos.

Para la extracción de los óxidos de hierro libre existen varios métodos que pueden concretarse en diferentes grupos.

Un grupo está constituido por aquellos en que el hierro está disuelto por un reactivo ácido tamponado o no; entre ellos se puede citar el método de Tam, 19 que emplea ácido oxálico con oxalato amónico a pH=3,2.

La mayor parte de los métodos, sin embargo, reducen primero al hierro. Esta reducción se puede verificar por distintos agentes. Así Jeffries (1.946) emplea la producción de hidrógeno nascente por la acción del magnesio sobre la mezcla de oxalato potásico-ácido oxálico; Dion (1.944) emplea aluminio sobre tartrato

amonio; Haldane (1.956) polvo de zinc sobre el tampón oxalato de sodio y amonio.

Truog (1.936) emplea la acción del  $\text{SH}_2$  naciente. Mackenzie (1.954) utiliza el hidrosulfito sódico como reductor, reactivo hoy día muy empleado acompañado con el citrato sódico (Jackson, 1.958) y sobre todo el tartrato amónico (Deb, 1.950). Una modificación al método de Mackenzie ha sido hecha por Aguilera y Jackson (1.953). Otro método basado en el hidrosulfito es el preconizado por Mehra y Jackson (1.960).

La reducción con formación posterior de complejos ha sido empleada por Stephanovits (1.955) que utilizó para ello el EDTA.

Endredy (1.963) indica que la irradiación ultravioleta de una solución oxálica aumenta la extracción y Segalen (1.965) considera ese método como uno de los más eficaces.

Existen métodos también de reducción biológica como el empleado por Allison y Sarseth (1.942) que supone una incubación anaerobia del suelo con una solución de surosa a una temperatura menor de  $25^\circ \text{C}$ . La reducción biológica ha sido también utilizada por Bloomfield (1.950) y Yamanak y Motomura (1.959), para remover el hierro en gleys. Bromfield (1.954) ha estudiado la reducción del óxido de hierro por bacterias.

La gran diversidad de métodos empleados en la determinación de óxidos de hierro libre ha llevado a numerosos autores a hacer estudios comparativos de los distintos métodos y a establecer la naturaleza de los compuestos que se extraen.

Robichet hace un estudio comparativo de los métodos de Tamm, Truog, Jeffries y Deb, y llega a las conclusiones siguientes:

El método de Tamm extrae muy poco hierro en general y es específico de las formas hidratadas, con exclusión de las demás.

Los métodos de Truog y de Jeffries son muy sensibles a la toma de muestra y el de Truog tiene, además, el inconveniente de trabajar con  $\text{SH}_2$ . Por otra parte el método de Jeffries se le atribuye el inconveniente de atacar los silicatos y la alúmina libre.

El método de Deb, aunque no extraiga la totalidad del hierro es el que mejores resultados da y según Robichet la reducción da los mismos resultados ya sea en medio acuoso o tamponado; se extrae una cantidad importante de hierro en los productos naturales, excepto en una mezcla de siderosa y clorita lo que es natural pues no existen óxidos libres; en productos sintéticos se obtiene menos hierro en la primera extracción pero la suma de dos extracciones da los mismos resultados que en los productos naturales. En productos sintéticos el orden de extracción es el siguiente

$\text{Fe} > \text{Fe} - \text{Al} > \text{Fe} - \text{sílice}$ . En general la relación 1ª/2ª extracción y la suma de ambas aumenta en sentido inverso de la toma de muestras, pero en Deb da casi igual reproductividad. Las extracciones por separado difieren a veces bastante, pero la media de los totales de dos extracciones es perfectamente reproducible. Se ha demostrado la no solubilización de los silicatos

en las muestras de minerales y suelos; pero no así en las muestras sintéticas; no es precisa la destrucción de materia orgánica.

De sus experiencias deduce Rebichet que: Con dos extracciones basta; que los óxidos hidratados se solubilizan generalmente en la primera extracción mientras que los óxidos muy cristalizados son más difíciles de solubilizar. El número de extracciones dependerá de la riqueza en hierro de la muestra pero también es posible tomar menor cantidad de ésta. Respecto a la especificidad indica que el método de Deb no es selectivo frente a los diferentes estados de hidratación de los óxidos de hierro libres. La velocidad de solubilización varía con la superficie de las partículas, pero no es aconsejable operar sobre la fracción arcillosa, pues por una parte en la separación de la arcilla pueden pasar en solución partículas muy pequeñas de óxido de hierro, y por otra parte, no siempre el ácido de hierro libre es menor de 2%. Por esto, cree preferible operar con muestras molidas y uniformes, pasadas por un tamiz de 0,2 mm.

Tsyurupa que hace un estudio comparativo de los métodos de Tamm, Stepanovits y Deb, llega a las siguientes conclusiones: Ninguno de los métodos extrae la totalidad del hierro presente; la cantidad de hierro extraído por los dos métodos primeros citados decrece considerablemente con el grado de cristalización, llegando a un 0,86% solamente en las hematitas, mientras que con el método Deb se llega a una conclusión contraria y es éste el método que extrae más energicamente el hierro; también in-

dica que los tres métodos extraen una parte del Fe y Al de los silicatos, siendo el reactivo Tamm el que más fácilmente los ataca. Propone un aumento de la cantidad de reactivo o del tiempo del contacto para la extracción de mayor cantidad de hierro, así como tres tratamientos sucesivos. De sus estudios aconsejan el empleo del método de Tamm para suelos ricos en compuestos amorfos (Baj, Gley, y Pedzeles) y el de Deb, que también extrae los compuestos amorfos para suelos ricos en compuestos bien cristalizados (tierras rojas, lateritas, etc.). Otro estudio comparativo interesante es el realizado por Gorbunov sobre los métodos de Tamm, Kirsanov (ClH O, 2H), Stephanevips, Deb y Mehara y Jackson. Las conclusiones a las que llega son las siguientes: Ningún método disuelve los sesquióxidos en una sola extracción y tres consecutivas dan mejores resultados. Para los sesquióxidos amorfos el mejor método es el de Tamm, mientras que para los cristalizados va mejor el de Deb, por lo cual se debe emplear en las tierras rojas y lateritas, mientras que el de Tamm se puede emplear para los suelos pedregalizados.

Deb en su estudio comparativo incluye también entre los métodos el biológico, y encuentra que éste es tan efectivo como el de Trush para la reducción del hierro; los resultados de Tanada confirman también que se disuelve mucho menos aluminio por el método biológico de reducción.

Brenfield y Williams (1.963) estudiando profundamente el método biológico de reducción y lo comparan

con los métodos químicos de Tamm, Mackenzie y Truog. Introdúcen ciertas modificaciones en el método de Allison en lo que se refiere a la composición de la disolución, efecto de la incubación, pretratamiento del suelo con peróxido de hidrógeno, efecto de temperatura, ya estudiado por Roberts (1.947) y del lavado con  $\text{NaCl}$ . También la especificidad del método para el hierro en función de la concentración de su cresa, del reposo y pH.

En la comparación con otros métodos encuentran que el orden de efectividad para remover el Fe es:  $\text{SH}_2$ , hidrosulfito, reducción biológica de suelo pretocado con  $\text{H}_2\text{O}_2$ , oxalato ácido de amonio y reducción biológica de suelo no tratado. Para el Al el orden es:  $\text{SH}_2$  nascente, oxalato ácido de amonio, hidrosulfito y reducción biológica. El método de reducción biológica aplicado tres semanas más tarde del tratamiento con  $\text{H}_2\text{O}_2$  es más específico para el Fe que cualquier otro método. De todos modos concluye que el método de reducción biológica no tiene ventajas sobre otros métodos químicos, sobre todo frente al de Tamm.

El aluminio dicho libre distinto del que forma p de las redes cristalinas de las arcillas, se puede determinar con soluciones salinas no tamponadas neutras e incluso soluciones tamponadas ácidas.

El aluminio a pH = 7 precipita al estado de hidróxido, por esto las soluciones neutras tamponadas no le extraen sino que originan su precipitación y aparición de  $H^+$ . Inversamente, formas parcialmente hidratadas de Al, pueden provocar la fijación de  $H^+$ , al bajar el pH, cuando se verifica el cambio entre los cationes de una solución no tamponada y los  $H^+$  del suelo.

A pesar de la gran importancia que tiene el estudio de la alúmina libre en pedogénesis, pocos autores la han estudiado.

Mc Lean y sus col. han hecho un estudio con varias soluciones extractoras para la determinación de la alúmina libre. Han seleccionado el acetato amónico N a pH = 4,8, el acetato bórico y el cloruro bórico, y también la mezcla de acetato amónico N y cloruro bórico 0,2 N. Esta mezcla no da mejores resultados que el acetato amónico solo.

El acetato amónico N a pH = 4,8 extrae bastante cantidad de Al de los suelos para que su medida se considere exacta y sin posibilidad de desperfectos en las redes cristalinas de las arcillas.

A medida que desciende el pH aumenta la cantidad de Al extraído, no obstante se escoge el pH=4,8 por varias razones:

-Consideran que extraen suficiente cantidad de Al, pero que no tiene fuerza suficiente para atacar las redes cristalinas.

-El acetato amónico está bien tamponado en comparación con las sales neutras de ácidos fuertes, y sin embargo posee la fuerza iónica necesaria para una extracción adecuada.

-Está relativamente exento de sustancias que pudieran intervenir en las determinaciones colorimétricas o fotométricas posteriores, y además puede ser destruido por digestión en ácido, o por ignición en horno si fuera necesario.

También Pratt y Reid hacen un estudio comparativo con tres reactivos: Cloruro potásico N, acetato amónico N a pH=4,8 y cloruro bórico N, y utilizan para ello el horizonte superior de suelos ácidos; llegan a las siguientes conclusiones:

El cloruro potásico y el cloruro bórico extraen aproximadamente la misma cantidad de aluminio.

-Cuando el pH del suelo es igual o mayor que 4,8 el acetato amónico extrae más aluminio que los otros dos, ocurriendo lo contrario si el pH es menor que 4,8.

-Si el pH se aproxima a la neutralidad el acetato amónico N a pH=4,8 extrae (muchísimo) muchísimo más aluminio, del orden de:

AcNH <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>	KCl
3,40	0,08	0,04

-El tiempo de contacto influye en la extracción, lo que hace suponer que algo de hidróxido de aluminio u otro compuesto básico algo soluble pasa en solución.

-Para la extracción del aluminio de cambio da mejor resultado el cloruro potásico N.

Szaboles y los autores alemanes emplean una solución alcalina al 5%.

Ghabannes y Barbier (1.950) extraen el aluminio

coloidal por la mezcla tartrato y oxalato neutro de amonio a ebullición.

Duchaufeur (1.964) utiliza el método de Tamn para la extracción del aluminio de una manera sistemática en los análisis de caracterización.

Williams y col.(1.958) encontraron buenas correlaciones entre el aluminio soluble en oxalato ácido y la capacidad de sorción de fosfatos. Bromfield y col. (1.963) encontraron un aumento marcado del aluminio soluble en agua y NaCl después de un tratamiento con  $H_2O_2$ , lo que sugiere la formación de aniones complejos, incluyendo el oxalato, y separación del aluminio a partir de la materia orgánica, cosa que ya indicaron Williams y col. que encontraron una correlación entre el carbono y el aluminio soluble en oxalato ácido.

Duchaufeur y Souchier (1.966) estudian un método conjunto para el aluminio y hierro libres en suelos en que emplean el reactivo de Tamn añadiendo 1,5 grs. de hidrosulfito sódico en polvo. Extraen dos veces, calientan quince minutos al baño-Maria a 50°C, agitan durante treinta minutos, centrifugan y filtran. Lo comparan con el método de Tamn y el de Deb. Emplean para su comparación minerales tales como gibesita, goetita y arcillas; coprecipitados de hidróxidos de hierro y aluminio y unos cuantos suelos tipos. Las conclusiones a que llegan respecto al aluminio son: a) El ataque sobre los minerales de la arcilla es casi nulo; b) Las formas amorfas del aluminio se extraen por todos los reactivos y casi en su cien por cien con el reactivo combinado; en las formas paracrystalinas el reactivo

combinado extrae el 50% y la sosa el 100 %; las formas cristalinas no son extraídas más que por la sosa en un 30%. A las formas paracristalinas de solubilidad intermedia se podría asimilar el aluminio adsorbido en las superficies de las arcillas o retenido en los espacios interfeliales.

Ponen de relieve el interés que para el estudio de los suelos puede presentar una comparación de los resultados de los tres métodos de extracción: Tamm, reactivo combinado, sosa diluida, que permitiría clasificar el suelo estudiado en uno de los tres grupos definidos: Los suelos con formas amorfas dan en tres extracciones cifras comparables; los que tienen formas paracristalinas liberan más Al y Fe que con el reactivo de Tamm; los que tienen formas muy cristalizadas liberan mucho más aluminio con la sosa que con el reactivo combinado.

Los métodos de extracción de la sílice libre son varios. Acunayo y Tinsley (1.964) compara la extracción de sílice de suelos seleccionados con agua y con solución de ácido cítrico al 1%. Para la extracción, aparte del suelo modifica ligeramente el procedimiento descrito por Birch (1.953) y determina la sílice libre por el método colorimétrico de silico-nolibdato de Shapiro y Branneck (1.956) en sus resultados encuentran que el agua disuelve menos sílice que el ácido cítrico, siendo las cifras del orden de 5 mg/100 grs. para el agua, y de 100-150 para el ácido cítrico.

También estudia la solubilidad de la sílice en agua en presencia de varios iones: Aluminio, hierro, manganeso y otros aniones tales como fosfatos, nolibdatos, fluoruros, y citratos. Encaya, asimismo, el efecto del humus del pedregal en la solubilidad de la sílice, aluminio y hierro.

De los resultados de sus estudios con sistemas controlados, concluye que la cantidad de sílice disuelta por agua de los suelos naturales depende mucho del pH de la solución y de la concentración de Al soluble, Fe y humus.

El gran efecto del citrato parece justificar el uso de este anión para disolver la sílice amorfa co-precipitada con aluminio y hierro en los perfiles de suelos. Generalmente el ácido cítrico disuelve más sílice que el citrato cálcico y la solubilidad de la sílice tiende a ser inversamente proporcional al hierro y aluminio solubles, produciéndose la extracción

más alta de sílice en los horizontes  $B_1$  y  $B_2$  del pedregal y en el  $B_2$  de los suelos parcos forestales.

El efecto del citrato sobre la solubilidad de la sílice, hierro y aluminio, hasta pH=8 se comprende por su conocida tendencia a formar complejos con estos elementos. Henderson y Duff (1.965) estudiaron la solubilización de la sílice a partir de minerales silicatados cristalinos y suelos por varios hongos y encontraron que varias especies son productoras de ácido cítrico. Sin embargo, la incubación de un suelo cultivado con ácido cítrico diluido no deja en libertad sílice mientras que sí lo hace el ácido oxálico.

## MÉTODOS EXPERIMENTALES

Dado el carácter de nuestros suelos, hemos elegido el método de DEB ligeramente modificado, que además es el que más se utiliza en los países europeos.

#### Descripción del método

- En un tubo de centrifuga de 50cc. colocar de 0,1 a 1 gr. de muestra. Nosotros hemos tomado siempre 0,5 de suelo triturado y pasado por tamiz de 0,2 mm.
- Añadir 50cc. de agua destilada. Nosotros hemos puesto siempre 40cc. por necesidades del material.
- , Añadir 2 grs. de hidrosulfito sódico en polvo.
- Poner en un baño termostático a 40°C durante 50 tos, agitando de vez en cuando.
- Centrifugar y decantar.
- Añadir 40cc. de HCl N/20 a 40°C y agitando de vez en cuando durante 10 minutos.
- Centrifugar y decantar.

Dada la gran riqueza en hierro de los suelos rojos, hemos adoptado la medida de hacer siempre tres extracciones, con objeto de operar siempre en las mismas condiciones.

#### Valoración del hierro

- Eliminar el resto de hidrosulfito y sus productos de descomposición así como la materia orgánica, añadiendo de 5 a 10cc. de  $H_2SO_4$  concentrado.
- Concentrar en baño de arena hasta que aparezcan humos blancos.
- Cubrir el vaso con un vidrio de reloj y hacer un ataque sulfonítrico, introduciendo por el pico de vertido

del vaso  $\text{HNO}_3$  gota a gota hasta que la solución permanezca amarilla.

- Eliminar los vapores nitrosos calentando hasta sequedad
- Disolver el residuo con agua y filtrar.
- Enrasar el filtrado a un volumen determinado. Nosotres lo hemos hecho a 250cc.
- Tomar una parte alícuota en un matraz aforado de 50cc.
- Añadir de 50 a 100 mgrs. de ácido ascórbico.
- Agitar y esperar 15 minutos.
- Añadir 2 cc. de sulfito sódico al 20%.
- Añadir 1cc. de solución de e-fenantrolina al 0,25%.
- Añadir 10cc. de  $\text{AcNH}_4$  al 20%.
- Enrasar a 50cc. y leer en el colorímetro a 510 m $\mu$ .

Hemos hecho la curvapatrón en las mismas condiciones que las citadas anteriormente, de 0 a 100  $\gamma$  utilizando una solución de  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  y empleando un colorímetro Zeiss modelo Elko II, con filtro S 49 E y cubetas de 2 cm encontrando los siguientes errores:

para 5 $\gamma$	un $\sigma = \pm 0,20$
10 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,62$
20 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,45$
40 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,22$
60 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,15$
80 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,18$
100 $\gamma$	$\sigma = \pm 0,24$

o sea unos errores relativos de:

para 5	γ	4%
10	γ	6%
20	γ	2%
40	γ	0.5%
60	γ	0.2%
80	γ	0.2%
100	{	0.2%

En este trabajo hemos seguido el procedimiento siguiente:

- Pesar 10 grs. de suelo tamizado a 2 mm. en un vaso
- Añadir 50 cc. de solución extractora, agitar y dejar toda la noche
- Filtrar el líquido que sobrenada
- Añadir al resto, otros 50 cc. en pequeñas porciones, agitando cada vez con el suelo y filtrando
- Finalmente enrasar el filtrado a 100 cc. con solución extractora.

Hicimos un ensayo para ver la posible influencia del hierro en la coloración, para lo cual eliminamos el hierro con NaOH 5N. pero los resultados con eliminación de hierro y sin ella fueron prácticamente los mismos, siempre que la cantidad de éste no era demasiado grande.

También hicimos un ensayo poniendo los 100 cc. de solución extractora tal como lo indica el método descrito y paralelamente haciendo otra extracción con los 100 cc. de una sola vez, obteniendo resultados distintos

Nº de muestra	Directamente con 100cc.	con 50cc.+ 50cc.	extracción con Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
16.783	166	265	603
"	166	264	603
16.784	301	471	467
"	309	465	426
16.785	245	378	380
"	248	367	390

expresados en ppm de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

A la vista de estos resultados se demuestra la influencia de la relación suelo/extractante y adoptamos el método de Mc Lean.

Por otra parte decidimos hacer en todas las muestras de la región de Madrid y en aquellas otras en que la naturaleza de la materia orgánica lo permitiera, una extracción ácida con  $\text{AcNH}_4$  N pH=4,8 y paralelamente otra extracción alcalina con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 5%, exactamente en las mismas condiciones.

En cuanto a la valoración colorimétrica con aluminon dá buenos resultados a condición de hacer cada vez, una curva patrón. El método seguido es el siguiente:

En matraces aferados de 50 cc., poner:

- 10 cc. de solución tampón  $\text{AcH}-\text{AcNa}$  a pH=4,2
- aproximadamente 20 cc. de agua destilada
- 10 cc. de solución de aluminon al 0,4 %
- la muestra (de 2 a 10 cms)
- enrasar a 50 cc.
- pasar al colorímetro después de 25 minutos a 520 m $\mu$

Utilizemos el mismo colorímetro que para el hierro con el filtro S 53 E y cubetas de 2 cms. y la curva patrón de 0 a 35  $\gamma$  empleando una solución de  $\text{K Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  con una concentración de 5  $\gamma$ /cc.

Para la determinación de la sílice empleamos las mismas soluciones extractoras que para el aluminio, o sea,  $\text{AcNH}_4$  N pH=4,8 y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 5%, con objeto que la misma extracción sirva para la determinación de ambos.

La valoración la hacemos por colorimetría con la formación del complejo sílice-molibdico de color amarillo.

La técnica es la siguiente: En matraces aforados de 50cc. poner:

- 10cc. de solución de molibdato amónico al 15%
- Aproximadamente 10cc. de agua destilada
- 5cc. de HCl 6N. agitando hasta disolución del precipitado formado
- La muestra (de 5 a 10cc.)
- Esperar 6 minutos y añadir 10cc. de NaF al 2%
- Enrasar a 50cc.
- Y pasar inmediatamente al colorímetro a 410 m $\mu$

Hicimos la curva patrón a partir de una solución de sílice anhidra conteniendo 50 $\gamma$ /cc. de Si desde 0 a 500  $\gamma$  obteniendo los siguientes errores:

para 50 $\gamma$	$\sigma = \pm 1,54$
100 $\gamma$	$\sigma = \pm 3,38$
200 $\gamma$	$\sigma = \pm 10,50$
300 $\gamma$	$\sigma = \pm 8,87$
400 $\gamma$	$\sigma = \pm 5,40$
500 $\gamma$	$\sigma = \pm 5,02$

lo que corresponde a unos errores relativos de:

para	50	γ	3%
	100	γ	3%
	200	γ	5%
	300	γ	3%
	400	γ	1%
	500	γ	1%

Empleamos siempre el mismo colorímetro que para las anteriores determinaciones de hierro y aluminio, con el filtro S 42 E y cubetas de 2 cms.

**RESULTADOS EXPERIMENTALES**

TERRA FUSCA

PERFIL F<sub>1</sub>-

Fecha.- 15 de Abril de 1.965  
 Localidad.- Altos de Gugarapo (cerca de Caserla).  
 Situación.- En la Ca del P.F.E. a 1 Km. del Mirador.  
 Topografía.- Fuertemente inclinada.  
 Vegetación.- Quercus naterral y romero, pinar reemplacía.  
 Material originario.- Calizas liásicas.  
 Drenaje.- Buena.  
 Desarrollo del perfil.- A<sub>oo</sub>/A<sub>1</sub>/B/C.  
 Altitud.- 980 metros.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0-20	A <sub>oo</sub>	Restos vegetales poco descompuestos de Quercus.
20-30	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Color 10 YR 3/4. Materia orgánica media. Textura arena-limosa. Estructura desarrollada, migajosa-granular. Consistencia media y buena permeabilidad.
30-45	B <sub>1</sub>	Color 10 YR 4/3. Textura limo-arcillosa. Estructura muy desarrollada granular. Consistencia y permeabilidad igual al anterior.
45-75	B <sub>2</sub>	Color 5 YR 4/4. Estructura desarrollada poliédrica. Coating. Clay-skin. Consistencia y permeabilidad igual al anterior.

Observaciones.- Se trata de una terra fusca muy terri

ficada hasta los 45 cms. Las raíces penetran bien.

PERFIL F<sub>1</sub> ( Caserla )

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-PH</sup>	KCL	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,70	6,80	-	9,22	0,256	20
B <sub>1</sub>	7,75	6,80	-	6,07	0,214	16
B <sub>2</sub>	7,70	6,70	-	2,17	0,123	10

Hor.	Arc.	Limo	Ar.fina	Ar.gruesa	Ind.de
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	47,1	34,1	11,7	0,7	
B <sub>1</sub>	39,5	44,1	11,9	0,7	
B <sub>2</sub>	70,9	23,2	3,9	0,6	1,5

TABLA Nº 2

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1,38	1	0,36	0,36
B <sub>1</sub>	0,89	1	0,28	0,45
B <sub>2</sub>	3,05	1	0,19	0,23

TABLA Nº 3

Hor	Ca	Mg	Na	K	S	T	V
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	20,8	5,8	-	0,6	27,2	43,5	64,8
B <sub>1</sub>	15,8	3,1	-	0,5	19,4	32,5	59,6
B <sub>2</sub>	16,5	-	0,2	0,2	16,9	32,2	52,4

TABLA N 4

$Fe_2O_3$				
Hor.	Total%	Libre%	Libre/tot.%	Ind.de arr.
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	6,212	3,738	60,1	
B <sub>1</sub>	6,480	4,052	62,5	
B <sub>2</sub>	7,752	4,745	61,2	1,2

$Al_2O_3$				
Hor.	Libre (AcNH <sub>4</sub> ) ppm	Libre (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) ppm	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	62	150	2,4	
B <sub>1</sub>	98	156	1,5	
B <sub>2</sub>	304	176	0,5	4,9 1,1

$SiO_2$				
Hor	Libre (AcNH <sub>4</sub> ) ppm	Libre (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) ppm	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	453	641	1,4	
B <sub>1</sub>	445	434	1,0	
B <sub>2</sub>	509	403	0,8	1,1 0,6

TABLA N 5

Hor.	Ac NH <sub>4</sub>			Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
	Libre SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Libre SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Libre SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Libre SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Libre Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,3	12,1	602	4,2	17,1	249
B <sub>1</sub>	4,5	10,9	413	2,7	10,7	259
B <sub>2</sub>	1,6	10,7	156	2,2	8,4	269

PERFIL F<sub>1</sub>

Suelo precedente de calizas liásicas totalmente descalcificado hasta una profundidad de 75 cms. A pesar de ello, existe una gran abundancia de Ca<sup>++</sup> en el complejo de cambio y el pH solo alcanza valores ligeramente ácidos (en KCl).

La cantidad de materia orgánica es grande en el horizonte superior, e incluso en el B<sub>1</sub>, disminuyendo fuertemente en el horizonte B<sub>2</sub>. Su humificación es escasa en el horizonte A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> lo que puede dar cuenta del bajo grado de saturación.

El ataque químico es intenso como se demuestra por la pequeña cantidad de arena en el horizonte B<sub>2</sub> y la alta relación arcilla/limo. Y el pequeño valor del limo expresado con ese nombre en las relaciones. De todos modos, el hecho de que este valor sea menor en profundidad y la relación arcilla/limo disminuya en superficie puede ser debido a dos causas: o bien hay una eluviación fuerte de arcilla que viene indicada por el índice de arrastre, o bien en el clima actual hay una tendencia a la terrificación en los horizontes superiores. Probablemente ambas causas se producen y contribuyen al resultado actual.

Si se adopta para la materia orgánica un valor aproximado de 300 meq/100 grs. la arcilla tendría un valor bastante uniforme de unos 35 meq./100 grs. lo que parece indicar una naturaleza ilitica del material, quizás con algo de montmorillonita.

La cantidad de hierro total es bastante alta

y aumenta con la profundidad. Paralelamente aumenta la cantidad de hierro libre ya que la relación  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total, se mantiene practicamente constante. Si se tiene en cuenta la variación de arcilla con la profundidad se podría suponer que el hierro emigra conjuntamente con la arcilla, pues los índices de arrastre son bastantes semejantes.

En la terrificación-caso de existir-no se produce el pase del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a formas insolubles pues si no aquella relación tendría que ser menor en los horizontes superficiales.

En la extracción con acetato amónico se puede ver que hay una acumulación muy fuerte de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre, y débil de  $\text{SiO}_2$  libre en el horizonte  $\text{H}_2$ . Esto supodria un lavado de ambos hacia la profundidad, pero mientras el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  permanece allí, bien sea como catión de cambio o adsorbido por la arcilla, la sílice lava y se pierde. De este modo los índices de arrastre son muy fuertes para el aluminio y practicamente nulo para la sílice. Esta fuerte acumulación de aluminio se manifiesta en las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ . También se puede ver en la  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  un lavado más fuerte de  $\text{SiO}_2$ .

El carbonato sódico extrae más aluminio que el acetato amónico cuando hay poco, y mucho menos cuando hay mucho. Se podría sugerir que el aluminio está como catión de cambio y adsorbido. El carbonato sódico tiene más poder de sustitución del aluminio de cambio y menor del adsorbido. Esta suposición ll varia a imaginar que la concentración de aluminio

en el horizonte inferior tiene lugar por una movilización como aluminio adsorbido.

Respecto a la sílice, los valores para la extracción con carbonato sódico son análogos a los obtenidos mediante la extracción con acetato amónico, pero con valor inverso en profundidad.

También con el extractante carbonato sódico se obtiene la misma tendencia de acumulación en el horizonte B<sub>2</sub> de aluminio frente a la sílice y hierro, así como la acumulación de éste frente a la sílice.

PERFIL F<sub>2</sub>

Localidad.-	Anzola cerca Mundacar (Viscaya)
Situación.-	Goicea (Camino particular)
Topografía.-	Fuertemente ondulada.
Vegetación.-	Pinos repoblados. Erica.
Material originario.-	Caliza.
Drenaje.-	Bueno.
Desarrollo del perfil.-	A/B/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 2	A <sub>00</sub>	Color 10 YR 2/2.
2 - 10	A <sub>1</sub>	Color 10 YR 3/4. Estructura gruesa muy desarrollada.
10 - 25	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Color 7,5 YR 4/4. Estructura poliédrica a granular, muy desarrollada.
25 - 40	B <sub>1</sub>	Color 7,5 YR 4/4. Estructura en poliedros que se deshacen en gránulos.
40 - 60	B <sub>21</sub>	Color 10 YR 5/6. Estructura muy desarrollada, angular, poliédrica.
60 - 80	B <sub>22</sub>	Color 10 YR 5/8. Estructura muy desarrollada, angular, en gránulos de 2 cms. desiguales. Consistencia débil porque húmeda en todo el perfil y permeabilidad buena también en todo el perfil.

Observaciones.- Los colores en estado húmedo. Conerecciones redondeadas principalmente en B<sub>21</sub>. Abundante coar

TABLA Nº 6

Hor.	<sup>pH</sup> H <sub>2</sub> O	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>0</sub>	6,95	6,20	-	7,28	0,262	16
A <sub>1</sub>	6,95	5,95	-	3,88	0,149	15
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,50	6,50	-	2,28	0,118	11
B <sub>1</sub>	7,70	6,45	-	1,59	0,093	10
B <sub>21</sub>	7,50	6,45	-	1,10	0,084	8
B <sub>22</sub>	7,65	6,70	†	0,72	0,073	6

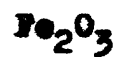
Hor.	Arc.	Limo	Ar.fina	Ar.gruesa	Ind.de arrast.
A <sub>0</sub>	22,2	24,9	39,2	3,9	
A <sub>1</sub>	23,7	26,9	40,5	3,8	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	32,0	26,5	35,6	2,8	
B <sub>1</sub>	39,1	23,9	29,4	4,3	1,7
B <sub>21</sub>	50,1	20,2	24,0	2,6	2,2
B <sub>22</sub>	64,0	16,7	14,3	0,6	2,8

TABLA Nº 7

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
A <sub>0</sub>	0,89	1	1,73	0,27
A <sub>1</sub>	0,87	1	1,64	0,28
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1,20	1	1,45	0,27
B <sub>1</sub>	1,63	1	1,41	0,24
B <sub>21</sub>	2,48	1	1,31	0,20
B <sub>22</sub>	3,83	1	0,89	0,17

TABLA Nr 8

Hor.	Ca meq/100 grs.100 g.	Mg meq/ g.	Na meq/ 100 g.	K meq/ 100 g.	S meq/ 100g.	T meq/ 100g.	V %
A <sub>0</sub>	9,3	2,5	0,23	0,11	12,1	21,2	57,0
A <sub>1</sub>	6,3	0,8	0,15	0,11	7,3	16,5	44,2
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	6,5	-	0,15	-	6,7	16,0	41,8
B <sub>1</sub>	7,3	-	0,15	-	7,5	16,2	46,2
B <sub>21</sub>	8,0	-	0,32	-	8,4	18,2	46,1
B <sub>22</sub>	12,3	-	0,32	-	12,6	22,0	57,2

TABLA Nr 9

Hor	Total%	Libre%	Libre/total %	Ind.de arr.
A <sub>0</sub>	4,029	3,938	97,7	
A <sub>1</sub>	4,851	4,389	90,4	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	6,180	5,538	89,6	
B <sub>1</sub>	8,305	6,587	79,3	1,6
B <sub>21</sub>	9,055	7,245	80,0	1,8
B <sub>22</sub>	10,555	9,288	87,9	2,3



Hor.	Libre (AcNH <sub>3</sub> )ppm
A <sub>0</sub>	72
A <sub>1</sub>	189
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	119
B <sub>1</sub>	166
B <sub>21</sub>	198
B <sub>22</sub>	156

Hor.	Libre (AcNH <sub>4</sub> )ppm
A <sub>0</sub>	315
A <sub>1</sub>	214
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	196
B <sub>1</sub>	221
B <sub>21</sub>	347
B <sub>22</sub>	566

TABLA Nº 10

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A <sub>0</sub>	4,3	8,0	546
A <sub>1</sub>	1,1	4,0	232
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1,6	3,5	465
B <sub>1</sub>	1,3	3,3	396
B <sub>21</sub>	1,7	4,7	365
B <sub>22</sub>	3,6	6,0	595

Suelo sobre caliza fuertemente desarrollado y descalcificado hasta una profundidad de 80 cms., con pH ligeramente ácido en la superficie.

La naturaleza de la vegetación dá lugar a una buena cantidad de materia orgánica en el horizonte superficial, con caracter ligeramente ácido y humificación media. El catión de cambio predominante es el Ca<sup>++</sup> pero el grado de saturación es bastante bajo.

Los valores del análisis mecánico indican una minución progresiva de elementos gruesos, arena y limo, con la profundidad a favor de un predominio de elementos fines, arcilla. El valor de las relaciones parecen indicar un fuerte ataque en profundidad o bien una eluviación muy acusada de arcilla que se correspondería con el índice de arrastre elevado para el horizonte B<sub>22</sub> que se convierte de este modo en un horizonte de acumulación de arcilla.

Para una capacidad de cambio de la materia orgánica de unos 300 meq/100 grs. salvo en el horizonte superior que sería menor, la arcilla tendría una capacidad de cambio de unos 25 meq./100 grs. o sea de naturaleza ilítica.

La cantidad de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total crece con la profundidad hasta alcanzar valores francamente altos. Paralelamente a ésto, aumenta la cantidad de hierro libre pues los valores de las razones Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total son bastantes semejantes con valores máximos en los horizontes superficiales, lo que podría suponer la pre-

sencia de compuestos hierro-materia orgánica.<sup>71</sup> Es de notar el alto valor de estas razones que indica que el hierro está casi totalmente al estado extraíble por los reactivos empleados. El índice de arrastre del hierro libre es casi paralelo al de la arcilla, lo que parece indicar una movilización conjunta.

Los valores de  $Al_2O_3$  libre obtenidos mediante extracción con  $AcNH_4$  son un poco irregulares. De todos modos parece que existe una tendencia a la acumulación en el horizonte  $B_{21}$  lo que indicaría que su movilización se para parcialmente aquí. En cambio en la sílice se lava más, acumulándose en el horizonte  $B_2$ . Esto se manifiesta en valores más altos para las razones  $SiO_2/Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$  en el horizonte  $B_2$ . La mayor movilización de la sílice frente al hierro se manifiesta asimismo en los valores de la razón  $SiO_2/Fe_2O_3$  para los horizontes  $B_{21}$  y  $B_{22}$  máximo para éste.

La sílice y el hierro deben por otra parte quedar parcialmente unidos a la materia orgánica en el horizonte superficial, y la sílice movilizarse después con más intensidad que el hierro.

PERFIL F<sub>3</sub>

**Fecha.-** 16 de Diciembre de 1.965.  
**Localidad.-** Murgia.  
**Situación.-** Canteras.  
**Topografía.-** Fuertemente inclinada.  
**Vegetación.-** Fagus silvática.  
**Material originario.-** Calizas metamórficas cretácicas.  
**Drenaje.-** Bueno.  
**Desarrollo del perfil.-** A/B/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 10	A <sub>0</sub>	Color 10 YR 3/4. Estructura gruesa muy desarrollada. Muchas raíces.
10 - 30	A <sub>1</sub>	Color 10 YR 4/2. Estructura menos gruesa.
30 - 50	B <sub>21</sub>	Color 10 YR 5/6. Estructura poliédrica muy desarrollada.
50 - 100	B <sub>22</sub>	Color 2,5 YR 5/4. Estructura platiforme que se desagrega en gránulos de 2 cms. muy subangulares. La consistencia débil y la permeabilidad buena en todo el perfil.

**Observaciones.-** Es una tierra fusca sobre la que se ha desarrollado una tierra parda. El perfil muestra mucho coating. El color en húmedo.

TABLA Nº 11

Hor.	pH		CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	MO%	N%	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl				
A <sub>0</sub>	7,35	6,85	tr.	7,96	0,483	10
A <sub>1</sub>	7,30	6,35	-	6,48	0,347	11
B <sub>21</sub>	7,50	6,55	-	2,21	0,140	9
B <sub>22</sub>	7,65	6,65	-	1,01	0,104	6

Hor.	Arc.	Limo	Ar.fina	Ar.grue.	Ind. arras.
A <sub>0</sub>	46,8	18,8	29,6	2,7	
A <sub>1</sub>	46,5	18,8	27,6	2,4	
B <sub>21</sub>	63,5	18,9	14,3	1,5	
B <sub>22</sub>	63,3	19,0	14,6	1,7	1,3

TABLA Nº 12

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
A <sub>0</sub>	2,48	1	1,71	0,19
A <sub>1</sub>	2,48	1	1,59	0,20
B <sub>21</sub>	3,35	1	0,83	0,19
B <sub>22</sub>	3,33	1	0,85	0,19

TABLA Nº 13

Hor	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			Ind. de arr.
	Total%	Libre%	Libre/tot.%	
A <sub>0</sub>	6,933	5,766	83,1	
A <sub>1</sub>	8,519	7,230	84,8	
B <sub>21</sub>	13,271	11,855	89,4	
B <sub>22</sub>	13,235	11,669	88,1	2,0

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

74

Hor.	Libre (AcNH <sub>4</sub> ) ppm	Libre (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) ppm	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.	
A <sub>0</sub>	35	49	1,4		
A <sub>1</sub>	35	55	1,5		
B <sub>21</sub>	138	58	0,4	3,9	1,2
B <sub>22</sub>	129	57	0,4	3,6	1,2

SiO<sub>2</sub>

Hor	Libre (AcNH <sub>4</sub> ) ppm	Libre (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) ppm	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.	
A <sub>0</sub>	368	579	1,5		
A <sub>1</sub>	287	451	1,5		
B <sub>21</sub>	513	281	0,5	1,3	0,4
B <sub>22</sub>	641	213	0,3	1,7	0,3

TABLA N<sup>o</sup> 14

Hor.	AcNH <sub>4</sub>			Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
A <sub>0</sub>	10,5	6,3	1.647	11,8	10,0	1176
A <sub>1</sub>	8,1	3,9	2065	8,2	6,2	1314
B <sub>21</sub>	3,7	4,3	859	4,8	2,3	2045
B <sub>22</sub>	4,9	5,5	901	3,7	1,8	2047

Suelo procedente de calizas metamórficas cretácicas totalmente descalcificado hasta una profundidad de 100 cms., con gran predominio de  $Ca^{++}$  en el complejo de cambio y un grado de saturación medio que se corresponde con el pH ligeramente ácido en KCl.

La cantidad de materia orgánica es elevada hasta una profundidad de 30 cms. para disminuir luego fuertemente con la profundidad. El grado de humificación es bueno y da origen a una estructura gruesa. La buena humificación puede provenir de la naturaleza de la vegetación.

El ataque químico es bastante intenso como se demuestra en la gran cantidad de arcilla existente en todo el perfil. La naturaleza de la roca madre hace que la cantidad de arena sea relativamente amplia pero el limo es bajo, lo que supone que se convierte en arcilla. En los horizontes superiores parte de la arena puede estar constituida por agrupación de partículas más pequeñas fuertemente cementadas en el proceso de terrificación y que se comportan como de mayor tamaño. El índice de arrastre no es elevado.

La capacidad de cambio parece indicar la presencia de illita y montmorillonita en la arcilla, sobre todo en los horizontes inferiores.

La cantidad de hierro total es alta y muy alta en los horizontes inferiores. Paralelamente a ella

transcurre la existencia de hierro libre ya que la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total es muy semejante en todos los horizontes, y muy alta, ligeramente superior en los horizontes inferiores, lo que indica una cierta movilización del hierro hacia la profundidad, como se demuestra por el índice de arrastre algo superior al de la arcilla. En la terrificación no se produce en gran extensión el pase del hierro a formas insolubles ya que si no aquella razón sería muy inferior en los horizontes superiores.

En la extracción con  $\text{AcNH}_4$  se puede ver una acumulación muy fuerte de aluminio y algo más débil de sílice en los horizontes inferiores. Esto supone un fuerte lavado de aluminio en profundidad, con índices de arrastre muy fuertes y más débil para la sílice que se acumula más en el horizonte más inferior y en parte se lava. Esta fuerte acumulación de aluminio se manifiesta en las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ . También se puede ver en la  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  un más fuerte lavado de  $\text{SiO}_2$ , sobre todo en el horizonte  $A_1$ .

El  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  extrae más aluminio cuando hay poco y menos cuando hay mucho. La explicación podría ser la misma que en el perfil  $F_1$ .

Respecto a la sílice los valores para la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son análogos a los obtenidos con  $\text{AcNH}_4$  pero con valor inverso en profundidad.

Con el extractante  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  se pone de manifiesto la acumulación de aluminio y hierro frente a

a la sílice, pero en este caso también la acumulación de hierro frente al aluminio en los horizontes inferiores.

CARACTERISTICAS DE LAS TRES TERRAS FUSCAS.-

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
Prof. del perfil en cms.	75	80	100

Suelos muy profundos de gran desarrollo, con estructura grumosa que pasa a poliédrica en profundidad. Buena estructura y buena permeabilidad a pesar de ser suelos con fuerte cantidad de arcilla. Consistencia media a débil. Todos presentan coating en los horizontes inferiores.

pH ligeramente alcalino en H<sub>2</sub>O y ligeramente ácido en KCl. Descalcificación total en todo el perfil. Complejo de cambio con Ca<sup>++</sup> como catión predominante y casi exclusivo. Índice de saturación media

Materia orgánica abundante en los horizontes superiores con grado de humificación que va desde bastante malo en F<sub>1</sub> hasta bueno F<sub>3</sub>.

Todos son fuertemente arcillosos sobre todo en los horizontes inferiores con valores de 65-70% de arcilla. Los valores del limo calculados como se indica parecen dar cuenta que el perfil con mayor ataque químico es el F<sub>3</sub>, o también que la terrificación es menor, ya que tiene también menor cantidad total de limo. Los valores de arcilla/limo son altos y muy análogos en los tres perfiles, en los horizontes inferiores. Hay que notar la pequeña cantidad de arena en el Perfil F<sub>1</sub> y en todos ellos que

la cantidad de arena gruesa es muy pequeña.

La cantidad de hierro total es alta y crece con la profundidad llegando a tener valores muy elevados en  $F_3$  (13%). En todos ellos, paralelamente con la cantidad de hierro total varía el hierro libre pues la razón  $Fe_2O_3$  libre/ $Fe_2O_3$  total es análoga en todos los horizontes. Hay que hacer notar que los valores para esta razón son diferentes según los suelos aunque siempre altos

	$F_1$	$F_2$	$F_3$
$Fe_2O_3$ libre/ $Fe_2O_3$ total %	61,3	87,5	86,3

dados los valores del limo se podría suponer que el hierro en esta fracción era más insoluble que en la arcilla, y de ahí el menor valor para  $F_1$ . Salvo en el  $F_2$  con un valor excepcionalmente alto en los horizontes superiores no parece que la relación vaya influida por la materia orgánica y parece más probable que el hierro libre vaya asociado a la fracción fina como se deduce de la analogía de índices de arrastre para la arcilla y el hierro libre.

Los valores de  $Al_2O_3$  libre, obtenidos con el extractante  $AcNH_4$  indican una acumulación fuerte en el horizonte  $B_2$  sobre todo al producirse una fuerte acumulación de arcilla. La movilización del aluminio queda en parte frenada dentro de estos horizontes muy arcillosos. Existe por otra parte una movilización general en profundidad ya que los valores van aumentando progresivamente con ésta.

Los valores de  $SiO_2$  extraídos con  $AcNH_4$  son más

uniformes a lo largo del perfil, pero existe la tendencia a ser mayores en profundidad con ligera acumulación en los horizontes inferiores. La diferencia con el aluminio se puede poner de manifiesto en los índices de arrastre

	$F_1$	$F_2$	$F_3$
Ind. de arr. $Al_2O_3$	4,9	2,7	3,9
" " $SiO_2$	1,1	1,8	1,7

parece pues que mientras que el aluminio se moviliza más y queda retenido en mayor proporción en los horizontes arcillosos, la sílice se distribuye a lo largo del perfil y finalmente se lava sin una gran acumulación. Los valores absolutos de  $SiO_2$  libre son superiores a los de aluminio libre.

La distinta movilización del aluminio libre frente a la sílice libre se pone de manifiesto por la razón  $SiO_2/Al_2O_3$  que disminuye con la profundidad. Únicamente cuando existen dos horizontes  $B_2$  fuertemente arcillosos, el aluminio libre se detiene más que la sílice libre y la razón sube en el horizonte inferior

La razón  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  libres, que disminuye con la profundidad indica una mayor movilización del aluminio. También aquí resulta que la razón presenta un valor menor cuando hay dos horizontes  $B_2$  arcillosos, en el primero de ellos, lo que supone que el aluminio queda más inmovilizado que el hierro.

La extracción de aluminio libre con  $Na_2CO_3$  sigue en líneas generales las mismas características que con  $AcNH_4$ , es decir, aumenta con la profundidad

con valores más análogos e índices de arrastre pequeños. Los valores absolutos obtenidos son mayores para el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  cuando no existe poco aluminio libre, y menores cuando existe mayor cantidad de aluminio libre, es decir, en los horizontes  $B_2$  como se pone de manifiesto por la razón  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{AlNH}_4$ . Puede suponerse que el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es capaz de desplazar mayor cantidad de aluminio de cambio y menos adsorbido.

Para la sílice libre, la cantidad extraída por el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  disminuye con la profundidad, pero también resulta que el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  extrae más que el  $\text{AcNH}_4$  cuando hay menos sílice libre, y menos en los horizontes  $B_2$ .

Los valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres, descienden con la profundidad usando como extractante el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  aestrando la acumulación de aluminio. En cambio la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres, aumentan con la profundidad al disminuir la extractabilidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libres con este extractante.

Los valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  libres, tienden con ambos extractantes a disminuir con la profundidad, con una ligera elevación del valor en el caso del  $\text{AcNH}_4$  en los horizontes  $B_2$  cuando hay más de uno en el más inferior. En el caso del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hay siempre una disminución de la razón por la profundidad.

TERRA ROSSA

PERFIL M-X

Fecha.- 10 de Julio de 1.964  
 Localidad.- Olmeda de la Cebolla  
 Situación.- En la carretera al límite provin-  
 cial, Km. 7,5  
 Topografía.- Lomas survas con llanadas interme-  
 dias.  
 Vegetación.- Quercus y matorral abundante  
 Agricultura.- Cereal secano  
 Material originario.- Calizas Pontienenses  
 Desarrollo del perfil.- B<sub>1</sub>/B<sub>2</sub>/C

Horizonte	Descripción
B <sub>1</sub>	Es una terra rossa que se terrifi- có y perdió el color típico por enpardecimiento.
B <sub>2</sub>	Suele original de terra rossa, obte- nido de las fisuras y esquedades de la roca caliza pontiense.

Observaciones.- En las lomas abunda la pedregosi-  
 dad, pudiendo considerarse como fa-  
 se superficial y pedregosa. Las lla-  
 nadas con más profundidad de suelo  
 aunque variable y menos pedregosi-  
 dad, piedras que en parte han sido  
 retiradas por el hombre.

TABLA Nº 15

Hor.	H <sub>2</sub> O	<sup>-pH</sup> KCl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
1	7.70	6.55	-	1.36	0.061	10
2	7.70	6.60	-	1.97	0.114	10

Hor.	Arc.	Limo	Ar.fina	Ar.gruesa	Ind.de arrest.
1	24.4	18.2	54.6	3.1	
2	39.6	16.1	39.9	3.3	

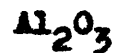
TABLA Nº 16

Hor.	Arcilla	;	Limo	;	Arena	Limo
1	1.34		1		4.83	0.13
2	2.45		1		2.68	0.16

TABLA Nº 17



Hor.	Total%	Libre%	Libre/tot.%
1	3.256	1.736	53.3
2	4.194	2.513	59.9



Hor.	(AsNH <sub>4</sub> )ppm Libre	(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )ppm Libre	<u>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></u> AsNH <sub>4</sub>
1	106	41	0.4
2	135	38	0.3

SiO<sub>2</sub>

Hor.	(AcNH <sub>4</sub> )ppm	(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )ppm	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
	Libre	Libre	
1	532	477	0,9
2	596	379	0,6

TABLA Nº 18

Hor.	AcNH <sub>4</sub>			Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
1	5,0	30,6	163	11,6	27,4	423
2	4,4	23,7	186	9,9	15,0	661

PERFIL M - X

Esto no es un perfil, sino dos tomas de tierra resaca, una (nº 1) más superficial y la otra (nº 2) obtenida en las fisuras de las rocas, con objeto de estudiar el comportamiento de los geles en la terrificación de la misma.

Ambas están perfectamente descarboxiladas y tienen el mismo pH. Abundancia de materia orgánica y bien humificada C/N = 10 en las dos muestras.

Hay mayor cantidad de arcilla en la nº 2, como mismo de hierro.

La razón Fe libre/Fe total es también mayor en la nº 2 ofreciendo por tanto la muestra nº 2, no solo una mayor riqueza en hierro, sino también una mayor liberación, <sup>bien es</sup> ~~sino~~ muy diferente.

También la porción de  $Al_2O_3$  extraída con  $AcNH_4$  es mayor en la muestra nº 2; no así la extraída con  $Na_2CO_3$  que es ligeramente inferior.

Exactamente lo mismo ocurre con la  $SiO_2$ , o sea, mayor cantidad de sílice extraída con  $AcNH_4$  en la muestra nº 2 y menor en la extraída por  $Na_2CO_3$ .

Las razones  $SiO_2/Al_2O_3$  y  $SiO_2/Fe_2O_3$  son menores en la muestra nº 2 y  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  por el contrario es mayor; es decir, que dado que los valores de  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  y  $SiO_2$  disminuyen con la terrificación al ser menor  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  y mayores las otras dos relaciones, podemos decir que en la terrificación han disminuido la cantidad de óxidos libres sobre todo  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$  y  $SiO_2$  en este orden.

Todo ésto es válido para las perciones extraídas con  $\text{AcNH}_4$ . Las extraídas con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son en cambio mayores en la muestra terrificada, pero las relaciones siguen la misma marcha.

El proceso, pues, se puede suponer del siguiente modo: Se liberan sílice, aluminio y hierro al estado libre. En la terrificación el hierro es el que más pasa a la forma no libre frente a sílice y aluminio que quedan en mayor extensión. De todos modos existe asimismo el paso a formas no libres con mayor intensidad en la sílice que en el aluminio.

Simultáneamente en el proceso se destruye en parte la materia orgánica y se producen partículas más gruesas.

PERFIL C - V

Fecha.- 24 de Junio de 1.965  
 Localidad.- Granada.  
 Situación.- Puerto de Segri.  
 Topografía.- Ondulada 5%.  
 Vegetación.- Matorral, de Quercus Ilex.  
 Material originario.- Caliza.  
 Drenaje.- Bueno.  
 Desarrollo del perfil.-  $A_0/B_1/B_2/C$ .

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 5	$A_0$	Color 5 YR 4/4. Materia orgánica regular. Estructura migajosa muy desarrollada, de consistencia débil. Permeabilidad buena. Gran actividad biológica.
5 - 25	$B_1$	Color 5 YR 4/6. Estructura granular bastante desarrollada. Consistencia media, permeabilidad buena.
25 - 50	$B_2$	Color 2,5 YR 4/6. Estructura polidrica muy desarrollada. Consistencia media y buena permeabilidad. Mucho coating.
más de 50	C	Caliza.

Observaciones.- Suelo muy erosionado. El  $B_1$  es un horizonte de transición entre el A y el B y (e) el horizonte de terrificación actual. Las raíces penetran bien, y hay manchas en el A, menos en el  $B_1$  y aún menos en el  $B_2$ .

TABLA Nº 19

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-pH</sup>	KCL	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>0</sub>	7,15	6,45	-	14,00	0,554	14
B <sub>1</sub>	7,15	6,00	-	5,98	0,293	11
B <sub>2</sub>	7,10	5,60	-	1,45	0,262	3

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Ar.gr.	Ind.de arrast.
A <sub>0</sub>	39,30	29,35	20,29	1,20	
B <sub>1</sub>	46,60	25,40	23,21	0,69	1,1
B <sub>2</sub>	84,75	7,25	4,02	0,17	2,1

TABLA Nº 20

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
A <sub>0</sub>	1,33	1	0,73	0,32
B <sub>1</sub>	1,82	1	0,93	0,26
B <sub>2</sub>	11,69	1	0,57	0,07

TABLA Nº 21

Hor.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	T	V
A <sub>0</sub>	21,3	2,47	0,02	0,57	24,36	34,0	71,6
B <sub>1</sub>	12,8	0,77	0,02	0,36	13,95	25,0	55,8
B <sub>2</sub>	12,3	-	0,02	0,11	12,43	27,0	46,0

TABLA N° 22

$Fe_2O_3$				
Hor.	Libre%	Total%	Libre/% total	Ind.de arrast total
A <sub>0</sub>	4,824	6,73	71,6	
B <sub>1</sub>	5,39	7,59	71,0	1,1
B <sub>2</sub>	6,49	9,05	71,6	1,3

$Al_2O_3$				
Hor.	Libre (AcNH <sub>4</sub> )ppm	Total%	Libre/ % total	Ind.de arr.
A <sub>0</sub>	23	11,49	0,020	
B <sub>1</sub>	94	12,38	0,075	4,0
B <sub>2</sub>	461	20,00	0,230	20,0

$SiO_2$				
Hor.	Libre (AcNH <sub>4</sub> )ppm	Total%	Libre%/ total	Ind.de arr.
A <sub>0</sub>	377	47,98	0,078	
B <sub>1</sub>	351	55,38	0,063	0,9
B <sub>2</sub>	406	46,00	0,088	1,0

TABLA Nº 23 $Al_2O_3$ 

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/% total	Ind.de arrast.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
A <sub>0</sub>	28	0,024		1,2
B <sub>1</sub>	30	0,024	1,0	0,3
B <sub>2</sub>	31	0,015	1,1	0,06

 $SiO_2$ 

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/% total	Ind.de arrast.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
A <sub>0</sub>	1073	0,223		2,8
B <sub>1</sub>	1103	0,200	1,0	3,1
B <sub>2</sub>	1107	0,240	1,0	2,7

TABLA Nº 24Con  $AcNH_4$ 

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
A <sub>0</sub>	16,0	7,8	2097
B <sub>1</sub>	3,6	6,4	573
B <sub>2</sub>	0,8	6,2	140

Con  $Na_2CO_3$ 

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
A <sub>0</sub>	38,3	22,2	1722
B <sub>1</sub>	36,7	20,4	1796
B <sub>2</sub>	35,7	17,0	2095

PERFIL C - V

Suelo sobre roca caliza, con un intenso ataque químico, si bien de no mucha profundidad como se puede ver en la gran cantidad de arcilla del horizonte  $B_2$ , muy poco limo y arena, y un valor muy bajo para el limo. Posteriormente ha sufrido un proceso de rificación que se traduce en un aumento de las fracciones más gruesas frente a la arcilla. La descalcificación es total en todo el perfil.

La vegetación da lugar a una gran cantidad de materia orgánica que disminuye en profundidad y con un grado de humificación mediano. El grado de saturación es bastante alto en el horizonte superior y bajo en el  $B_2$ , siendo el catión de cambio predominate el  $Ca^{++}$ . Los valores de la capacidad de cambio parecen indicar un valor relativamente bajo para la arcilla, lo que hace suponer su naturaleza en parte caolinitica, demostrada por el microscopio electrónico.

La existencia de hierro libre es alta (71%). Corren paralelos la cantidad de hierro total y la de hierro libre.

Los valores obtenidos para el  $Al_2O_3$  libre con el  $AcNH_4$  indican que existe pequeña cantidad frente a  $Al_2O_3$  total, pero que hay una acumulación decidida en el horizonte  $B_2$  tanto en cantidad absoluta como en % del total. El índice de arrastre es extraordinariamente fuerte, por lo que se podría pensar

que más que en una movilización tan grande en parte es debido a una separación in situ.

La  $\text{SiO}_2$  libre extraída con  $\text{AcNH}_4$  supone también un porcentaje muy pequeño del total, pero los valores en cantidad absoluta son bastantes grande. Existe una ligera acumulación en profundidad.

La acumulación del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en profundidad se pone muy claramente de manifiesto en los valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres, con una disminución muy acusada en el horizonte  $B_2$ . También se pone de manifiesto la acumulación progresiva de hierro libre en profundidad frente a la sílice.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son mucho más análogos en los tres horizontes aunque indican ligera acumulación en el  $B_2$ . Tienen análogo valor que los de  $\text{AcNH}_4$  cuando hay poco  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre y son mucho menores cuando hay mucho. Respecto a la sílice los valores son muy análogos entre sí con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y mayores que los que se obtienen con  $\text{AcNH}_4$ .

Se puede notar que según los valores obtenidos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hay ligera acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  frente a la sílice, pero no se presenta ésta para el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  frente al  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , al aumentar la profundidad.

La comparación con la terra rossa anterior dice que la terrificación en este caso es mucho menos acusada.

**SUELOS BOJOS**

**Fecha.-** 21 de Junio de 1.965  
**Situación.-** Km.142,890 dcha.Ca Toledo a C. Real.  
**Topografía.-** Suavemente ondulada.  
**Vegetación.-** Quercus Ilex.  
**Agricultura.-** Cereal.  
**Material originario.-** Pisarras.  
**Drenaje.-** Externo, bueno; interno, regular.  
**Desarrollo del perfil.-** B<sub>11</sub>/B<sub>12</sub>/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 15	Ap	10 Color 10 YR 6/3. Poca materia orgánica y pocas féces. Estructura areno-limosa. Estructura maza poco desarrollada. Consistencia de media a débil. Permeabilidad rápida. Algunas piedras no rodadas. Poca actividad biológica. Transición abrupta al horizonte siguiente.
15 - 30	B <sub>11</sub>	Color 10 YR 6/3. Materia orgánica escasa. Miana textura que el anterior. Estructura poliedrica en bloques subangulares medio desarrollada, de consistencia media. Permeabilidad rápida. Concrecciones ferruginosas. Piedras no rodadas, pocas

cuarcitas. Poca actividad biológica. Transición gradual al horizonte siguiente.

30-50 B<sub>21</sub>

Mismas características que el anterior. Transición difusa e irregular.

50-100 B<sub>22</sub>

Color 2,5 YR 4/6. Escasa materia orgánica. Textura limo-arcillosa. Estructura prismática de gran desarrollo. Poca consistencia. Permeabilidad de lenta a media. Coating o granos de cuarzo pequeños, alguna concreción y alguna piedra.

100-130 B<sub>22</sub>/

Estructura Mojosa de consistencia débil

C<sub>1</sub>

Es la pizarra muy descompuesta con rubefacción. Tiene más de C que de B.

130-150 C<sub>1</sub>

Es la pizarra menos descompuesta.

Observaciones.-No existe horizontes de humus. Es un suelo muy seco en superficie.

TABLA Nº 25

Hor.	pH		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N%
	H <sub>2</sub> O	KCl				
Ap	6,35	5,45	-	1,69	0,084	11
B <sub>11</sub>	6,30	5,00	-	1,10	0,073	8
B <sub>21</sub>	6,05	4,95	-	0,64	0,054	6
B <sub>22</sub>	6,60	5,30	-	0,43	0,030	6
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	6,75	4,55	-	0,17	0,029	3
C <sub>1</sub>	6,65	4,65	-	0,21	0,026	4

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Ar.grue.	Ind. arr.
Ap	12,05	28,05	47,69	12,29	
B <sub>11</sub>	11,05	26,10	50,15	12,97	
B <sub>21</sub>	22,90	30,00	39,12	9,07	1,9
B <sub>22</sub>	44,85	30,80	21,11	3,62	3,7
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	27,00	42,15	28,69	0,81	
C <sub>1</sub>	24,90	39,30	33,00	1,51	

TABLA Nº 26

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
Ap	0,40	1	2,13	0,3
B <sub>11</sub>	0,44	1	2,41	0,25
B <sub>21</sub>	0,76	1	1,60	0,3
B <sub>22</sub>	1,45	1	0,80	0,3
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	0,64	1	0,70	0,4
C <sub>1</sub>	0,63	1	0,87	0,4

**Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Hor.	Libre%	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
Ap	4,18	5,55	75,4	
B <sub>11</sub>	4,33	5,84	74,1	
B <sub>21</sub>	4,20	6,26	67,1	1,0
B <sub>22</sub>	5,33	8,20	65,0	1,2
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	4,74	7,75	61,1	
C <sub>1</sub>	3,56	5,60	63,5	

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>3</sub> )	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
Ap	56	10,45	0,053	
B <sub>11</sub>	73	10,04	0,072	
B <sub>21</sub>	84	13,25	0,063	1,5
B <sub>22</sub>	196	12,13	0,161	3,5
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	96	12,13	0,079	
C <sub>1</sub>	71	17,74	0,040	

**SiO<sub>2</sub>**

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>3</sub> )	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
Ap	117	75,70	0,015	
B <sub>11</sub>	76	76,25	0,010	
B <sub>21</sub>	123	68,34	0,017	1,0
B <sub>22</sub>	252	58,78	0,042	2,1
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	183	58,18	0,031	
C <sub>1</sub>	145	60,55	0,023	

TABLA Nº 28 $Al_2O_3$ 

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/ total %	Ind.de arrast	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
Ap	147	0,140		2,6
B <sub>11</sub>	155	0,154		2,1
B <sub>21</sub>	124	0,093	0,8	1,4
B <sub>22</sub>	137	0,112	0,9	0,7
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	121	0,100		1,2
C <sub>1</sub>	128	0,072		1,8

 $SiO_2$ 

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/ total %	Ind.de arrast.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
Ap	466	0,061		3,9
B <sub>11</sub>	451	0,059		5,9
B <sub>21</sub>	413	0,060	0,8	3,3
B <sub>22</sub>	347	0,059	0,7	1,3
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	443	0,076		2,4
C <sub>1</sub>	515	0,085		3,5

TABLA Nº 29Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	2,0	2,8	748
B <sub>11</sub>	1,0	1,6	593
B <sub>21</sub>	1,4	2,8	500
B <sub>22</sub>	1,2	4,6	272
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	1,8	4,2	493
C <sub>1</sub>	2,0	4,0	501

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	3,1	11,1	284
B <sub>11</sub>	2,9	10,4	279
B <sub>21</sub>	3,3	9,8	338
B <sub>22</sub>	2,5	6,5	399
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	3,6	9,3	391
C <sub>1</sub>	4,0	14,4	278

PERFIL C - I

Suelo rojo, desarrollado sobre pizarra, que ha sufrido un empardamiento en los horizontes superiores, en el clima actual. El pH es ligeramente ácido y la materia orgánica, escasa y disminuyendo en profundidad, está bien humificada.

Existe una fuerte acumulación de arcilla en el horizonte B<sub>22</sub> que puede ser en parte debida a una eluviación, pero que parece más probable que sea una acumulación relativa. En el proceso de empardamiento se produce una coagulación de óxidos de hierro que pueden cementar partículas de menor tamaño y de este modo disminuir la proporción relativa de arcilla. Por otra parte, en los horizontes superficiales pueden haber tenido lugar un aporte externo de partículas de mayor tamaño. La proporción de limo es alta lo que indica fuerte desintegración física favorecida por la naturaleza del material original.

La capacidad de cambio es baja, debido a la pequeña cantidad de materia orgánica y en la naturaleza de la arcilla<sup>es</sup> predominantemente caolinitica. En profundidad aumenta por la mayor cantidad de arcilla y la posible presencia de montmorillonita, si bien en escasa cantidad. El suelo, de acuerdo con su pH, está medianamente saturado.

La cantidad de hierro total aumenta en profundidad hasta el horizonte B<sub>22</sub> para después disminuir

De todos modos el material original contiene bastante cantidad de hierro, menos extraíble que en los horizontes del suelo. La cantidad de hierro libre varía casi paralelamente con la de hierro total acusándose un ligero aumento en la extraíbilidad en aquellos horizontes en los que se ha producido un empardamiento. El hierro es poco móvil pues el índice de arrastre es poco acusado.

La extracción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con  $\text{AcNH}_4$  indica una fuerte acumulación en el horizonte  $\text{B}_{22}$  con un índice de arrastre fuerte. De todos modos la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre frente al total es pequeña pero sigue la misma marcha que el extraíble; es indudable la acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en el horizonte  $\text{B}_{22}$ .

Lo mismo sucede para la  $\text{SiO}_2$  extraída con  $\text{AcNH}_4$  y los valores de sílice libre son muy bajos frente a la sílice total. Debido a ésto, las razones  $\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre son bajas en este perfil y presenta un mínimo en el horizonte  $\text{B}_{22}$  lo que supone un mayor empardamiento en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Esto puede ser debido a un mayor lavado de  $\text{SiO}_2$  ya que la cantidad de sílice libre en los horizontes  $\text{B}_{22}/\text{C}_1$  y  $\text{C}_1$  es mayor en estos horizontes que en los anteriores con la exclusión del  $\text{B}_{22}$ .

Parece pues, como si la sílice se lavase en todo el perfil y se produjera una ligera acumulación en el horizonte  $\text{B}_{22}$ .

La inmovilización del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  se manifiesta en el valor más alto, en el horizonte  $\text{B}_{22}$ , para la

$\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre, y en la fuerte disminución que se produce en este horizonte para la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres.

La extracción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dá valores más análogos en todo el perfil y superiores a la extracción con  $\text{AcNH}_4$ , con excepción del horizonte  $B_{22}$ . Por eso con este extractante no se pone de manifiesto la acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en dicho horizonte. Para la  $\text{SiO}_2$  libre, los valores hallados mediante la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son también mayores que con  $\text{AcNH}_4$  y más iguales entre sí; tampoco se pone de manifiesto acumulación de sílice libre, sino más bien lo contrario. De todos modos, también para este extractante la razón  $\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre, es mínima en el horizonte  $B_{22}$ . Sin embargo los valores para las otras razones tienen signo inverso a las obtenidas con  $\text{AcNH}_4$ .

PERFIL C - II

Fecha.- 22 de Junio de 1.965  
 Localidad.- Santa Cruz de Mudela.  
 Situación.- Km.225, cerca de Carilla  
 Topografía.- Ondulada 10%.  
 Vegetación.- Matorral de coscoja y otras.  
 Agricultura.- Cereal.  
 Material originario.-Precedente de alteración de  
 pizarras.  
 Drenaje.- Externo, bueno, interno, regular.  
 Desarrollo del perfil.--(A)/B<sub>11</sub>/B<sub>21</sub>/B<sub>22</sub>/B<sub>23</sub>/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 15	B <sub>11</sub>	Color 7,5 YR 5/4. Materia orgánica regular. Estructura poliédrica subangular. Consistencia media. Permeabilidad buena. Horizonte B <sub>1</sub> de una TP actual. No gran actividad biológica.
15 - 30	B <sub>21</sub>	Color 5 YR 4/4. Textura limosa. Estructura prismática que se deshace en poliedros muy de llados. Consistencia fuerte de permeabilidad media. Horizonte de Lehm. Coating.
30 - 70	B <sub>22</sub>	Color 5 YR 4/6. Textura y estructura igual al anterior, asimismo la consistencia y la permeabilidad. Coating. Raíces

entre la unidades estructurales. Horizonte muy argílico de fuerte descomposición química.

70 - 100  $B_{2Ca}$

Color abigarrado. Estructura muy desarrollada, granulada. Consistencia media. Buena permeabilidad. Horizonte riquísimo en nódulos de  $CaCO_3$  con piedras poco rodadas de cuarcita.

100-150  $B_{2Ca}/C_1$

Color abigarrado. Estructura granular de consistencia media. Buena permeabilidad.

Más de 150  $C_1$

Observaciones.- El  $B_{2Ca}$  y  $B_{2Ca}/C_1$  es la pizarra descompuesta quedá lehm rojo y nódulos calizos. En el  $B_{2Ca}/C_1$  se observa ya la pizarra algo alterada.

TABLA Nº 30

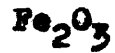
Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>m</sup>	MO%	N%	C/N
B <sub>11</sub>	6,65	5,45	-	3,29	0,147	13
B <sub>21</sub>	6,60	5,30	-	1,00	0,070	8
B <sub>22</sub>	7,35	6,25	-	0,74	0,076	5
B <sub>2Ca</sub>	7,85	6,80	16,4	0,53	0,063	4
B <sub>2Ca</sub> / C <sub>1</sub>	8,00	6,90	36,4	0,24	0,038	3

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arrast.
B <sub>11</sub>	24,55	10,62	50,07	12,01	
B <sub>21</sub>	59,25	7,12	26,40	6,10	2,4
B <sub>22</sub>	82,15	3,55	9,47	3,06	3,4
B <sub>2Ca</sub>	40,00	18,50	14,89	2,30	
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	24,60	14,70	11,20	6,50	

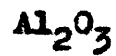
Datos obtenidos con destrucción de carbonatos.-

TABLA Nº 31

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
B <sub>11</sub>	2,3		1		5,8	0,11
B <sub>21</sub>	8,3		1		4,5	0,07
B <sub>22</sub>	23,1		1		3,5	0,03

TABLA Nº 32

Hor.	Libre%	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
B <sub>11</sub>	3,64	5,21	69,9	
B <sub>21</sub>	6,08	8,11	75,0	1,6
B <sub>22</sub>	7,29	9,71	75,0	2,0
B <sub>2Ca</sub>	6,22	8,03	77,5	
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	2,86	4,06	70,4	



Hor.	Libreppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
B <sub>11</sub>	39	10,29	0,037	
B <sub>21</sub>	92	18,76	0,049	2,3
B <sub>22</sub>	245	20,26	0,120	6,2
B <sub>2Ca</sub>	62	19,75	0,031	
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	30	14,63	0,020	



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre total %	Ind.de arr.
B <sub>11</sub>	181	71,32	0,025	
B <sub>21</sub>	321	60,30	0,053	1,7
B <sub>22</sub>	492	45,70	0,107	2,7
B <sub>2Ca</sub>	313	37,62	0,083	
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	199	28,92	0,067	

TABLA N<sup>o</sup> 33

Hor.	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Libre/ total <sup>o</sup>	Ind.de arrast.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
B <sub>11</sub>	129	0,125		3,3
B <sub>21</sub>	113	0,060	0,8	1,2
B <sub>22</sub>	113	0,055	0,8	0,4
B <sub>2Ca</sub>	109	0,055		1,7
B <sub>2Ca/C<sub>1</sub></sub>	102	0,059		3,4

SiO<sub>2</sub>

B <sub>11</sub>	328	0,045		1,8
B <sub>21</sub>	277	0,045	0,8	0,8
B <sub>22</sub>	268	0,058	0,8	0,5
B <sub>2Ca</sub>	381	0,101		1,2
B <sub>2Ca/C<sub>1</sub></sub>	264	0,091		1,3

TABLA N<sup>o</sup> 34Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Libre	Libre	Libre
B <sub>11</sub>	4,6	5,0	934
B <sub>21</sub>	3,4	5,2	661
B <sub>22</sub>	2,0	6,6	297
B <sub>2Ca</sub>	5,0	5,0	1.004
B <sub>2Ca/C<sub>1</sub></sub>	6,4	7,0	953

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
B <sub>11</sub>	.25	9,0	282
B <sub>21</sub>	2,4	4,5	538
B <sub>22</sub>	2,3	3,6	644
B <sub>2Ca</sub>	3,5	6,1	571
B <sub>2Ca/C<sub>1</sub></sub>	2,5	9,2	280

PERFIL C - II

Suelo rojo desarrollado sobre pizarra, con dante contenido en calcio, que ha dado origen a la formación de un horizonte con nódulos muy abundantes de  $\text{CaCO}_3$ . El suelo ha sufrido una descalcificación y un enpardecimiento en los horizontes superiores.

La intensidad del ataque químico se traduce en la gran cantidad de arcilla del horizonte  $B_{22}$  y la pequeña cantidad de limo. La cantidad de arena aumenta considerablemente en los horizontes superiores, en parte como consecuencia del enpardecimiento y en parte por agentes externos. La saturación es media, principalmente con calcio, salvo en los horizontes inferiores en que acusa valores muy altos. La capacidad de cambio está de acuerdo con la cantidad de arcilla.

Existe una gran cantidad de hierro total que se acumula por lavado de otras sustancias ya que hay una disminución fuerte en el horizonte inferior. La cantidad de hierro libre varía paralelamente con la de hierro total y existe una distribución bastante homogénea en todo el perfil.

La extracción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre con  $\text{AcNH}_4$  indica una fuerte acumulación del mismo en el horizonte  $B_{22}$ , si bien los valores frente al total son bastantes pequeños, pero indican asimismo fuerte acumulación en dicho horizonte.

Lo mismo sucede para la  $\text{SiO}_2$  libre y relación con el total. El lavado de  $\text{SiO}_2$  viene posteriormente frenado en el horizonte  $\text{B}_2\text{Ca}$  por la presencia de  $\text{CaCO}_3$ .

La acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  frente a la  $\text{SiO}_2$  y al hierro, en el horizonte  $\text{B}_{22}$  se pone de manifiesto por los valores mínimos de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  en este horizonte; en cambio alcanza un máximo la razón  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  lo que sugiere la inmovilización del hierro y acumulación de  $\text{SiO}_2$ .

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre, resultante de la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son muy análogos en todo el perfil y superiores a los de  $\text{AcNH}_4$  salvo en el horizonte de acumulación  $\text{B}_{22}$ . Por este método no se manifiesta acumulación alguna. Lo mismo sucede para la  $\text{SiO}_2$  con un mínimo para el horizonte  $\text{B}_{22}$ . De todas formas y como en el perfil anterior se presenta un mínimo para la razón  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres en el horizonte  $\text{B}_{22}$ . Los valores para las razones  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  con este extractante, tienen signo inverso a los obtenidos con  $\text{AcNH}_4$ .

PERFIL C - IV

Fecha.- 5 de Junio de 1.965  
 Localidad.- Almagro (C.Real)  
 Situación.- Km.26 Ca C.Real-Valdepeñas.  
 Topografía.- Llano.  
 Agricultura.- Olivar  
 Material originario.-Costras salizas y depósitos  
 detríticos Miocenos.  
 Drenaje.- Bueno.  
 Desarrollo del perfil.-Ap/B/Ca/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 30	Ap	Color 5 YR 4/6. Estructura poco desarrollada. Terraza artificial apelmazada. Consistencia débil. Permeabilidad buena. Algunas pi dras.
30 - 65	B	Color 10 R 3/4. Estructura polie- drica muy desarrollada. Coating. Consistencia media. Permeabilidad buena. Transiciones muy abruptas. Masivo cereabrillo hacia bajo.
65 - 90	Ca	
Más de 90	D	

Observaciones.-El Ap es independiente del B. El D es  
 un depósito arenoso.

TABLA Nº 35

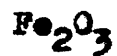
Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	MO%	N%	C/N
Ap	7,85	7,00	tr.	<del>0,90</del> 1,21	0,082	8
B	7,75	6,80	tr.	0,90	0,081	6
Ca						
D	8,00	6,90	38,6	0,40	0,026	8

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arrast.
Ap	27,00	11,80	49,32	10,95	
B	52,30	11,30	27,51	8,48	1,9
Ca					
D	19,70	10,25	15,15	12,75	

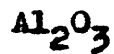
(Con destrucción de carbonatos)

TABLA Nº 36

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
Ap	2,3		1		5,1	0,11
B	4,6		1		3,1	0,11

TABLA Nº 37

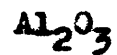
Hor.	Libre%	Total%	Libre total%	Ind.de arrest.
Ap	2,76	4,20	65,6	
B	4,39	6,50	67,5	1,5
Ca		1,40		
D	2,20	4,20	52,4	



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre total%	Ind.de arrest.
Ap	214	7,39	0,289	
B	431	15,57	0,276	2,0
Ca		2,67		
D	76	7,18	0,105	



Ap	667	75,00	0,088	
B	684	61,90	0,113	1,0
Ca		11,90		
D	511	36,40	0,140	

TABLA N° 38

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre % total	Ind. de arret.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
Ap	28	0,037		0,1
B	27	0,017	1,0	0,06
Ca				
D	28	0,039		0,3



Ap	1065	0,142		1,5
B	1043	0,168	1,0	1,5
Ca				
D	1026	0,261		2,0

TABLA N° 39Con  $AcNH_4$ 

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
Ap	3,0	24,2	128
B	1,4	15,6	101
Ca			
D	6,6	23,2	290

Con  $Na_2CO_3$ 

Ap	38,0	38,6	985
B	38,6	23,7	1551
Ca			
D	36,6	46,5	787

PERFIL C - IV

Suelo desarrellado a partir de un sedimento procedente de rocas básicas y ultrabásicas con una costra salina, que se presenta en el horizonte Ca. El horizonte B se puede considerar como típico de un suelo rojo mediterráneo. El horizonte superficial, antrópico, viene influido por el cultivo y un empardamiento típico de estos suelos en el clima actual.

Pequeña cantidad de materia orgánica, pH neutro, descalcificación en los horizontes hasta llegar al Ca, pequeña capacidad de cambio y alto grado de saturación fundamentalmente con  $\text{Ca}^{++}$ .

La cantidad de arcilla es bastante alta y el limo relativamente escaso lo que supone un fuerte ataque químico. La arena fina predomina sobre la gruesa y las causas son análogas a las indicadas en otros perfiles: Formación de agregados por hierro floculado y aporte externo de material de tipo arena en el horizonte superficial.

La cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total es relativamente alta pero no muy diferente de la del material original. La cantidad de hierro libre es paralela a la total con valores de la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total análogos en los horizontes Ap y B y superiores a los del material original.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libres extraídos por  $\text{AcNH}_4$  presentan un máximo en el horizonte B; son

bastante altos frente al total y varían paralelamente con éste. También los valores de  $\text{SiO}_2$  libres extraídos con  $\text{AcNH}_4$  son altos y presentan un máximo en el horizonte B pero frente al total no son muy grandes y la acumulación se produce en el horizonte B.

La acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en el horizonte B con preferencia a los otros compuestos se pone de relieve en las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  que presentan un mínimo en este horizonte. También es mínima la razón  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  lo que indica que la acumulación de  $\text{SiO}_2$  en este horizonte es escasa, lo que ya se ponía de manifiesto en los valores de  $\text{SiO}_2$  libre.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  extraídos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son muy análogos en todo el perfil y mucho más bajos que los obtenidos con  $\text{AcNH}_4$ . Parece que cuando la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre es pequeña, extrae más el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  mientras que si es grande extrae más el  $\text{AcNH}_4$ . Los valores para la  $\text{SiO}_2$  extraída con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son de nuevo análogos en todo el perfil y bastante mayores que con  $\text{AcNH}_4$ . Frente al total supone una ligera acumulación en el horizonte B.

Los valores de las razones son muy superiores en la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que con  $\text{AcNH}_4$  y más bien sugieren una acumulación de hierro que de los otros coloides.

Fecha.- 26 de Junio de 1.965  
 Localidad.- Isnallos (Granada).  
 Situación.- A 1,5 Kms.de la Ca Gral.  
 Topografía.- Llano.  
 Agricultura.- Olivar.  
 Material originario.-Derrubios cuaternarios.  
 Drenaje.- Bueno.  
 Desarrollo del perfil.-A/B/Ca/G.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 10	Ap	Color 7,5 YR 4/4.Estructura poco desarrollada de consistencia débil.Trocitos de piedra,muchos friables.
10 - 30	B <sub>1</sub>	Color 7,5 YR 4/4.Estructura angular poliédrica poco desarrollada.Consistencia media.Trocitos de caliza.No hay coating.
30 - 50	B <sub>21</sub>	Color 2,5 YR 3/4.Estructura columnar prismática.Consistencia buena.Perneabilidad media.Coating.Nódulos pequeños de caliza.
50 - 70	B <sub>22</sub>	Color 2,5 YR 3/6.Estructura poliédrica angular muy desarrollada.Muy consistente.Coating.
70 - 100	B/Ca <sub>1</sub>	Estructura poliédrica menos de-

arrollada. Muy consistente. Nódulos calizos con el rotlehm. Coating. Horizonte nodular típico.

100-140 Ca<sub>2</sub>

Estructura poco desarrollada y consistencia friable. Nódulos pequeñísimos.

Más de 140 C<sub>1</sub>

Estructura sin desarrollo. Consistencia friable y suelta. Hay acumulación de CaCO<sub>3</sub>.

TABLA Nº 40

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
Ap	7,85	6,70	17,5	1,72	0,096	10
B <sub>1</sub>	7,80	6,80	6,3	1,21	0,074	9
B <sub>21</sub>	7,65	6,65	tr.	0,95	0,070	7
B <sub>22</sub>	7,50	6,55	—	0,64	0,105	3
B/Ca <sub>1</sub>	7,60	6,70	35,8	0,43	0,045	5
Ca <sub>2</sub>	7,75	6,75	50,1	0,31	0,040	4
C <sub>1</sub>	7,70	6,75	60,5	0,22	0,025	5

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arrast.
Ap	35,10	15,15	14,69	12,60	
B <sub>1</sub>	40,70	13,65	16,64	14,87	
B <sub>21</sub>	69,60	10,75	8,46	6,46	1,8
B <sub>22</sub>	73,80	10,20	6,37	4,86	1,9
B/Ca <sub>1</sub>	50,30	5,30	3,69	2,54	
Ca <sub>2</sub>	37,45	5,50	3,21	1,93	
C <sub>1</sub>	33,50	7,85	3,47	0,86	

TABLA Nº 41

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
B <sub>21</sub>	6,4		1		1,3	0,11
B <sub>22</sub>	7,2		1		1,1	0,10

$Fe_2O_3$				
Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind.de arrast.
Ap	2,87	4,72	60,8	
B <sub>1</sub>	3,40	5,03	67,6	
B <sub>21</sub>	5,15	7,66	67,2	2,1
B <sub>22</sub>	5,16	7,99	64,5	2,1
B/Ca <sub>1</sub>	2,98	5,16	57,7	
Ca <sub>2</sub>	2,20	3,68	59,8	
C <sub>1</sub>	1,67	3,13	53,3	

$Al_2O_3$				
Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
Ap	86	10,45	0,082	
B <sub>1</sub>	118	8,92	0,132	
B <sub>21</sub>	431	17,33	0,248	5,0
B <sub>22</sub>	424	18,25	0,232	4,9
B/Ca <sub>1</sub>	39	11,59	0,033	
Ca <sub>2</sub>	19	8,79	0,021	
C <sub>1</sub>	17	7,06	0,024	

$SiO_2$				
Hor.	Libre ppm	Total%	Libre/ total %	Ind.de arr.
Ap	407	51,72	0,078	
B <sub>1</sub>	488	57,00	0,085	
B <sub>21</sub>	641	53,01	0,120	1,5
B <sub>22</sub>	602	51,82	0,116	1,4
B/Ca <sub>1</sub>	369	33,18	0,111	
Ca <sub>2</sub>	319	24,80	0,128	
C <sub>1</sub>	296	25,10	0,117	

$Al_2O_3$

Hor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/ total %	Ind.de arrast.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
Ap	39	0,037		0,4
B <sub>1</sub>	37	0,041		0,3
B <sub>21</sub>	38	0,021	1,0	0,08
B <sub>22</sub>	39	0,021	1,0	0,09
B/Ca <sub>1</sub>	40	0,034		1,0
Ca <sub>2</sub>	40	0,045		2,1
C <sub>1</sub>	38	0,053		2,2

$SiO_2$

Ap	1414	0,273		3,4
B <sub>1</sub>	1431	0,251		2,9
B <sub>21</sub>	1342	0,253	0,9	2,0
B <sub>22</sub>	1422	0,274	1,0	2,3
B/Ca <sub>1</sub>	1414	0,425		3,8
Ca <sub>2</sub>	1422	0,573		4,4
C <sub>1</sub>	1388	0,553		4,6

TABLA N<sup>o</sup> 44Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	4,7	14,1	334
B <sub>1</sub>	4,1	14,3	288
B <sub>21</sub>	1,4	12,4	119
B <sub>22</sub>	1,4	11,6	121
B/Ca <sub>1</sub>	9,4	12,3	764
Ca <sub>2</sub>	16,7	14,4	1159
C <sub>1</sub>	17,4	17,7	982

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Ap	36,2	49,2	736
B <sub>1</sub>	38,6	42,0	920
B <sub>21</sub>	35,3	26,0	1356
B <sub>22</sub>	36,4	27,5	1322
B/Ca <sub>1</sub>	35,3	47,4	745
Ca <sub>2</sub>	35,5	64,5	550
C <sub>1</sub>	36,5	83,1	439

El suelo parece haberse desarrollado sobre un sedimento muy calizo procedente de las montañas calizas próximas. Posteriormente al desarrollo del suelo ha debido haber un recubrimiento con materiales calizos como se demuestra porque los dos horizontes superiores no están descalcificados mientras que los  $B_{21}$  y  $B_{22}$  no aparecen más que trazas de  $CaCO_3$  procedentes del lavado de los horizontes superiores en el limo actual. De aquí que a los efectos de lo que nos interesa los horizontes a considerar sean fundamentalmente los  $B_{21}$  y  $B_{22}$ .

Estos horizontes tienen un pH neutro, grado de saturación medio, predominantemente con ión  $Ca^{++}$  y capacidad de cambio de acuerdo con la cantidad de arcilla. Los dos horizontes son bastantes análogos en lo que respecta a su textura con gran cantidad de arcilla y pequeña cantidad de limo. Se parecen bastantes a una terra rossa en su textura, y desarrollo de los horizontes.

La analogía de los dos horizontes se manifiesta en los valores de hierro total, hierro libre y relación de hierro libre a total, con valores muy semejantes. Los horizontes superiores e inferiores contienen bastante menos hierro total, si bien la relación hierro libre/hierro total, no difiere mucho de las inferiores.

El  $Al_2O_3$  libre extraído con  $AcNH_4$  es muy análogo en los dos horizontes pero muy superior al de

los horizontes superiores. La cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre frente al total es más alta. También la cantidad de  $\text{SiO}_2$  libre, bastante alta, es muy análoga en los horizontes  $B_{21}$  y  $B_{22}$  y mayor que en los horizontes superiores.

La acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en los horizontes típicos  $B_{21}$  y  $B_{22}$  se manifiesta en los valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ , mientras que la falta de movilidad del hierro hace que la razón  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ , si bien algo inferior en estos horizontes, no difiera mucho de las de los horizontes superiores.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraídos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son muy análogos en todo el perfil y muy inferiores a los de  $\text{AcNH}_4$ , hecho ya puesto de manifiesto en otros perfiles. En cambio los de  $\text{SiO}_2$  libre son también muy análogos en todo el perfil, pero muy superiores a los obtenidos en la extracción con  $\text{AcNH}_4$ .

Los valores de las razones son muy superiores a los que se obtienen con  $\text{AcNH}_4$  e indican una acción de hierro en los horizontes  $B_{21}$  y  $B_{22}$ .

PERFIL M - II

**Fecha.-** 26 de Enero de 1.965  
**Localidad.-** Sanctes de la Humosa  
**Situación.-** A 3 Kms. en la carretera a Pozo de  
 Guadalajara  
**Topografía.-** Muy ondulada  
**Vegetación.-** Thymus, Quercus, Gramíneas  
**Agricultura.-** Oreal secano  
**Material original.-** Calizas pontienses  
**Drenaje.-** Externo rápido; interno medio  
**Desarrollo del perfil.-** Ap/B/C

## Profundidad

en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 15	Ap	Color 2,5 YR 3/6. Materia orgánica relativamente abundante. Se observan restos de lombrices y en general buena actividad biológica. En suelo está helado. Buena penetrabilidad. Textura li- mo arenosa, estructurado en gru- mos de consistencia media. Pe- bilidad de rápida a media. Exis- ten carbonatos. La transición al horizonte (B) es abrupta, ya que este Ap debe considerarse como un horizonte de acumulación por la pendiente.

- 15 - 40 (B)<sub>1</sub> Regular cantidad de materia orgánica. Bien penetrado por las raíces y con cierta actividad biológica. Color 2,5 YR 4/6, textura limosa, ligeramente arenosa que se presenta en grumos de consistencia débil. Se observan alta plasticidad y trozos de caliza dura. Permeabilidad de buena a media. Transición gradual a (B)<sub>2</sub>.  
Dá reacción con el HCl.
- 40 - 70 (B)<sub>2</sub> Profundidad de 40-70. Color 5 YR 4/8. Escasas raíces y materia orgánica, aunque todavía manifiesta cierta actividad biológica. Es un limo arcilloso, estructurado en poliedros angulares pequeños de consistencia fuerte. Permeabilidad de media a regular. Muchos trozos de caliza por toda la masa del horizonte. Dá reacción con el HCl (HCl).
- Más de 70 C<sub>1</sub>/C Es la caliza en descomposición de profundidad variable y que no se presenta en todos los sitios, solamente en zonas. Signos de rubefacción por ello la transición entre C<sub>1</sub> y C es muy difusa. El C está formado por la caliza pontense dura y blanca formando hoquedades que pueden dar origen a fragmentos, que luego se aprecian en el perfil. La reacción

al HCl aumenta con la profundidad siendo  
muy violenta en C<sub>1</sub>.

Observaciones.-Se trata de unos depósitos de terra  
rossa actualmente muy terrificada pero  
sin empardecer.

TABLA Nº 45

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>m</sup>	MO%	N%	C/N
Ap	7,65	6,70	14,1	4,10	0,208	11
(B) <sub>1</sub>	7,65	6,70	22,3	2,19	0,142	8
(B) <sub>2</sub>	7,70	6,70	26,7	2,38	0,153	9
C <sub>1</sub> /C	7,75	6,80	67,7	0,55	0,034	9

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.d arras
Ap	31,4	36,4	24,9	3,4	
(B) <sub>1</sub>	49,3	19,2	19,0	10,2	
(B) <sub>2</sub>	50,9	14,5	22,1	10,5	1,5
C <sub>1</sub> /C	28,2	17,0	41,4	11,7	

TABLA Nº 46

Hor.	Arcilla ;	Limo ;	Arena	Limo
Ap	0,86	1	0,77	0,61
(B) <sub>1</sub>	2,56	1	1,52	0,19
(B) <sub>2</sub>	3,51	1	2,24	0,14
C <sub>1</sub> /C				

$Fe_2O_3$

Hor.	Libre%	Total%	Libre/ total %	Ind.de arrast.
Ap	3,45	5,49	62,8	
(B) <sub>1</sub>	4,12	5,64	73,1	
(B) <sub>2</sub>	3,58	5,25	69,2	1,0
C <sub>1</sub> /C	1,56	2,53	61,5	

$Al_2O_3$

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.
Ap	26	45	1,7	
(B) <sub>1</sub>	29	90	3,1	
(B) <sub>2</sub>	17	81	4,6	0,6 1,8
C <sub>1</sub> /C	1	73	73	

$SiO_2$

Ap	437	540	1,5	
(B) <sub>1</sub>	180	381	2,1	
(B) <sub>2</sub>	176	326	2,1	0,4 0,6
C <sub>1</sub> /C	90	368	4,3	

TABLA No 48Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	16,8	12,6	1327
(B) <sub>1</sub>	6,2	4,3	1422
(B) <sub>2</sub>	10,3	4,9	2108
C <sub>1</sub> /C	90	5,7	

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Ap	12,0	15,6	767
(B) <sub>1</sub>	4,2	9,2	458
(B) <sub>2</sub>	4,0	9,0	442
C <sub>1</sub> /C	5,0	23,5	213

Suelo desarrollado sobre calizas pontienses, con una cantidad mediana de materia orgánica, de color rojo, pero con carbonato cálcico en todo el perfil, si bien son trozos de caliza dura que pueden estar interpuestos. El suelo es un sedimento de tierra rossa, algo terrificada en el horizonte superior pero sin empardecer.

Los horizontes B son muy análogos entre sí y presentan bastante cantidad de arcilla y limo relativamente escaso. En el horizonte superior la cantidad de arcilla es sensiblemente inferior y aumenta la cantidad de limo. En cambio es menor la cantidad de arena gruesa, lo que habla a favor de una interposición de trozos de caliza en los horizontes B, con textura de arena gruesa.

La cantidad de hierro total es bastante alta en los horizontes del suelo y muy superior a la del material original dado por el horizonte  $C_1/C$ . De todos modos, en éste se produce una separación de hierro como se demuestra por la rubefacción indicada en la descripción. La relación  $Fe_2O_3$  libre/ $Fe_2O_3$  total es alta, análoga a la de las tierras rojas y si bien el  $Fe_2O_3$  libre sigue una relación paralela al total, parece haber una cierta acumulación en los horizontes B.

La cantidad de  $Al_2O_3$  libre, determinada por tracción con  $AcNH_4$ , es muy baja y en todo caso pre-

senta una ligera acumulación poco apreciable en el horizonte  $B_1$ , disminuyendo después.

En cuanto a la sílice libre con el mismo extractante, los valores son también pequeños excepto en el horizonte  $A_p$  disminuyendo mucho en los B y más en el  $C_1/C$ .

La posible acumulación de  $Al_2O_3$  libre frente a la  $SiO_2$  se manifiesta en el valor de la razón  $SiO_2/Al_2O_3$  en el horizonte  $B_1$  pero no en gran extensión. Los valores de las otras razones indican que el  $Fe_2O_3$  libre está acumulado en el horizonte  $B_2$  frente a la  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$ . El resultado que se puede deducir de estos valores es que apenas hay movilización de coloides probablemente debido al pH neutro y presencia de  $CaCO_3$  en todo el perfil.

Los valores obtenidos con  $Na_2CO_3$  como extractante, son más altos para el  $Al_2O_3$  y  $SiO_2$  libres, pero en cuanto a éste siguen las mismas normas que para el  $AcNH_4$ . La mayor cantidad de  $CaCO_3$  en los horizontes B parece que originan la coagulación preferencial de la sílice en estos horizontes, haciendo la menos extraíble. De todas formas los valores de las razones  $SiO_2/Al_2O_3$ , más bajos, indican una mayor extraíbilidad-relativa-del  $Al_2O_3$  que de la  $SiO_2$  con este extractante.

**SUELOS PARDOS-ROJIZOS**

PERFIL M - XI

Fecha.- 27 de Enero de 1.965.  
 Localidad.- Término de Loeches (Madrid)  
 Situación.- Carretera de Loeches a Alcalá de Henares, Km.6,900.  
 Topografía.-Suavemente ondulada con pendientes del 2 al 6%.  
 Vegetación Graníneas.Compuestas.  
 Agricultura.- Olivo y cereal secano.  
 Material originario.-Margas del Oligoceno-Mioceno.  
 Drenaje.- Externo,medio;interno,bueno.  
 Desarrollo del perfil.-Ap/(B)/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0-25	Ap	Color 5 YR 4/6.La profundidad de este horizonte es variable y con abundante pedregosidad de cuarcitas rodadas en toda la masa.Es posiblemente un horizonte de origen aluvial.Materia orgánica escasa,textura areno-limosa y estructura gruesa poco desarrollada y de consistencia débil.La permeabilidad es rápida.No hay carbonato cálcico.
25-50	(B)	Color 5 YR 3/4.Materia orgá-

nica escasa, aunque bien atravesado por raíces, poros y canaliculos. Textura limo-arcillosa, con estructura de poliédrica a prismática y algo de coating. La consistencia va de media a débil. Buena permeabilidad. No dá reacción con el HCl.

- 50-65 (B)/C Color 7,5 YR 4/4 aunque desigual. Idéntica textura y estructura que el anterior pero menos plástico y algo más suelto por la presencia de carbonatos que ya aquí se manifiestan sobre todo a lo largo de los canaliculos.
- 65-100 Ca/C Coloración abigarrada de marga. Horizonte de abundantes nódulos calices, presentando también la misma porosidad con reborde de carbonato cálcico.
- más de 100 C Marga con características texturales y estructurales como las ya descritas.

**Observaciones.**-Buena actividad biológica. Se han observado poblaciones de *Scoleopendra* en las fisuras y poros. Creemos que es una marga que está lavada en (B) totalmente, sobre la que descansa un Ap de origen aluvial, pues cerca se halla una vaguada. Este lavado de la marga

y su enorme cantidad de canaliculos indica una corriente de tipo fluvial sobre ella, así como una intensa vegetación de raiz profunda, anterior a la existente actualmente.

El lavado es descendente, pues se observa en (B)/C como el carbonato se va intensificando alrededor de los canaliculos con la profundidad y llega a la acumulación en la parte inferior.

Lo hemos considerado un suelo pardo rojizo sobre margas.

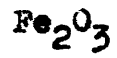
TABLA Nº 49

Hor.	pH\		CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl				
Ap	7,65	6,55	--	0,78	0,055	8
(B)	7,40	6,35	--	0,59	0,048	7
(B)/C	7,60	6,70	7,6	0,74	0,076	5
Ca/C	7,70	6,80	24,1	0,29	0,034	5

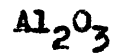
Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arrast
Ap	25,0	10,1	51,7	12,2	
(B)	32,1	12,5	47,6	6,4	1,2
(B)/C	35,8	18,3	31,9	12,6	1,4
Ca/C	29,6	12,0	45,0	10,1	

TABLA Nº 50

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
Ap	2,47		1		6,32	0,11
(B)	2,56		1		4,32	0,12

TABLA Nº 51

Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind. de arrast.
Ap	1,38	3,15	43,7	
(B)	1,74	3,97	44,3	1,2
(B)/C	1,13	3,07	36,9	
Ca/C	0,83	2,88	28,9	



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$	Ind. de	
Ap	108	8	0,07		
(B)	190	10	0,05	1,7	1,2
(B)/C	82	9	0,11	0,7	1,2
Ca/C	38	4	0,11		



Ap	495	401	0,8		
(B)	412	239	0,5	0,9	0,5
(B)/C	425	308	0,7	0,9	0,7
Ca/C	356	249	0,6		

TA. LA No 52Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	4,1	32,2	127
(B)	2,1	23,6	91
(B)/C	5,9	37,4	138
Ca/C	9,3	42,5	220

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Ap	50,1	29,0	1723
(B)	23,9	13,7	1740
(B)/C	34,2	27,1	1260
Ca/C	62,2	29,7	2090

PERFIL M - XI

Suelo de buena profundidad, desarrollado sobre margas, con bastante carbonato cálcico, descalcificado en los horizontes superiores de los cuales el Ap es posiblemente de origen aluvial.

La cantidad de arcilla es media y existe en bastante abundancia arena, sobre todo en su fracción fina. El desarrollo del suelo es bastante bueno aunque quizás es un poco deficiente en limo.

La cantidad de  $Fe_2O_3$  total es relativamente baja, si bien en los horizontes superiores hay un enriquecimiento frente al material original. La cantidad de  $Fe_2O_3$  libre es muy inferior a la de los suelos rojos, como asimismo la razón  $Fe_2O_3$  libre/ $Fe_2O_3$  total no acusándose diferencias apreciables en los horizontes superiores, pero sí respecto al material original y horizonte de transición.

El  $Al_2O_3$  libre extraído con  $AcNH_4$  es relativamente alto y presenta una acumulación en el horizonte (B). Los valores para la sílice libre son medios y más análogos entre sí en los distintos perfiles, con predominio no muy acusado en Ap y mínimo en (B). Esto conduce a que la razón  $SiO_2/Al_2O_3$  libres, sea mínima en el horizonte B como asimismo las otras razones, indicando el valor de  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  libres una acumulación relativa de  $Al_2O_3$  libre en el horizonte (B).

El  $Na_2CO_3$  extrae muy poco  $Al_2O_3$  libre, siguiendo

la norma general que cuando hay mucho, extrae más el  $\text{AcNH}_4$ . Por otra parte los valores son análogos con un descenso en el caso del material original. Los valores para la  $\text{SiO}_2$  son menores que en el caso del  $\text{AcNH}_4$  y presentan también, como en aquél caso un mínimo ahora más acusado en el horizonte (B).

La pequeña cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  extraído con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hace que las razones moleculares en que interviene este compuesto sean muy altas pero presentan un mínimo en (B) para la  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . También existe un mínimo en este horizonte para  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

SUELOS PARDO-CALIZOS

PERFIL M - II

Fecha.- 10 de Junio de 1.964  
 Localidad.- Vallecas.(Madrid)  
 Situación.- CA de Vallecas a Perales.  
 Topografía.- Suavemente ondulada.  
 Vegetación.- Gramíneas.  
 Agricultura.- Cereal secano.  
 Material originario.-Marga yesífera.  
 Drenaje.- Bueno.  
 Desarrollo del perfil.-A/B/C.

## Profundidad

en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 40	Bp	Color 2,5 Y 5/2. Estructura de Terra muy desarrollada en poliedros subangulares de tamaño mediano a pequeño. Consistencia media. Permeabilidad buena. Abundancia de carbonatos. El material es poroso, no presenta coating en las unidades estructurales. Transición abrupta al horizonte siguiente.
más de 40	C	Color 2,5 YR 5/0. Estructura granular con tendencia a formar poliedros muy desarrollados. El tamaño de los gránulos es de 1 cm.

es una marga yesosa.

Observaciones.-Es un suelo pardo calizo yesoso/mar-  
ga yesosa, asociado en las partes  
altas a rendzina yesosa. Hay que con-  
siderar la buena penetrabilidad de  
las raíces.

TABLA Nº 53

Hor.	pH		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl				
B	7,80	6,90	0,5	1,93	0,113	10
C	7,70	6,85	10,7	0,79	0,059	8

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind. arr.
B	32,2	17,0	33,0	11,3	
C	49,7	19,0	19,5	5,8	

TABLA N<sup>o</sup> 54

$Fe_2O_3$				
Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind.de arrast.
B	0,56	2,77	20,3	
C	0,98	5,52	17,8	
$Al_2O_3$				
Hor.	Libre ppm ( $AcNH_4$ )	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind.de arr.
B	8	33	4,1	
C	56	36	0,6	
$SiO_2$				
B	576	592	1,0	
C	728	396	0,5	

TABLA N<sup>o</sup> 55Con  $AcNH_4$ 

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
B	72,0	102,1	705
C	13,0	73,9	175

Con  $Na_2CO_3$ 

B	17,9	104,9	170
C	11,0	40,2	273

PERFIL M - II

Suele desarrollado sobre marga yesosa, de color pardo con pequeña cantidad de  $\text{CaCO}_3$  en el horizonte B.

La cantidad de arcilla y elementos finos es superior en el material original y el haber una transición abrupta entre ambos horizontes indica poco desarrollo del suelo o existencia de un suelo aluvial, aunque sea precedente del mismo material.

La cantidad de hierro total es muy superior en el material original que en el horizonte B, pero la relación  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total es mayor en el horizonte B, lo que supondría procesos de ataque con liberación de hierro que da el color pardo al suelo.

La cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en el horizonte superficial es muy baja y aumenta considerablemente en el horizonte inferior, de aquí, que siguiendo la marcha general la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  extraída con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sea mayor que la extraída con  $\text{AcNH}_4$ . Las cantidades de  $\text{SiO}_2$  libre extraídas con  $\text{AcNH}_4$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son del mismo orden de magnitud para el horizonte B, pero mayores en el caso del  $\text{AcNH}_4$  y menores para el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en el horizonte C.

Las distintas razones moleculares obtienen valores que se deducen de los hechos ya apuntados.

Lo más sobresaliente del perfil es el valor de la relación  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total y la pequeña cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en B.

PERFIL C - III

Fecha.- 5 de Junio de 1.965  
 Localidad.- Bailén.  
 Situación.- Ca Bailén-Jaén; junto al Ferrocarril Km.30.  
 Topografía.- Ondulada.  
 Agricultura.- Cereal.  
 Material originario.- Margas miocenas.  
 Desarrollo del perfil.- Ap/B<sub>1</sub>Ca/B<sub>2</sub>Ca/B<sub>3</sub>Ca/C<sub>1</sub>Ca/C<sub>2</sub>Ca.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 15	Ap	Color 10 YR 6/2. Materia orgánica regular. Estructura poliédrica muy desarrollada. Consistencia media. Permeabilidad buena. Gran actividad biológica, canalículos porosos, algún nódulo calizo.
15 - 35	B <sub>1</sub> Ca	Color 10 YR 5/3. Estructura poliédrica muy desarrollada. Consistencia y permeabilidad igual que el anterior. Muchos nódulos calizos. Actividad biológica pobre.
35 - 75	B <sub>2</sub> Ca	Color 10 YR 5/4. Estructura poliédrica poco compacta. Consistencia más débil que el anterior. Permeabilidad buena. Mayor acumulación de nódulos. Suelto, muchos pseudomicelios.

- 75 - 90  $B_3Ca$  Color 7,5 YR 5/4. Estructura pedregosa poco compacta. Consistencia más débil que el anterior. Permeabilidad buena. Suelos, muchos pseudomielios.
- 90 - 150  $C_1Ca$  Color 7,5 YR 4/4. La estructura se va haciendo granular y la consistencia más débil. Pseudomielios.
- Más de 150  $C_2Ca$

Observaciones.-Todas las transiciones son muy difusas. Las raíces penetran bien hasta un metro. Entre las unidades estructurales hay  $CaCO_3$  en forma de pseudomielios. La marga tiene mancha de Mn.

TABLA Nº 56

Hor.	pH		CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	MO%	N%	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl				
Ap	7,90	6,95	21,9	2,74	0,167	9
B <sub>1</sub> Ca	7,65	6,80	20,3	1,21	0,087	8
B <sub>2</sub> Ca	8,00	6,80	29,6	0,52	0,041	7
B <sub>3</sub> Ca	7,60	6,75	28,2	0,31	0,039	4
C <sub>1</sub> Ca	7,75	6,70	21,5	0,26	0,034	4
C <sub>2</sub> Ca	7,75	6,65	19,1	0,22	0,047	2

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	In.de arrast.
Ap	22,60	24,00	23,86	1,02	
B <sub>1</sub> Ca	22,65	27,95	21,73	3,40	
B <sub>2</sub> Ca	16,20	30,10	21,65	1,43	1,0
B <sub>3</sub> Ca	16,60	30,25	20,33	1,28	1,2
C <sub>1</sub> Ca	14,95	29,90	29,03	1,74	
C <sub>2</sub> Ca	12,15	33,65	32,33	1,13	

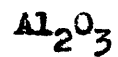
(Con destrucción de carbonatos)

TABLA Nº 57

$Fe_2O_3$				
Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind.arr.
Ap	1,03	3,31	31,0	
B <sub>1</sub> Ca	1,03	3,59	28,7	
B <sub>2</sub> Ca	0,96	3,41	28,2	
B <sub>3</sub> Ca	1,03	3,48	29,5	1,0
C <sub>1</sub> Ca	1,13	3,66	30,9	
C <sub>2</sub> Ca	1,48	4,14	35,8	

$Al_2O_3$				
Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/total%	Ind.arr
Ap	20	9,00	0,022	
B <sub>1</sub> Ca	61	9,56	0,063	
B <sub>2</sub> Ca	14	8,92	0,015	
B <sub>3</sub> Ca	13	9,27	0,014	0,7
C <sub>1</sub> Ca	15	9,94	0,015	
C <sub>2</sub> Ca	12	11,01	0,010	

$SiO_2$				
Hor.	Libre ppm	Total%	Libre/total%	Ind.arr
Ap	379	43,94	0,086	
B <sub>1</sub> Ca	340	47,18	0,072	
B <sub>2</sub> Ca	329	39,30	0,083	
B <sub>3</sub> Ca	323	44,31	0,072	0,8
C <sub>1</sub> Ca	321	49,70	0,064	
C <sub>2</sub> Ca	301	49,35	0,061	

TABLA Nº 58

Nor.	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	Libre/total%	Ind.arr.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
Ap	32	0,035		1,6
B <sub>1</sub> Ca	34	0,035		0,5
B <sub>2</sub> Ca	33	0,036		2,3
B <sub>3</sub> Ca	24	0,025	0,7	1,8
C <sub>1</sub> Ca	21	0,021		1,4
C <sub>2</sub> Ca	27	0,024		2,2



Ap	942	0,214		2,4
B <sub>1</sub> Ca	924	0,195		2,7
B <sub>2</sub> Ca	954	0,240		2,8
B <sub>3</sub> Ca	950	0,214	1,0	2,9
C <sub>1</sub> Ca	999	0,201		3,1
C <sub>2</sub> Ca	779	0,157		2,5

TABLA N<sup>o</sup> 59Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
Ap	18,5	37,0	514
B <sub>1</sub> Ca	5,4	33,0	169
B <sub>2</sub> Ca	22,6	34,0	688
B <sub>3</sub> Ca	24,8	31,4	791
C <sub>1</sub> Ca	21,4	28,4	754
C <sub>2</sub> Ca	25,0	20,2	1238

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

Ap	29,4	91,5	321
B <sub>1</sub> Ca	27,1	89,5	303
B <sub>2</sub> Ca	28,9	98,9	292
B <sub>3</sub> Ca	39,5	92,3	228
C <sub>1</sub> Ca	47,5	88,2	539
C <sub>2</sub> Ca	28,8	52,4	550

PERFIL C - III

Suelo pardo calizo desarrollado sobre una margá del mioceno con bastante cantidad de  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil y un ligero lavado del mismo desde los horizontes superiores que supone pequeña acumulaci3n del mismo en los horizontes  $\text{B}_2\text{Ca}$  y  $\text{B}_3\text{Ca}$ . La cantidad de arcilla es bastante an3loga en todo el perfil y relativamente alta, pero la mitad est3 constituida por  $\text{CaCO}_3$ . La capacidad de cambio del suelo es media y est3 pr3cticamente saturado fundamentalmente con  $\text{Ca}^{++}$ .

La cantidad de hierro total es m3s bien baja y bastante uniforme; tambi3n la relaci3n  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total es baja, del orden del 28% y uniforme, lo que indica que no existe movilizaci3n del hierro.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraido con  $\text{AcNH}_4$  son bajos y presentan una acumulaci3n en el horizonte  $\text{B}_1\text{Ca}$ ; tambi3n son bajos los de  $\text{SiO}_2$  libre frente a la total y bastante uniformes con una tendencia a disminuir en profundidad.

La acumulaci3n de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre frente al hierro y sílice se manifiesta en los m3nimos que se presentan en el horizonte  $\text{B}_1$ , mientras que los valores de la raz3n  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  tienen valores an3logos en todo el perfil.

El valor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraido por  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es superior en general al extraido por  $\text{AcNH}_4$  salvo el del horizonte  $\text{B}_1$ . El  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  extrae una cantidad muy superior de sílice libre y bastante uniforme en todo el perfil. Tanto para el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  como para el  $\text{AcNH}_4$  la

cantidad de  $\text{SiO}_2$  libre es mínima en el horizonte inferior.

Lo valores de las razones moleculares para la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son análogos en el perfil, con una elevación considerable a partir de los horizontes  $\text{B}_3\text{Ca}$  y disminución en el material original.

PERFIL M - IV

Fecha.- 17 de Junio de 1.964  
 Localidad.- Torrejón de Ardoz (Madrid).  
 Situación.- En la CA a los coches.  
 Topografía.- Suavemente inclinada.  
 Agricultura.- Cereal secano.  
 Material originario.- Margas del oligoceno.  
 Drenaje.- Regular.  
 Desarrollo del perfil.- (A)p/B/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	(A/B)p	Color 10 YR 5/2. Sin materia gánica. Estructura granular de- carrollada de consistencia me- dia a débil. Buena permeabili- dad.
25 - 75	B	Coloración idéntica a la an- terior. Estructura en poliedros subangulares desarrollados ta 2 cms. de consistencia débil Permeabilidad mediana.
75 - 90	B/C	Estructura poliédrica subangu- lar muy desarrollada con dimen- siones de 1 cm. Alta consisten- cia. Permeabilidad de media a lenta.
más de 90	C	Marga muy consistenete de co- lor abigarrado, estructurado en macropoliedros muy desarrollados de claro origen sedimentario.

TABLA Nº 60

Hor.	pH		CO <sub>2</sub> <sup>F</sup>	MO%	N%	C/N
	H <sub>2</sub> O	KCl				
(A/B)p	7,80	6,90	8,1	1,28	0,102	7
B	7,75	6,85	10,2	0,79	0,065	7
B/C	7,90	7,15	14,2	0,41	0,049	5
C	7,90	6,95	5,7	0,17	0,039	2

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr
(A/B)p	48,1	39,9	10,1	1,3	
B	55,4	35,3	7,9	1,0	1,1
B/C	52,0	38,9	8,5	1,2	

TABLA Nº 61

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ind.de arrast
		Total%	Libre/ total %	
(A/B)p	1,95	6,83	28,5	
B	1,92	6,70	28,5	1,0
B/C	1,90	6,77	29,9	
C	1,83	7,08	25,8	

$Al_2O_3$ 

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind. de arr.	
(A/B)p	87	28	0,3		
B	89	14	0,1	1,0	0,5
B/C	51	6	0,1		
C	69	5	0,08		

 $SiO_2$ 

(A/B)p	673	337	0,5		
B	562	213	0,3	0,8	0,6
B/C	662	168	0,2		
C	742	156	0,2		

TABLA Nº 62Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
(A/B)p	7,7	34,5	223
B	6,3	29,2	215
B/C	12,9	33,2	399
C	10,7	40,5	264

Con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(A/B)p	12,0	17,3	695
B	15,2	11,1	1370
B/C	28,0	8,4	3315
C	31,2	8,5	3656

PERFIL M - IV

Suelo de color pardo, desarrollado sobre margas abigarradas del oligoceno, de amplio desarrollo en profundidad, con  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil, baja cantidad de materia orgánica, gran cantidad de arcilla y limo, seguramente ya existente en el material original, Capacidad de cambio baja.

La cantidad de hierro total es alta en el material original y en los metros horizontes, pero la cantidad de hierro libre es pequeña y muy análoga todos los horizontes, alcanzando la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total valores bajos del orden del 25%.

La cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraído por  $\text{AcNH}_4$  es relativamente alta y mayor en los horizontes superiores que en los inferiores. Siguiendo la regla general la alúmina extraída por  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es en este caso mucho menor, teniendo la razón  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{AcNH}_4$  valores muy bajos.

La sílice libre tiene valores de medio a altos presentando un mínimo en el horizonte B cuando se extrae con  $\text{AcNH}_4$ . Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  los valores son menores y no se obtiene este mínimo, produciéndose una disminución gradual al pasar del horizonte superior al material original.

La acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  frente a  $\text{SiO}_2$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en el horizonte B se pone de manifiesto en las rnes correspondientes, si bien no existe demasiada diferencia con el horizonte superficial, cuyas características son muy análogas. Los valores obtenidos e'

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  presentan las mismas características, en lo que respecta a la diferenciación de los horizontes superficiales frente a los inferiores, más análogos entre sí.

Fecha.- 10 de Junio de 1.964  
Localidad.- La Marañosa (Madrid)  
Situación.- En el Km.15,000 de la CA a S.Mar-  
tina de la Vega.  
Topografía.- Ondulada.  
Vegetación.- Tomillo.  
Agricultura.- Repoblación de pinar.  
Material originario.-Calizas del mioceno.  
Drenaje.- Rápido.  
Desarrollo del perfil.-A/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0- 20	A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	Color 10 YR 4/2.Horizonte bien humificado con abundante fieltro vegetal en superficie, en- raizado ampliamente.Estructura en grumos de consistencia media Existente pequeños trozos de caliza en todo el horizonte y ofrece reacción al HCl.Porosa- bilidad rápida.
más de 20	C	Caliza margosa pulverulenta.

TABLA N<sup>o</sup> 63

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	7,75	7,00	36,9	3,34	0,199	10

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arrast.
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	24,5	14,1	38,5	21,7	

TABLA N<sup>o</sup> 64

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Total%	Libre/total%	Ind.arr.
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	0,41	1,51	27,3	

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> AcNH <sub>4</sub>	Ind.de arr.
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	tr.	36		

Hor.	Libre	SiO <sub>2</sub> Libre	Ind.de arr.
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	413	813	1,9

TABLA N<sup>o</sup> 65Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	416	100,7	

Con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	28,5	196,8	114
--------------------------------	------	-------	-----

PERFIL M - III

Suelo pardo calizo desarrollado sobre caliza margosa pulverulenta del Mioceno. No existe una diferencia acusada de horizonte B y en el único horizonte que se puede determinar la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  es muy elevada, los elementos finos son más bien escasos y la materia orgánica bien humificada tiene un valor medio.

La cantidad de hierro total es pequeña, así como la de hierro libre siendo la razón 27,3% análoga a otros suelos pardos calizos.

No existe prácticamente  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraíble por  $\text{AcNH}_4$  y sí en cambio por  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . También con es extractante es mayor la cantidad de  $\text{SiO}_2$  libre que alcanza un valor alto y dobla casi a la extraída por  $\text{AcNH}_4$ . Los valores de las razones moleculares son muy altos.

PERFIL M - V

Fecha.- 19 de Junio de 1.964  
 Localidad.- Fresno de Torote.  
 Topografía.- Ondulada.  
 Vegetación.- Tomillo.  
 Agricultura.- Cereal secano.  
 Material originario.- Sedimentos arenosos del Mioceno  
 Drenaje.- Regular.  
 Desarrollo del perfil.- A/B/CaC.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 20	A	Color 10 YR 5/3. Horizonte A <sub>oo</sub> de pequeño espesor, compuesto de resto de raíces. Abundante fieltro vegetal. Estructura granular muy desarrollada de consistencia media. Permeabilidad regular. Dá abundante efervescencia en todos los horizontes.
20 - 50	B	Color 10 YR 5/4. Estructura poliédrica subangular regularmente desarrollada de bastante consistencia. Permeabilidad del tipo anterior.
más de 50	Ca/C	Marga arenosa con abundantes efervescencias calizas y manifiesto micelio, estructurada en poliedros netos.

**Observaciones.-Es un perfil con buena actividad biológica y franca penetrabilidad de las raíces. Su grado de humedad es esca-se. Se presenta formando complejos con el Rotlehn sobre gravas.**

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
A	7,75	6,75	8,1	4,43	0,211	12
B	7,45	6,65	8,4	0,91	0,075	7
Ca/C	7,60	6,80	15,8	0,47	0,040	7

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr.
A	24,9	16,8	42,1	11,4	
B	21,9	20,4	45,7	11,5	0,9
Ca/C	24,4	25,2	40,0	3,5	

TABLA Nº 67

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ind.arr.
		Total%	Libre/total%	
A	0,92	3,11	29,6	
B	0,98	3,48	28,3	1,0
Ca/C	1,05	3,85	27,2	

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
			Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> AcNH <sub>4</sub>	Ind.de arr
A	77	73	0,9	
B	88	83	0,3	1,1 0,4
Ca/C	121	25	0,2	

Hor.	Libre ppm	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	
			Libre ppm	Ind.de arr
A	587	806	1,3	
B	562	831	1,5	0,9 1,0
Ca/C	403	570	1,4	

Con  $\text{AsNH}_4$

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ c Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
A	7,6	63,7	119
B	6,3	57,0	111
Ca/C	3,3	38,3	86

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

A	11,0	87,5	126
B	25,1	84,3	298
Ca/C	22,8	54,2	420

Suelo pardo calizo sobre sedimentos arenosos.  
Rico en materia orgánica. Perfil bastante uniforme.

La relación  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total es del orden del 30% decreciendo muy ligeramente con la profundidad; en cambio el hierro libre aumenta ligeramente.

La  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre presenta un comportamiento contrario con ambos extractantes, y si bien en el horizonte A se obtiene la misma cantidad con ambos, esta cantidad aumenta progresivamente con la profundidad para el  $\text{AcNH}_4$  y disminuye para el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

La  $\text{SiO}_2$  disminuye con ambos extractantes.

Las relaciones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  obtenidas con los datos del  $\text{AcNH}_4$  decrecen con la profundidad las tres; con las obtenidas a partir de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  vemos que la primera presenta un máximo en B, la segunda disminuye a lo largo del perfil y la tercera aumenta.

TIERRAS PARDAS

PERFIL M - VIII

Fecha.- 10 de Julio de 1.964.  
 Localidad.- Siota Iglesias (Madrid).  
 Situación.- En las inmediaciones del pueblo.  
 Topografía.- Casi llana.  
 Vegetación.- Gramíneas.  
 Agricultura.- Erial e pastos.  
 Material originario.-Granite.Pedra berroqueña de explotación.  
 Drenaje.- Interno,rápido;externo,medio.  
 Desarrollo del perfil.-A/(B)/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 30	A	Color 10 YR 5/3.Regular cantidad de materia orgánica,textura areno-limosa media,estructura en mos pocos desarrollados.Consistencia débil en húmedo y rápida permeabilidad.Algunos trozos de cuarcita y de feldespatos,estos últimos escasos y pequeños;también alguna mica sin descomponer
30 - 60	(B)	Color 10 YR 5/4.Buena penetrabilidad a las raíces,materia orgánica escasa.Texture areno-arcillosa de grano grueso en poliedros de consistencia de regular a fuerte.La permeabilidad se hace más lenta.Trozos de feldespatos

to grandes y abundante mica biotita.

60-80 C<sub>1</sub> Color 10 YR 5/6. Horizonte de rápida permeabilidad formado por granito descompuesto en el que penetran algo los coloides, enchaquetando las partículas.

más de 80.C Granite.

Observaciones.- Los coloides deben proceder de la biotita descompuesta. Escasa actividad biológica.

TABLA N<sup>o</sup> 69

H <sub>2</sub> O	PH	KCl	CO <sub>2</sub>	NO%	N%	C/N
A	6,60	5,65	-	1,40	0,081	10
(B)	5,70	4,75	-	0,41	0,025	10
C <sub>1</sub>	6,85	5,60	-	0,24	0,014	10

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind. arr.
A	9,4	12,9	38,2	39,0	
(B)	24,0	13,9	32,3	29,9	2,5
C <sub>1</sub>	23,6	11,0	21,9	44,1	

TABLA N<sup>o</sup> 70

Hor.	Arcilla	Limo	Arena	Limo
A	0,72	1	5,98	0,13
(B)	1,72	1	4,53	0,14
C <sub>1</sub>	2,14	1	6,00	0,11

TABLA N<sup>o</sup> 71Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind. arrest
A	0,73	2,02	36,1	
(B)	1,12	3,36	33,5	1,5
C <sub>1</sub>	1,03	2,93	35,1	

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$	Ind.arr.	
A	132	301	2,2		
(B)	234	223	0,9	1,7	0,7
C <sub>1</sub>	186	192	1,0		

SiO<sub>2</sub>

A	106
(B)	184
C <sub>1</sub>	189

TABLA Nº 72Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A	0,8	14,5	55
(B)	0,7	16,3	48
C <sub>1</sub>	1,0	18,3	55

Con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

A	24
(B)	50
C <sub>1</sub>	53

Suelo pardo desarrollado sobre granito. Ligeramente ácido con pequeña cantidad de materia orgánica, de buena razón C/N como corresponde a la vegetación.

Cantidad de arcilla bastante mayor en el horizonte B frente al A, pero en todos los horizontes gran cantidad de arena, en proporciones análogas, fina y gruesa, lo que indica una desintegración física media, y un ataque químico relativamente intenso ya que la cantidad de limo es escasa.

La cantidad de hierro libre es pequeña en el material original y tiene una ligera acumulación en el horizonte B que no se manifiesta en el hierro total ya que la razón  $Fe_2O_3$  libre/ $Fe_2O_3$  total es inferior en este horizonte si bien los valores son bastante análogos entre sí, y algo superiores a los de los suelos pardos calizos.

La cantidad de  $Al_2O_3$  libre extraída por  $AcNH_4$  es bastante elevada y presenta un máximo acusado en el horizonte B. La de  $SiO_2$  es más bien baja y no presenta acumulación, aumentando ligeramente con la profundidad. La acumulación de  $Al_2O_3$  libre en el horizonte B se aprecia en los valores de las razones  $SiO_2/Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  con valores mínimos en el horizonte B aunque no muy señalados.

Con  $Na_2CO_3$  los valores de  $Al_2O_3$  libre son del mismo orden de magnitud que con  $AcNH_4$  salvo en el horizonte A en que son bastantes mayores. Aquí no

se cumple la regla que habíamos visto de que si la cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  era grande extraía más el  $\text{AsNH}_4$  que el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

En cuanto a la  $\text{SiO}_2$  extraída por  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  los valores son tan altos que hay que ponerles en duda.

PERFIL M - VI

Fecha.- 6 de Julio de 1.964  
 Localidad.- San Martin de Valdeiglesias.  
 Situación.- En la Cª a la Virgen de la Nueva.  
 Topografía.- Ondulada.  
 Vegetación.- Pinar, retama, Cistáceas y Gramíneo  
 Agricultura.- Forestal.  
 Material originario.-Granite.  
 Drenaje.- Interno y externo bastante rápidos.  
 Desarrollo del perfil.-A/(B)/C.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 3	A <sub>oo</sub>	Horizonte de color oscuro, compuesto por restos de hojas aciculares muy descompuestas.
3 - 15	A	Color 10 YR 5/2. Materia orgánica relativamente abundante, textura arenosa y estructura en gránulos poco desarrollada de consistencia débil. Buena penetrabilidad de las raíces y permeabilidad bastante rápida. Transición abta al horizonte siguiente.
15 - 25	(B)	Color 10 YR 7/4. Textura arenosa de granos más finos sin desarrollo de estructura. Algo de materia orgánica. Poca consistencia.

Transición gradual al horizonte inferior.

más de 25 C<sub>1</sub>/C

Consiste en un aflojamiento puramente mecánico de la roca granítica.

Observaciones.-Es una zona de tierra parda meridional, de erosión y en algún punto aislado tierra parda subhúmeda ya que es área de transición a la zona más húmeda.

TABLA Nº 73

173

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	MO%	N%	C/N
A	6,70	6,05	-	1,53	0,049	18
(B)	6,40	6,35	-	0,60	0,023	15

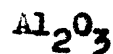
Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind. de arr.
A	4,7	8,6	39,1	46,4	
(B)	5,1	8,7	33,4	52,5	1,0

TABLA Nº 74

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
A	0,54		1		9,94	0,8
(B)	0,58		1		9,87	0,8

TABLA Nº 75

Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind. de arr.
A	0,58	1,88	30,9	
(B)	0,59	2,16	27,4	1,0



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> AcNH <sub>4</sub>	Ind. de arr.
A	31	186	4,3	
(B)	36	80	2,2	1,1 0,5



Hor.	Libre ppm	Total ppm	Libre/total%	Ind. de arr.
A	46	271	5,8	
(B)	46	240	5,2	1,0 0,8

Con  $\text{AcNH}_4$

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
A	1,4	7,9	187
(B)	1,3	7,7	164

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

A	1,4	46,5	31
(B)	3,0	40,4	74

PERFIL M - VI

Suelo pardo desarrollado sobre granito, con materia orgánica no muy abundante y mal humificada como corresponde a la vegetación, pH ligeramente ácido, muy poca cantidad de arcilla y limo en ambos horizontes y gran cantidad de arena gruesa. La cantidad de hierro total es escasa con una ligera acumulación en el horizonte B. También es escaso el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre siendo la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total análoga a la del perfil anterior pero algo más baja. El que sea mayor en el horizonte A puede ser debido a la materia orgánica.

La cantidad de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre es escasa en la extracción con  $\text{AcNH}_4$  y superior con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  siguiendo la regla general. Tampoco hay acumulación en el horizonte B y para el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es mayor en el A.

La  $\text{SiO}_2$  libre extraída con  $\text{AcNH}_4$  es muy baja e igual en ambos horizontes y bastante mayor y análoga, aunque un poco superior en el A, en la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

El valor de las razones parece indicar una ligera acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en el horizonte B frente a  $\text{SiO}_2$  y hierro, sucediendo lo contrario cuando se extrae con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

PERFIL M - 2

Situación.- Ca de Becerril de la Sierra a Nevaccerrada.  
 Topografía.- 15%.  
 Vegetación.- Monte bajo de encinas, enebros y jaras.  
 Material originario.-Granito.  
 Drenaje.- Bueno.  
 Desarrollo del perfil.-Regular.  
 Altitud.- 1.100 metros. Exposición S.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 6	A <sub>0</sub>	Color 10 YR 4/3. Estructura muy buena, grumosa. Gran cantidad de raíces. El color pasa sin transición al horizonte siguiente.
6 - 45	A/(B)	Color 10 YR 4/4. Tono pardo oscuro debido a la humedad retenida seguramente por la materia orgánica y no por la arcilla.
45 - 100	(B)/C	Color 10 YR 7/4. Corresponde a la roca madre no muy alterada y en él se encuentran trozos de granito alterado pero sin perder su forma, mucho más blancos
más de 100	(B <sub>2</sub> )/C	Color 10 YR 6/8. Roca madre muy alterada guardando su constitución. Acumulación de Fe y Mn en las grietas.



TABLA N<sup>o</sup> 77

178

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-pH-</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>o</sub>	5,7	5,2	-	4,39	0,387	6,5
A/B	6,3	5,0	-	1,15	0,240	2,7
(B)/C	6,2	4,4	-	0,17	0,305	0,3
(B <sub>2</sub> )/C	5,6	3,5	-	0,21	0,189	0,6

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de arr
A <sub>o</sub>	12,45	9,93	25,73	51,85	
A/B	4,51	6,58	5,62	83,27	
(B)/C	10,42	8,91	20,92	59,69	
(B <sub>2</sub> )/C	13,87	25,18	24,03	36,90	0,9

TABLA N<sup>o</sup> 78

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
A <sub>o</sub>	1,25		1		7,8	0,10
A/B	0,62		1		13,4	0,06
(B)/C	1,17		1		9,0	0,08
(B <sub>2</sub> )/C	0,55		1		2,4	0,25

TABLA N<sup>o</sup> 79

Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind.de arr.
A <sub>o</sub>	1,13	,264	42,8	
A/B	1,35	3,18	42,5	
(B)/C	6,90	13,69	50,3	5,2
(B <sub>2</sub> )/C	2,07	4,06	50,9	

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/total%	Ind.arr.
A <sub>0</sub>	212	12,74	0,166	
A/B	408	10,57	0,386	
(B)/C	702	23,26	0,301	3,3
(B <sub>2</sub> )/C	151	19,11	0,079	

SiO<sub>2</sub>

A <sub>0</sub>	94	67,26	0,014	
A/B	55	66,53	0,008	
(B)/C	85	40,42	0,021	0,9
(B <sub>2</sub> )/C	55	61,55	0,009	

TABLA Nº 80Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A <sub>0</sub>	0,42	8,3	53,2
A/B	0,13	4,8	33,1
(B)/C	0,12	1,2	95,7
(B <sub>2</sub> )/C	0,19	2,6	137,0

PERFIL M - 2

Suelo desarrollado sobre granito, muy arenoso, con un ataque químico y físico no muy intensos y gran cantidad de elementos inatacables en el material original.

Es un suelo ácido, con una cantidad de materia orgánica media y una humificación regular.

La cantidad de hierro total no es elevada, salvo en el horizonte (B)/C (excepcionalmente alta), pero la proporción de hierro libre a hierro total es media, y bastante regular en todo el perfil. Existe también una acumulación de aluminio libre con un valor medio, y de sílice con un valor relativamente bajo en el mismo horizonte de acumulación del hierro.

Los valores de las razones  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  libres, son muy bajos y significan una acumulación preferencial del aluminio libre sobre la sílice que se lava. El valor es mayor en el horizonte superior donde existe una amplia liberación de  $\text{SiO}_2$ . La acumulación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre, no se pone de manifiesto en el horizonte (B)/C debido a la excepcional cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre; que se refleja asimismo en el valor de la razón  $\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre.

PERFIL M - 9

Localidad.- Puerto de Navacerrada.  
 Situación.- Cerro del Telégrafo, próximo al Camino Smith.  
 Topografía.- Ondulada 10%.  
 Vegetación.- Pinus-silvestris, juniperus-nana, sarothamus, etc..  
 Material originario.- Granito.  
 Altitud.- 1.900 metros, exp.N.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
5 - 6	A <sub>0</sub>	Color 10 YR 3/4. Materia orgánica menos humificada .Poca arcilla. Estructura suelta. Gran densidad de raíces.
6 - 30	A <sub>1</sub>	Color 10 YR 3/3. Granos blanquecinos posiblemente de cuarzo (no llega a la podsolización).
30 - 55	A <sub>2</sub>	Color 10 YR 3/4. Raíces grandes que llegan al fondo.

Observaciones.- El perfil se tomó en un pequeño rellano de pinar. Vegetación potencial: Bosque de pinos con setobosque heliófilo formado por matorral de pihornos y enebros. Es la zona climax del pinar, la cual oscila en condiciones normales de 1.700 a 2.050 metros.

TABLA Nº 81

182

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>pH</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>0</sub>	4,4	3,5	-	13,98	0,830	9,7
A <sub>1</sub>	4,2	3,4	-	7,94	0,630	7,3
A <sub>2/C</sub>	5,0	4,3	-	4,79	0,430	6,4

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa
A <sub>0</sub>	20,30	14,55	18,38	46,95
A <sub>1</sub>	17,89	7,58	17,03	57,31
A <sub>2/C</sub>	12,00	13,25	16,50	57,71

TABLA Nº 82

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
A <sub>0</sub>	1,41		1		4,55	0,14
A <sub>1</sub>	2,36		1		9,80	0,07
A <sub>2/C</sub>	0,90		1		5,60	0,13

TABLA Nº 83

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		Total%	Libre/total%
A <sub>0</sub>	1,86	1,94	95,8
A <sub>1</sub>	2,04	2,04	100,0
A <sub>2/C</sub>	2,73	2,75	100,0

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		Total%	Libre/total%
A <sub>0</sub>	699	10,19	0,686
A <sub>1</sub>	1209	11,11	1,088
A <sub>2/C</sub>	2547	13,76	1,851

**SiO<sub>2</sub>**

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/total%
A <sub>0</sub>	198	55,83	0,034
A <sub>1</sub>	309	62,30	0,049
A <sub>2</sub> /C	490	68,25	0,072

**TABLA Nº 84**Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A <sub>0</sub>	0,27	10,3	16,1
A <sub>1</sub>	0,25	15,1	16,7
A <sub>2</sub> /C	0,19	17,9	10,7

PERFIL M - 9

Suelo desarrollado sobre garnito con unataque químico y físico relativamente intenso, sobre todo en el horizonte  $A_1$  en que la cantidad de limo es alta. De todos modos la cantidad de arena es muy grande como corresponde a la inatacabilidad de muchos constituyentes del material original.

El suelo es muy ácido y con gran cantidad de materia orgánica, mal humificada, como corresponde a la altura y a la vegetación que existe.

La cantidad total de hierro es pequeña pero todo él, está en forma soluble como se manifiesta por la razón  $Fe_2O_3$  libre/ $Fe_2O_3$  total. La naturaleza de la materia orgánica es muy favorable a la formación de complejos órgano-metálicos y mantiene todo el hierro en forma extraíble. Lo mismo sucede para el  $Al_2O_3$  con valores muy altos y una emigración hacia los horizontes inferiores, que se puede atribuir a una causa análoga.

La sílice en cambio tiene valores menores y hay que suponer que se lava preferencialmente por lo que hay una acumulación hacia el horizonte inferior.

Los valores de la razón  $SiO_2$  libre/ $Al_2O_3$  libre son muy bajos, lo que demuestra la acumulación del aluminio. También el valor de la razón  $Fe_2O_3$  libre/ $Al_2O_3$  libre da cuenta de dicha acumulación, si bien esto es debido en parte a la escasa cantidad de hierro total.

PERFIL M - 13

Situación.- Del Puerto de los Cotos al Paular.  
 Topografía.- Ondulada 20%.  
 Vegetación.- Pinus silvestris, quercus pyrenaica etc..  
 Material originario.- Granito.  
 Altitud.- 1.450 metros, exp. SE.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 20	A	Color 10 YR 3/2. Hugas multiforme. Textura arenosa. Estructura grumosa suelta. Muchas raíces y raicillas que sobre fieltro de 8 cms. permite desgajar el horizonte.
20 - 35	A/(B)	Color 10 YR 5/3, ligeramente amarillento. Textura y estructura igual que el anterior. Raíces.
más de 35	B	Color 10 YR 5/3. Gran cantidad de piedras. Transición de horizonte difuso.

Observaciones.- Perfil tomado en pinar con sotobosque de quercus pyrenaica.

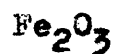
TABLA Nº 85

Hor.	H <sub>2</sub> O	pH	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	MO%	N%	C/N
A	5,25	4,1	-	-	9,39	0,730	7,3
A/(B)	5,5	4,3 c	-	-	6,77	0,420	9,2
B	5,5	4,35	-	-	4,89	0,490	5,7

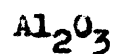
Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.de
A	18,00	23,75	13,60	44,98	
A/(B)	18,75	19,25	20,58	42,73	
B	7,52	11,41	17,68	63,38	0,4

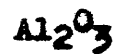
TABLA Nº 86

Hor.	Arcilla	:	Limo	;	Arena	Limo
A	0,76		1		2,46	0,23
A/(B)	0,97		1		3,28	0,19
B	0,66		1		7,10	0,11

TABLA Nº 87

Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%	Ind.de arr.
A/(B)	1,23	3,22	38,1	
B	1,09	3,43	31,8	1,0





Hor.	Libre ppm	Total%	Libre/total%	Ind.ar
A/(B)	2344	14,14	1,657	
B	2192	16,56	1,323	0,9



A/(B)	392	67,00	0,058	
B	473	63,95	0,074	1,2

TABLA N<sup>o</sup> 88

Con  $\text{AcNH}_4$

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
A/(B)	0,16	31,9	3,3
B	0,21	43,4	4,9

Suelo desarrollado sobre granito, con bastante desintegración física y química, con cantidad de  $\text{SiO}_2$  bastante alta. En el horizonte B se acusa la influencia de la roca madre.

Es un suelo fracamente ácido, con bastante cantidad de materia orgánica no bien humificada; pero mejor que en el M - 9. De este modo no toma parte demasiado activa en la formación de complejos hierro-materia orgánica, por lo que la razón hierro libre/hierro total es más bien baja.

En cambio existe una liberación muy acusada de aluminio que queda en forma extraíble por el  $\text{AcNH}_4$ , obteniéndose valores muy altos, más que en algún otro perfil. Es posible que la estabilidad de los complejos aluminio-materia orgánica sea mayor que la de los hierro-materia orgánica para una determinada naturaleza de ésta última.

Los valores de sílice extraíble, son también algo superiores a los de los otros perfiles desarrollados sobre granito, pero a pesar de eso, la razón  $\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre es muy baja como corresponde a este tipo de suelo y aumenta algo en profundidad.

Parece que la movilización de la sílice es mayor que la del aluminio y queda detenida en el horizonte B. La razón hierro libre/aluminio libre es muy baja como corresponde a la escasa cantidad de

hierro total y extraíble y a la gran cantidad de aluminio puesto en libertad.

La acumulación del aluminio extraíble se produce en este suelo fundamentalmente en el horizonte A/B.

PERFIL M - 15

Situación.-	Montejo de la Sierra.Nac to del Jarama.
Topografía.-	Ondulada 20%.
Vegetación.-	Fagus silvatica,galium ro difolium,etc..
Material originario.-	Granito.
Altitud.-	1.450 metros,exp:NE.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 3	A <sub>00</sub>	Forna
3 - 10	A <sub>f</sub>	Color oscuro.Capa de fermen- tación.
10 - 20	A <sub>h</sub>	Color oscuro,más claro que el anterior.raices y lombrices,
20 - 40	B <sub>1</sub>	Color más claro.
40 - 100	B <sub>2g</sub>	Color más claro.Bastante can- tidad de arena.Muy húmedo pl tico.Lombrices.

Observaciones.-El perfil fué tomado en el bosque de hayas denso.El hayedo es el climax.D de el punto de vista fitosociológico pertenece a la alianza Fagión,propia de los bosques atlántico-centroeuropeo La asociación es el Galio-Fagetum y presenta el dorde más meridional de l hayedos de SO de Europa.La degradación del hayedo conduce a un matorral de la alianza Iberico-Subatlántico,Genisto-Erición.

TABLA Nº 89

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-PH</sup>	ACI	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
A <sub>f</sub>	5,05	4,3	-	6,54	0,474	8,0
A <sub>h</sub>	5,1	4,35	-	3,68	0,423	5,0
B <sub>1</sub>	5,1	3,85	-	0,78	0,299	1,5
B <sub>2g</sub>	5,15	3,95	-	0,80	0,465	1,7

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr
A <sub>f</sub>	23,21	19,93	35,38	21,49	
A <sub>h</sub>	14,50	31,50	36,12	19,64	
B <sub>1</sub>	14,66	27,55	37,27	20,25	
B <sub>2g</sub>	12,36	20,26	38,91	28,45	0,5

TABLA Nº 90

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
A <sub>f</sub>	1,16		1		2,85	0,20
A <sub>h</sub>	0,46		1		1,77	0,31
B <sub>1</sub>	0,52		1		2,08	0,27
B <sub>2g</sub>	0,61		1		3,32	0,20

TABLA Nº 91

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Total%	Libre/total%	Ind.arr
A <sub>f</sub>	2,02	4,29	47,1	
A <sub>h</sub>	2,11	4,67	45,2	
B <sub>1</sub>	1,90	4,09	46,5	
B <sub>2g</sub>	1,88	4,81	39,2	1,1

Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/total%	Ind.arr
A <sub>r</sub>	219	13,76	0,159	
A <sub>n</sub>	338	14,63	0,231	
B <sub>1</sub>	414	15,19	0,272	
B <sub>2g</sub>	370	15,06	0,245	1,7

SiO<sub>2</sub>

A <sub>r</sub>	136	56,56	0,024	
A <sub>n</sub>	107	61,60	0,017	
B <sub>1</sub>	64	62,83	0,010	
B <sub>2g</sub>	81	65,51	0,012	0,6

TABLA Nº 92Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A <sub>r</sub>	0,62	6,7	94
A <sub>n</sub>	0,32	5,0	62
B <sub>1</sub>	0,15	3,3	45
B <sub>2g</sub>	0,21	4,3	51

Suelo desarrollado sobre esquistos biotíticos. La naturaleza de la roca madre se pone de manifiesto en la gran cantidad de limo formado en la desintegración física y química. También se produce bastante cantidad de arcilla, más en los horizontes superiores objeto de ataque químico más intenso.

El pH es ácido y la cantidad de materia orgánica es poca, pero está bastante bien humificada como se puede demostrar por su capacidad de retención de agua.

La cantidad de hierro total es superior a la de los perfiles desarrollados sobre granito y no presenta acumulación en ningún horizonte del perfil. La relación hierro libre/hierro total es media.

En cambio el aluminio extraíble, con cantidades medias, presenta una acumulación definida en el horizonte B<sub>1</sub> como sucedía en algunos suelos desarrollados sobre granito.

La cantidad de SiO<sub>2</sub> libre es pequeña y disminuye con la profundidad lo que significaría que se lava. De todos modos el que el valor en el horizonte B<sub>2g</sub> sea algo mayor que en el B<sub>1</sub> parece indicar que el lavado no es completo y hay una ligerísima acumulación en este horizonte.

La acumulación del aluminio libre en el horizonte B<sub>1</sub> se pone de manifiesto en el mínimo que se presenta en este horizonte para la razón SiO<sub>2</sub> libre/aluminio libre. La razón hierro libre/aluminio libre presenta un mínimo en este horizonte.

PERFIL M - I

**Fecha.-** 9 de Junio de 1.964  
**Localidad.-** Gran San Blas (Madrid).  
**Situación.-** En el cruce con la Ca de Vicalva-  
ro.  
**Topografía.-** Suavemente ondulada.  
**Vegetación.-** Gramíneas y Compuestas.  
**Agricultura.-** Cereal seco.  
**Material originario.-** Sedimentos terciarios arenosos.  
**Drenaje.-** Externo, bueno; interno, medio.  
**Desarrollo del perfil.-** A/B/CCa

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	(A/B)	Color 10 YR 6/4. Horizonte de esca- sa materia orgánica, estructurado en poliedros de mediano desarrollo, consistencia media y buena permea- bilidad. La transición al (B) es a- brupta. Es un horizonte antrópico.
25 - 80	(B)	Color 10 YR 5/6. Estructura cúbica piramidal muy desarrollada y muy consistente. Permeabilidad media. Se muestran algunas raicillas. La tran- sición al horizonte siguiente es de gradual a difusa. Las unidades es- tructurales con aristas agudas.
80 -110	B/C	Color 10 YR 5/8. La misma estructura que el anterior pero menos desarro- llada y sin coating. Consistencia

media y permeabilidad algo más lenta  
que el anterior.

más de 110 CCa Color IB YR 7/4. Transición difusa. Ma-  
terial de escasa consistencia y permea-  
bilidad más rápida.

TABLA Nº 93

Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-PH-</sup>	KCl	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	MO%	N%	C/N
A/B	6,95	5,95	-	0,65	0,059	6
(B)	6,55	5,40	-	0,38	0,042	5
B/C	6,70	5,30	-	0,14	0,029	3
C/Oa	7,70	6,60	2,8	0,08	0,014	3

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr.
A/B	18,4	14,0	31,2	36,0	
(B)	24,6	12,0	27,7	35,3	1,3
B/C	16,2	19,9	31,0	41,6	
C/Oa	9,2	9,3	25,7	56,0	

TABLA Nº 94

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	arena	Limo
A/B	1,31		1		4,80	0,14
(B)	2,05		1		5,25	0,12
B/C	1,50		1		6,66	0,10

TABLA Nº 95

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ind.arr.
		Total%	Libre/total%	
A/B	0,78	2,59	30,0	
(B)	0,92	2,85	32,1	1,1
B/C	0,66	2,37	27,9	
C/Oa	0,39	2,42	27,2	

$Al_2O_3$ 

Hor.	Libre ppm ( $AcNH_4$ )	Libre ppm ( $Na_2CO_3$ )	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$	Ind. de arr.	
A/B	77	28	0,3		
(B)	119	27	0,2	1,5	0,9
B/C	58	21	0,3		
C/Ca	19	10	0,5		

 $SiO_2$ 

A/B	313	921	2,9		
(B)	265	896	3,3	0,8	0,9
B/C	224	1127	5,4		
C/Ca	207	1693	8,1		

TABLA N<sup>o</sup> 96Con  $AcNH_4$ 

Hor.	$SiO_2/Al_2O_3$ Libre	$SiO_2/Fe_2O_3$ Libre	$Fe_2O_3/Al_2O_3$ Libre
A/B	4,0	40,1	101
(B)	2,2	28,9	76
B/C	3,8	33,8	113
C/Ca	10,8	53,3	204

Con  $Na_2CO_3$ 

A/B	32,8	118,2	278
(B)	33,1	97,7	339
B/C	53,6	170,4	314
C/Ca	169,3	436,3	388

Suelo pardo sobre sedimentos terciarios arenosos, decarbonatado con ligera acumulación de carbonatos en profundidad, ligeramente ácido sobre todo en (B) como consecuencia del lavado; muy pobre en materia orgánica.

Un horizonte (B) de ligera acumulación de arcilla y de óxidos. Mayor el índice de arrastre de la arcilla que el del hierro. La relación Fe libre/Fe total es del orden del 30% con un ligero aumento en el horizonte (B), existiendo un paralelismo entre esta relación y el Fe libre. Ligera acumulación de  $Al_2O_3$  en la parte de  $Al_2O_3$  extraída con  $AcNH_4$  N pH=4,8, no así en la extraída con  $Na_2CO_3$  al 5% que decrece regularmente con la profundidad.

La  $SiO_2$  con  $AcNH_4$  decrece con la profundidad, en cambio la extraída con  $Na_2CO_3$  presenta un mínimo en (B).

En cuanto a las relaciones de unos óxidos libres a otros, varían según el extractante. Con  $AcNH_4$  las relaciones  $SiO_2/Al_2O_3$ ,  $SiO_2/Fe_2O_3$  y  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  presentan un mínimo en (B), en cambio estas mismas relaciones con  $Na_2CO_3$  aumentan progresivamente con la profundidad excepto la  $SiO_2/Fe_2O_3$  que también presenta el mínimo en (B).

Es decir, que en la porción extraída con  $AcNH_4$  existe una acumulación de  $Fe_2O_3$  y  $Al_2O_3$  en el horizonte (B) y mayor en valor relativo de  $Al_2O_3$  y  $Fe_2O_3$ .

TIERRAS PARDAS CALIZAS

PERFIL 3 - 19

Localidad.- Pirineos.  
 Situación.- Valle de la Burunda (Bassicea)  
 Topografía.- Ondulada 2%.  
 Vegetación.- Bosque de robles. Fraxino-car-  
 pineo. Quercus robur, quercus  
 cutinosa.  
 Material originario.- Pizarras calizas.  
 Drenaje.- Suelo llano con drenaje impe-  
 dido.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 2	A	
2 - 12	A/(B)	Impregnado de granos de $\text{CaCO}_3$ . Raíces.
15 - 70	(B)	Demasiado compacto, no penetran raíces.

Observaciones.- Perfil indefinido, abierto hasta 79

TABLA Nº 97

Hor.	pH(H <sub>2</sub> O)	CO <sub>3</sub> <sup>==</sup>	NO%	N%	C/N
A/B	7,66	6,72	7,85	1,77	2,5
B	8,2	18,36	5,51	1,64	1,94
B <sub>1</sub>	8,45	23,00	3,18	2,06	0,87

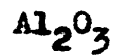
Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr
A/B	17	67	13,13	3,09	
B	31	46,21	20,27	2,49	1,8
B <sub>1</sub>	46,32	28,8	21,32	3,55	2,8

TABLA Nº 98

Hor.	Arcilla	:	Limo	;	Arena	Limo
A/B	0,25		1		0,24	0,67
B	0,67		1		0,49	0,46
B <sub>1</sub>	1,6		1		0,87	0,28

TABLA Nº 99

Hor.	Libre%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ind.arr
		Total%	Libre/total%	
A/B	2,39	3,69	64,8	
B	2,30	3,74	61,5	1,0
B <sub>1</sub>	2,28	3,87	58,8	1,0



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/Total%	Ind. de arr
A/B	72	12,97	0,055	
B	71	13,20	0,053	1,0
B <sub>1</sub>	102	12,87	0,078	1,4



A/B	298	52,83	0,056	
B	213	50,25	0,042	0,7
B <sub>1</sub>	187	45,36	0,041	0,6

TABLA N<sup>o</sup> 100

Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A/B	4,13	12,5	332
B	3,00	9,2	324
B <sub>1</sub>	1,83	8,2	223

Suelo desarrollado sobre pisarras calizas, muy rico en materia orgánica, y con un horizonte de acumulación de arcilla.

La relación hierro libre/hierro total es del orden de 60%, no existiendo acumulación de hierro en algún horizonte, pero sí de aluminio libre en lo que se refiere a la extracción con  $\text{AcNH}_4$ .

La sílice decrece con la profundidad.

Las relaciones de unos óxidos a otros también d crecen todas con la profundidad.

TABLA Nº 101

Hor.	pH(H <sub>2</sub> O)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
A	6,17	1,04	14,42	3,45	2,42
B	7,08	0,70	5,19	2,62	2,19
B <sub>1</sub>	8,1	4,00	1,98	1,9	0,65

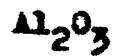
Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa	Ind.arr
A	23,32	58,95	9,73	8,09	
B					
B <sub>1</sub>	37,75	46,75	11,75	4,77	1,6

TABLA Nº 102

Hor.	Arcilla	:	Limo	:	Arena	Limo
A	0,39		1		0,30	0,59
B						
B <sub>1</sub>	0,80		1		2,83	0,47

TABLA Nº 103

Hor.	Libre%	Total%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre/total%	Ind.arr
A	3,11	4,52	68,8	
B	3,73	5,65	66,0	1,2
B <sub>1</sub>	3,83	5,58	68,6	1,2



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Total%	Libre/total%	Ind.arr.
A	81	12,23	0,066	
B	155	15,42	0,100	1,9
B <sub>1</sub>	223	15,93	0,139	2,7



A	222	48,45	0,046	
B	200	59,86	0,033	0,9
B <sub>1</sub>	200	54,86	0,036	0,9

TABLA N<sup>o</sup> 104

Con AcNH<sub>4</sub>

Hor.	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Libre
A	2,73	7,1	384
B	1,29	5,3	240
B <sub>1</sub>	0,89	5,2	171

PERFIL 8 - 8

Suele desarrollado sobre pizarras calizas. Materia orgánica muy abundante sobre todo en el horizonte superficial, con un C/N muy bajo.

Acumulación de arcilla en el horizonte B<sub>1</sub> y ligera acumulación de hierro en el mismo horizonte.

La relación hierro libre/hierro total es del orden de 60%.

En el horizonte B<sub>1</sub> también existe una acumulación acusada de aluminio libre.

La sílice disminuye ligeramente.

Las relaciones de unos óxidos a otros disminuyen con la profundidad.

RENDZINAS

PERFIL M - VII

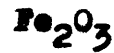
Fecha.- 9 de Julio de 1.964  
 Localidad.- Guadalix (Madrid).  
 Situación.- A la altura del Km.5 de la CA de  
 Pedrezuela a Guadalix.  
 Topografía.- Cerros alomados.  
 Agricultura.- Erial a pastos y encinar.  
 Material originario.-Calizas Cretácicas.  
 Drenaje.- Externo e interno,rápidos.  
 Desarrollo del perfil.-A/Cl/c.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 35	A	Color 10 YR 4/2.Materia orgánica abundante.Estructura de pequeños poliedros subangulares a grumos de consistencia media.Horizonte muy pedregoso,bien enraizado por la cubierta vegetal subalpina.Poca actividad biológica.Transición de abrupta a gradual con el horizonte siguiente.Naturalmente ofrece reacción al ClH.
35 - 55	Cl	Es un horizonte mucho más pedregoso y bien impregnado de material húnico.La caliza aparece descompuesta,siendo margo arenoso.Enraizado como el anterior.
más de 55	C	Caliza-cretácica.

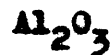
Hor.	H <sub>2</sub> O <sup>-pH-</sup>	KCL	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	MO%	N%	C/N
A	7,20	6,60	58,7	3,90	0,204	11
C <sub>1</sub>	8,10	7,35	76,9	2,43	0,122	11

Hor.	Arcilla	Limo	Arena fina	Arena gruesa
A	17,3	37,5	37,1	8,1
C <sub>1</sub>	19,6	48,1	26,7	7,0

TABLA N° 106



Hor.	Libre%	Total%	Libre/total%
A	0,67	1,42	47,2
C <sub>1</sub>	0,58	1,09	57,7



Hor.	Libre ppm (AcNH <sub>4</sub> )	Libre ppm (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
------	-----------------------------------	---	---------------------------

A	12	37	3,1
C <sub>1</sub>	8	32	4,0



A	265	248	0,9
C <sub>1</sub>	193	234	1,2

TABLA N<sup>o</sup> 107Con  $\text{AcNH}_4$ 

Hor.	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Libre	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ Libre
A	22,0	39,4	559
C <sub>1</sub>	24,1	33,2	725

Con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 

A	6,7	36,9	181
C <sub>1</sub>	7,3	40,2	181

PERFIL M - VII**Rendzina parda.**

El horizonte A es ligeramente menos arcilloso que el C, en cambio es poco más rico en hierro y en aluminio y sílice, tanto la extraída con  $\text{AcNH}_4$  como con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

La relación  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  es también mayor en A que en  $\text{C}_1$ , en cambio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  son menores.

Las obtenidas a partir del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  varían  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  menores en A que en  $\text{C}_1$   $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  son exactamente iguales.

**DISCUSSION**

El comportamiento de los coloides libres de hierro, aluminio y sílice en los distintos tipos de suelos estudiados, presenta algunas diferencias que hay que atribuir a la naturaleza del proceso químico que ha dado origen a la formación del suelo, a la naturaleza del material original y a las posibilidades de movilización de dichos coloides.

El ataque químico con liberación de sustancias depende del material original y del clima en el que se producen los distintos procesos. Un índice de la intensidad de este ataque viene dado por la cantidad de arcilla existente y la relación de elementos f a otras clases gruesas. Puede tener importancia también la movilización de elementos finos en profundidad.

Expresamos en la tabla 1 las cantidades de los componentes minerales del suelo, la naturaleza del material original, y la textura del suelo en los diferentes horizontes.

Se han eliminado de la tabla aquellos perfiles en horizontes que tienen carbonato cálcico ya que dado el método de determinación empleado parte del  $\text{CaCO}_3$  queda en las distintas fracciones y no da idea clara del ataque químico.

De los valores de la tabla se deduce que en líneas generales la textura de las terra fusca y terra rossa son arcillosas, con tendencia a la franca en aquellos horizontes en que se ha producido una terri-

ficación. Son suelos por tanto con fuerte ataque químico y en aquellos lugares en que el clima actual es apropiado se ha producido una terrificación que conduce a una formación de agregados no dispersables con aumento de las fracciones más gruesas que la arcilla.

Los suelos rojos tienen una textura semejante con una acumulación de los elementos finos en el horizonte B.

Los suelos desarrollados sobre granito tienen una textura que va desde franco-arenosa a arenosa-franca. El ataque químico no es muy intenso y por otra parte se demuestra la gran abundancia de minerales no atacables con valores altos a muy altos de la arena. Cuando el suelo se desarrolla sobre material más atacable tales como esquistas, en el perfil 15, o el clima es más apropiado como en el 13, situado en la parte norte de la Sierra de Guadarrama, aumenta la cantidad de limo y arcilla, pero no existe acumulación de ésta en el horizonte B.

Podemos pues indicar que mientras en los suelos rojos se suele producir una acumulación de arcilla en los horizontes B, esta circunstancia no se da en el caso de los suelos desarrollados sobre material granítico o semejante.

En la relación arcilla/limo los valores suelen ser superiores en la tierra fusca, terra rossa y suelos rojos que en los suelos desarrollados sobre material granítico. De todos modos la terrificación se acusa en un aumento de la fracción limo, y disminución de esa razón.

Por otra parte los valores de la razón arena/ limo son en general inferiores en los suelos primariamente citados. De aquí que los valores de la columna denominada limo y obtenida por la relación inversa de la suma de los valores arcilla + limo + arena obtenidos por la relaciones sean intermedios en los suelos rojos, terra fusca y terra rossa con una tendencia a ser bajos cuando no existe terrificación y bajos a muy bajos en aquellos suelos con poco ataque químico en los que predomina la fracción arena de una manera muy acusada.

<u>Suolo</u>	<u>Mat. orig</u>	<u>ars.</u>	<u>limo</u>	<u>arena.</u>	<u>arc:limo:arena</u>	<u>Line</u>	<u>Textura</u>
<b>F<sub>1</sub> terra fusca</b>							
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Cali. lias.	47,1	34,1	12,4	1,38	1 0,36	0,36 Arcillosa
B <sub>1</sub>		39,5	44,1	12,6	0,89	1 0,28	0,45 Arcillosa
B <sub>2</sub>		70,4	23,2	4,5	3,05	1 0,19	0,23 Arcillosa
<b>F<sub>2</sub> terra fusca</b>							
Cali.							
A <sub>0</sub>		22,2	24,9	43,1	0,89	1 1,73	0,27 Franca
A <sub>1</sub>		23,7	26,4	44,3	0,87	1 1,64	0,28 Franca
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>		32,0	26,5	38,4	1,20	1 1,45	0,27 Franco-arci
B <sub>1</sub>		39,1	23,9	33,7	1,63	1 1,41	0,24 Arcillosa
B <sub>21</sub>		50,1	20,2	26,6	2,48	1 1,31	0,20 Arcillosa
B <sub>22</sub>		64,0	16,7	14,9	3,83	1 0,89	0,17 Arcillosa
<b>F<sub>3</sub> terra fusca</b>							
Cali. Metam. Cretac.							
A <sub>0</sub>		46,8	18,8	32,3	2,48	1 1,71	0,19 Arcillosa
A <sub>1</sub>		46,5	18,8	30,0	2,47	1 1,59	0,20 Arcillosa
B <sub>21</sub>		63,5	18,9	15,8	3,35	1 0,83	0,19 Arcillosa
B <sub>22</sub>		63,3	19,0	16,3	3,33	1 0,85	0,19 Arcillosa
<b>M-X terra rossa</b>							
Cali. pont.							
1		24,4	18,2	57,7	1,34	1 4,85	0,13 Fr-Ar-Aren
2		39,6	16,1	43,2	2,45	1 2,68	0,16 Arcillosa
<b>C-V terra rossa</b>							
Caliza							
A <sub>0</sub>		39,3	29,3	21,5	1,33	1 0,73	0,32 Arcillosa
B <sub>1</sub>		46,6	25,4	23,9	1,82	1 0,93	0,26 Arcillosa
B <sub>2</sub>		84,7	7,3	4,2	11,69	1 0,57	0,07 Arcillosa

<u>Suelo</u>	<u>Mat. orig</u>	<u>arc.</u>	<u>limo</u>	<u>arena.</u>	<u>arc:limo:arena</u>			<u>Limo</u>	<u>Textura</u>
<b>C-I suelo rojo</b>									
<b>Pisarras</b>									
A <sub>p</sub>		12,1	28,1	60,0	0,40	1	2,13	0,30	Fr.aren.
B <sub>11</sub>		11,1	26,1	63,1	0,44	1	2,41	0,25	"
B <sub>21</sub>		22,9	30,0	48,2	0,76	1	1,60	0,30	Francoso
B <sub>22</sub>		44,8	30,8	24,7	1,45	1	0,80	0,30	Arcillosa
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>		27,0	42,1	29,5	0,64	1	0,70	0,40	Francoso
C <sub>1</sub>		24,9	39,3	34,5	0,63	1	0,87	0,40	"
<b>C-II suelo rojo</b>									
<b>Pisarras</b>									
B <sub>11</sub>		24,5	10,6	62,1	2,3	1	5,8	0,11	Fr.ar.aren.
B <sub>21</sub>		59,3	7,1	32,7	8,3	1	4,5	0,07	Arcillosa
B <sub>22</sub>		82,1	3,5	12,5	23,1	1	3,5	0,03	"
<b>C-IV suelo rojo</b>									
<b>Contra cal. dep.mioceno</b>									
A <sub>p</sub>		27,0	11,8	60,3	2,3	1	5,1	0,17	Fr.ars.ars
B		52,3	11,3	36,1	4,6	1	3,1	0,11	Arcillosa
<b>C-VI suelo rojo</b>									
<b>Derrubios cuatern.</b>									
B <sub>21</sub>		69,6	10,8	15,0	6,4	1	1,3	0,11	Arcillosa
B <sub>22</sub>		73,8	10,2	11,2	7,2	1	1,1	0,10	"
<b>M-IX terra rossa</b>									
<b>Calizas pentheses</b>									
A <sub>p</sub>		31,4	36,4	28,3	0,86	1	0,77	0,61	Fr.arei.
(B) <sub>1</sub>		49,3	19,2	29,2	2,56	1	1,52	0,19	Arcillosa
(B) <sub>2</sub>		50,9	14,5	32,6	3,51	1	2,24	0,14	"

<u>Suelo</u>	<u>Mat. org.</u>	<u>arg.</u>	<u>lime</u>	<u>arena</u>	<u>arg:lino:arena</u>	<u>lime</u>	<u>Textura</u>
<b>M-XI Pardo rojizo</b>							
<b>Margas</b>							
A <sub>p</sub>	25,0	10,1	63,9	2,47	1	6,32	0,11 Fr.ar. are
(B)	32,1	12,5	58,96	2,56	1	4,32	"
<b>M-VIII Pardo</b>							
<b>granite</b>							
A	9,4	12,9	77,2	0,72	1	5,98	0,13 Fr.aren.
(B)	24,0	13,9	62,2	1,72	1	4,47	0,14 Fr.ar. are
C <sub>1</sub>	23,6	11,0	66,0	2,14	1	6,00	"
<b>M-VI Pardo</b>							
<b>granite</b>							
A	4,7	8,6	85,5	0,54	1	9,94	0,08 Are.Fran.
(B)	5,1	8,7	85,9	0,58	1	9,87	"
<b>M-9 Pardo</b>							
<b>granite</b>							
A <sub>0</sub>	20,3	14,4	65,3	1,41	1	4,55	0,14 Fran.aren
A <sub>1</sub>	17,9	7,6	74,5	2,36	1	9,80	"
A <sub>2</sub> /C <sub>1</sub>	12,0	13,2	74,8	0,90	1	5,60	"
<b>M-2 Pardo</b>							
<b>granite</b>							
A <sub>0</sub>	12,4	9,9	77,7	1,25	1	7,8	0,10 Fran.aren.
A/B	4,5	6,6	88,9	0,62	1	13,4	0,06 Arenosa
(B)/C	10,4	8,9	80,7	1,17	1	9,0	0,08 Are.fran.
(B <sub>2</sub> )/C	13,9	25,2	60,9	0,55	1	2,4	0,25 Franaren
<b>M-13 Pardo</b>							
<b>granite</b>							
A	18,0	23,7	58,3	0,76	1	2,46	0,23 Fran.aren
A/(B)	18,7	19,2	62,1	0,97	1	3,28	"
(B)	7,5	11,4	81,1	0,66	1	7,10	0,11 Arenfran.

<u>Suelo</u>	<u>Mat</u>	<u>arc.</u>	<u>line</u>	<u>aren</u>	<u>arc:line:arena</u>	<u>Line</u>	<u>Textura</u>
	<u>orig.</u>						
<b>M-15 Pardo</b>							
<b>Esquistos</b>							
A <sub>f</sub>		23,2	19,9	56,9	1,16	1	2,85 0,20 Fran.am
A <sub>h</sub>		14,5	31,5	54,0	0,46	1	1,77 0,31 Fran.aren
B <sub>1</sub>		14,7	27,5	57,8	0,52	1	2,08 0,27 "
B <sub>2g</sub>		12,4	20,3	67,3	0,61	1	3,32 0,20 "
<b>M-I Pardo</b>							
<b>Sedin.</b>							
A/B		18,4	14,0	67,2	1,31	1	4,80 0,14 Fran.aren.
(B)		24,6	12,0	63,0	2,05	1	5,25 0,12 Fr.aren.
B/C		16,4	10,9	72,6	1,50	1	6,65 0,10 Fran.aren

En la tabla II se dan los valores de pH, carbonato cálcico, materia orgánica, razón C/N como índice de humificación, hierro total y hierro libre, relación hierro libre/hierro total e índices de arrastre del hierro y de la arcilla.

En lo que respecta al hierro total, se puede ver que los valores máximos se presentan en las terras fúscas, terras rossas y suelos rojos, y los mínimos en los suelos desarrollados sobre granito. Hace excepción el horizonte (B)/C del suelo M-2 en que se observa una fuerte acumulación de hierro.

En líneas generales existe una acumulación en el horizonte B de los distintos perfiles, menos acentuada en los suelos desarrollados sobre granito, presentándose un máximo de acumulación en la terra fúscas. En los suelos pardo-calizos el material original tiene mayor cantidad de hierro total que en los distintos horizontes, lo que significa que no hay horizonte de acumulación propiamente dicho.

Cuando se comparan los valores del índice de arrastre del hierro y de la arcilla, se comprueba que son de análogo orden de magnitud, pero en líneas generales es mayor para la arcilla en los suelos rojos, terra rossa y terra fúscas, y menores en los suelos desarrollados sobre granito; en los pardo-calizos el valor es muy próximo a la unidad. En la tabla VI establecemos los valores del índice de arrastre para los horizontes B de los suelos. Se puede ver que en líneas generales las mayores acumulaciones de hierro y arcilla en el horizonte B se produ-

con en los suelos indicados y en general es mayor para la arcilla que para el hierro; esto podría suponer una terrificación de los horizontes superficiales con aumento del tamaño de partículas.

Los valores de acumulación del hierro y arcilla en los otros tipos de suelos son bajos, sobre todo para esta última, e incluso hay más arcilla en los horizontes superficiales, probablemente por un mayor ataque químico mediante la materia orgánica a un pH relativamente bajo.

Tiene interés considerar la relación Fe libre/Fe total en los distintos tipos de suelos. La acumulación de hierro en los horizontes B de los suelos en que se produce, no lleva aparejada un aumento de esta relación. En líneas generales se mantiene constante en todo el perfil con pequeñas variaciones de un horizonte a otro. En cambio existen diferencias acusadas de uno a otro tipo de suelo. Cuando el pH es superior a 7 los valores para la razón considerada son del mismo orden o menores en los horizontes superficiales, lo que parece indicar que la materia orgánica no tiene gran importancia en la existencia de formas libres de hierro.

En cambio para valores de pH bajos, la materia orgánica juega un papel más importante en la solubilización de las formas de hierro. En casos particulares, como sucede en el suelo M-9 con un pH francamente bajo, gran cantidad de materia orgánica mal humificada por la naturaleza de la vegetación, todo el hierro está prácticamente en forma soluble.

Quando se consideran los valores para la razón Fe libre/Fe total en el horizonte B de distintos tipos de suelos, dados en la tabla, se puede ver que las terras fuscas, terras rossas y suelos rojos presentan valores comprendidos entre 60 y 80%. A ellos se asemejan las tierras pardascalizas con valores superiores para el S-8 en que ya está prácticamente descalcificada. El suelo pardo rojizo y la rendzina parda tienen un valor aproximadamente de 40-50%, así como el suelo pardo desarrollado sobre esquistos.

Los suelos pardos desarrollados sobre granito tienen valores algo diferentes según que la roca sea o no compacta, o sean sedimentos, y según la naturaleza y cantidad de materia orgánica y el pH. En general, y para suelos normales, el valor de la razón oscila alrededor de 30%. Para suelos pardo-calizas con  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil, y condiciones de desarrollo en clima semiárido, con poco ataque químico, los valores están comprendidos entre 20 y 30%.

De estos datos se puede deducir que un ataque químico intenso con descalcificación, conduce a la liberación del hierro en formas bastantes solubles. La ferrificación de estos suelos no conduce a la insolubilización de estas formas de hierro, ya que la relación al hierro total permanece sensiblemente constante.

Perfil Mat. ori.	pH (H <sub>2</sub> O)	MO%	C/N	CO <sub>3</sub> <sup>c</sup>	Fe t. %	Fe s. %	I.a. Fe	I.a. arc.	Obser.	Fe I / Fe t
<b>F<sub>1</sub> terra fusca</b>										
<b>Calizas liásicas</b>										
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,70	9,22	20	-	6,21	3,74	1,2	1,5	Terrific	60,1
B <sub>1</sub>	7,75	6,07	16	-	6,48	4,05				62,5
B <sub>2</sub>	7,70	2,17	10	-	7,75	4,74	1,2	1,5		61,8
<b>F<sub>2</sub> caliza</b>										
A <sub>0</sub>	6,95	7,28	16	-	4,03	3,94				97,7
A <sub>1</sub>	6,95	3,88	15	-	4,85	4,39				90,4
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,50	2,28	11	-	6,18	5,54				89,6
B <sub>1</sub>	7,70	1,59	10	-	8,30	6,59	1,6	1,7		79,3
B <sub>21</sub>	7,50	1,10	8	-	9,05	7,24	1,8	2,2		80,0
B <sub>22</sub>	7,65	0,72	6	-	10,55	9,22	2,3	2,8		87,9
<b>F<sub>3</sub> calizas netan. Terrificada</b>										
A <sub>0</sub>	7,35	7,96	10	-	6,93	5,77				83,1
A <sub>1</sub>	7,30	6,48	11	-	8,52	7,23				84,8
B <sub>21</sub>	7,50	2,21	9	-	13,27	11,85	2,0	1,3		89,4
B <sub>22</sub>	7,65	1,01	6	-	13,23	11,67	2,0	1,3		88,1
<b>M-X terra rossa</b>										
<b>caliza pantien.</b>										
B <sub>1</sub>	7,70	1,36	10	-	3,25	1,74				53,3
B <sub>2</sub>	7,70	1,97	10	-	4,19	2,51				59,9
<b>C-V caliza Terrificada</b>										
A <sub>0</sub>	7,15	14,00	14	-	6,73	4,82				71,6
B <sub>1</sub>	6,90	5,98	11	-	7,59	5,39	1,1	1,1		71,0
B <sub>2</sub>	6,80	1,45	3	-	9,05	6,50	1,3	2,1		71,6

Perfil Mat. pH MO% C/N CO<sub>2</sub> Fe 1. Fe t. I.a. I.a. Fe<sub>1</sub> Observ.  
ori. (H<sub>2</sub>O) % % Fe Ar. Fe<sub>1</sub>

C<sub>1</sub> suelos rojos  
pisarras

A <sub>p</sub>	6,35	1,69	11	-	4,19	5,55	1,0		75,4
B <sub>11</sub>	6,30	1,10	8	-	4,33	5,84	1,0	0,9	74,1
B <sub>21</sub>	6,05	0,64	6	-	4,20	6,26	1,0	1,9	67,1
B <sub>22</sub>	6,60	0,43	6	-	5,33	8,20	1,2	3,7	65,0
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	6,75	0,17	3	-	4,74	7,75			61,1
C <sub>1</sub>	6,65	0,21	4	-	3,56	5,60			63,5

C-II pisarras

B <sub>21</sub>	6,65	3,29	13	-	3,64	5,21			69,9
B <sub>21</sub>	6,60	1,20	8	-	6,08	8,11	1,6	2,4	75,0
B <sub>22</sub>	7,35	0,74	5	-	7,29	9,71	2,0	3,4	75,0
B <sub>2Ca</sub>	7,85	0,53	4	16,	6,22	8,03			77,5
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	8,00	0,24	3	36,	2,86	4,06			70,4

C-IV dep. detriticos

A <sub>p</sub>	7,85	1,21	8	tr.	2,76	4,20			65,6
B	7,75	0,90	6	tr.	4,39	6,50	1,5	1,0	67,5
D	8,00	0,40	8	38	2,20	4,20			52,4

C-VI derrub. suat.

A <sub>p</sub>	7,85	1,72	10	17,	2,87	4,72			60,8
B <sub>1</sub>	7,80	1,21	9	6	3,40	5,03	1,4	1,2	67,6
B <sub>21</sub>	7,65	0,95	7	tr.	5,15	7,66	2,1	1,5	67,2
B <sub>22</sub>	7,50	0,64	3	-	5,16	7,99	2,1	1,4	64,5
B/Ca <sub>1</sub>	7,60	0,43	5	36	2,98	5,16			57,7
Ca <sub>2</sub>	7,75	0,31	4	50	2,20	3,68			59,8
C <sub>1</sub>	7,70	0,22	5	60	1,67	3,13			53,3

Perfil Mat. pH MO% C/N CO<sub>2</sub> Fe l.Fe t.Ia.I.a.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Observac.  
 ori.(H<sub>2</sub>O) % % Fe Ar.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## M-IX Cal.pent.

Terra rossa  
calc.y terrif

A <sub>p</sub>	7,65	4,10	11	14,1	3,45	5,50				62,8
B <sub>1</sub>	7,65	2,19	8	22,3	4,12	5,64	1,0	1,5		73,1
B <sub>2</sub>	7,70	2,38	9	26,7	3,58	5,25	1,0	1,5		69,2
C <sub>1</sub> /C	7,75	0,55	9	67,7	1,56	2,53				61,5

## M-XI suelo pardo rojizo

marga  
oligoceno

A <sub>p</sub>	7,65	0,78	8	-	1,38	3,15				43,7
(B)	7,40	0,59	7	-	1,74	3,97	1,2	1,2		44,3
(B)/C	7,60	0,74	5	7,6	1,13	3,07	0,8	1,4		36,9
Ca/C	7,70	0,29	5	24,1	0,84	2,88				28,9

## M-II suelos pardos calizos

marga  
yesifera

B	7,80	1,93	10	0,5	0,56	2,77				20,3
C	7,70	0,79	8	10,7	0,98	5,52				17,8

C-III marga  
miocena

A <sub>p</sub>	7,90	2,74	9	21,9	1,03	3,31				31,0
B <sub>1</sub> Ca	7,65	1,21	8	20,3	1,03	3,59	1,0	0,8		28,7
B <sub>2</sub> Ca	8,00	0,52	7	29,6	0,96	3,41	0,9	0,8		28,2
B <sub>3</sub> Ca	7,60	0,31	4	28,2	1,03	3,48	1,0	0,8		29,5
C <sub>1</sub> (Ca)	7,75	0,26	4	21,5	1,13	3,66				30,9
C <sub>2</sub> (Ca)	7,75	0,22	2	19,1	1,48	4,14				35,8

M-IV marga  
oligocena

A/(B)p	7,80	1,28	7	8,1	1,95	6,83				28,5
B	7,75	0,79	7	10,2	1,92	6,70	1,0	1,1		28,5
B/C	7,90	0,41	5	14,2	2,00	6,77				29,9
C	7,90	0,17	2	5,7	1,83	7,08				25,8

Perfil Mat. pH MO% C/N CO<sub>2</sub> Fe 1. Fe t. I.a I.a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Observac.  
ori. (H<sub>2</sub>O) % % Fe. Arc. Tot

**M-III Calizas  
micocénicas**

A<sub>0</sub>/A<sub>1</sub> 7,75 3,34 10 36,9 0,41 1,51 27,3

Suelos pardos

**M-VIII granito**

A 6,60 1,40 10 - 0,73 2,02 36,1

(B) 5,70 0,41 10 - 1,12 3,36 1,5 2,5 33,5

C<sub>1</sub> 6,85 0,24 10 - 1,03 2,93 35,1

**M-VI granito**

A 6,70 1,53 18 - 0,58 1,88 30,9

(B) 6,40 0,60 15 - 0,59 2,16 1,0 1,0 27,4

**M-9 granito**

A<sub>0</sub> 4,40 14,00 9,7 - 1,86 1,94 95,8

A<sub>1</sub> 4,20 7,90 7,1 - 2,04 2,04 1,0 0,8 100,0

A<sub>1</sub>/C<sub>1</sub> 5,0 4,80 6 - 2,73 2,75 1,4 0,7 100,0

**M-2 granito**

A<sub>0</sub> 5,7 4,39 6 - 1,13 2,64 42,8

A/B 6,3 1,15 3 - 1,35 3,18 1,2 0,3 42,5

B/C 6,2 0,17 - 6,90 13,69 5,2 0,8 50,3

(B<sub>2</sub>)/C 5,6 0,21 - 2,07 4,06 1,5 1,1 50,9

**M-15 esquistos  
biotíticos**

A<sub>1</sub> 5,05 6,54 8 - 2,02 4,29 47,1

A<sub>2</sub> 5,10 3,68 5 - 2,11 4,67 1,1 0,6 45,2

B<sub>1</sub> 5,10 0,78 1 - 1,90 4,09 0,9 0,6 46,5

B<sub>2g</sub> 5,15 0,80 2 - 1,88 4,81 1,1 0,5 39,2

Perfil Mat. pH MO% C/N CO<sub>2</sub> Fe l. Fe t. I.a.I.a.Fel Observ.  
ori.(H<sub>2</sub>O) % % Fe Arc.Fel

## M-13

A/B granito	5,50	6,77	9	-	1,23	3,22			38,1
B	5,50	4,85	5	-	1,09	3,43	1,0	0,4	31,8

## M-I sedimentos terciarios

A/B	6,95	0,65	6	-	0,78	2,60			30,0
(B)	6,55	0,38	5	-	0,92	2,85	1,1	1,3	32,1
B/C	6,70	0,14	3	-	0,66	2,37			27,9
C/Ca	7,70	0,08	3	2,80	0,39	2,42			27,2

## M-V sedimentos arenosos

A	7,75	4,43	12	8,1	0,92	3,11			29,6
B	7,45	0,91	7	8,4	0,98	3,48	1,0	0,9	28,3
Ca/C	7,70	0,47	7	15,8	1,05	3,86			27,2

Margas arenosas mioceno

## Tierras pardas calizas

## S-19

A/B	7,66	7,85		6,7	2,39	3,69			64,8
B	8,20	5,51		18,3	2,30	3,74	1,0	1,8	61,5
B <sub>1</sub>	8,45	3,18		23,0	2,28	3,87	1,1	2,7	58,8

## S-8

A	6,17	11,4		1,0	3,11	4,52			68,8
B	7,1	5,19		0,7	3,79	5,65	1,2		66,0
B <sub>1</sub>	8,1	1,98		4,0	3,83	5,58	1,2		68,6

## M-VII.-Rendzina parda caliz.cret.

A	7,20	3,90	11	18,7	0,67	1,42			47,2
C <sub>1</sub>	8,10	2,43	11	18,9	0,58	1,09			57,7

En la tabla III se dan los valores obtenidos para el aluminio libre con los dos extractantes utilizados,  $\text{AcNH}_4$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , así como el índice de arrastre de cada uno y como comparación el índice de arrastre de la arcilla.

Cuando se estudian los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre extraídos por  $\text{AcNH}_4$  se puede ver que existe una acumulación fuerte, hasta muy fuerte en los horizontes B de los perfiles de terra fusca, terra rossa y suelos rojos. El índice de arrastre es asimismo muy fuerte y mayor en general que el de la arcilla, por lo que si bien se puede suponer una emigración simultánea, absorvido el aluminio por aquella, o como catión de cambio, parece por otra parte que existen otros tipos de formas libres no asociadas a la arcilla y que se acumulan en estos horizontes. Los valores son relativamente bajos en los horizontes superiores pero alcanzan valores francamente altos en los horizontes B. Hace excepción el perfil M-IX con valores bajos y prácticamente sin acumulación.

En los suelos pardo-calizos los valores son mucho más bajos y la acumulación apenas se manifiesta. La presencia de  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil contribuye a la transformación de las formas solubles de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en insolubles, o favorece la formación de minerales en los que interviene el aluminio. Esos valores bajos se dan también en las tierras pardas calizas, con valor más alto para la S-S casi descalcificada. También tiene valores bajos la rendzina parda con gran cantidad

de  $\text{CaCO}_3$ .

En los suelos pardos desarrollados sobre granito hay diferencias muy acusadas. Mientras que en los desarrollados en climas de poca precipitación y elevado pH como sucede en los M-VI, M-VIII, y M-2 los valores no son demasiado altos; en los que tienen un pH bajo y gran cantidad de materia orgánica mal humificada se obtienen valores muy altos, lo que podría atribuirse a la formación de complejos aluminio-materia orgánica. En los suelos desarrollados sobre sedimentos silíceos los valores son bajos.

Sin poder establecer límites muy definidos se puede considerar que en los suelos desarrollados sobre roca madre granítica, hay una liberación de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en forma soluble que alcanza valores muy altos cuando la materia orgánica está mal humificada y que son capaces de emigración aunque el índice de arrastre no sea muy grande. Cuando la roca madre son sedimentos silíceos los valores son mucho más bajos, lo que parece demostrar que las formas solubles han sufrido ya un proceso de insolubilización en ataques químicos anteriores.

En las terras fúscas, terras rojas y suelos rojos los valores son relativamente altos, con acumulación en el horizonte B acusada, y menos manifiesta en los perfiles que han sufrido una terrificación que parece conducir a formas menos solubles en el extractante acetato amónico.

El mismo proceso de disminución de solubilidad del  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se presenta en aquellos perfiles que con-

tienen  $\text{CaCO}_3$  y parece ser la presencia de éste la causa determinante. Esto se ve muy claro en el perfil M-IX que siendo de color rojo tiene  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil y bajo valor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre en el horizonte B.

La extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  presenta como característica esencial el dar valores bastante uniformes en todo el perfil, no presentándose horizonte de acumulación y con índice de arrastre inferior a la unidad. Otra característica, asimismo bastante general, es que en los suelos que se presenta una acumulación fuerte en el horizonte B en la extracción con  $\text{AcNH}_4$  cuando los valores obtenidos en otros horizontes son bajos el  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  extrae más que el  $\text{AcNH}_4$ .

En líneas generales los valores obtenidos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son relativamente bajos y son mayores en el horizonte B en algunos suelos con  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil.

Los valores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en algunos suelos desarrollados sobre granito no se han podido obtener por la fuerte interferencia de la materia orgánica en la coloración.

La relación  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{AcNH}_4$  tiene fuertes fluctuaciones pero en líneas generales se aprecia que es mayor en los suelos que contienen  $\text{CaCO}_3$  en el perfil, en los horizontes con esa misma característica, y en los horizontes superficiales, con numerosas excepciones.

TABLA XII

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	Ia.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a arc	O AcNH <sub>4</sub>
<b>Terra fusca</b>						
F <sub>1</sub>						
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	62		150			2,4
B <sub>1</sub>	98		156			1,5
B <sub>2</sub>	304	49	176	1,1	1,5	0,5
F <sub>2</sub>						
A <sub>10</sub>	72					
A <sub>1</sub>	189					
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	119					
B <sub>1</sub>	166	2,3			1,7	
B <sub>21</sub>	198	2,7			2,2	
B <sub>22</sub>	156	2,1			2,8	
F <sub>3</sub>						
A <sub>0</sub>	35		49			1,4
A <sub>1</sub>	35		55			1,5
B <sub>21</sub>	138	3,9	58	1,2	1,3	0,4
B <sub>22</sub>	129	3,6	57	1,2	1,3	0,4
<b>Terra rossa</b>						
M-X						
B <sub>1</sub>	106		41			0,4
B <sub>2</sub>	135		38			0,3
C-V						
A <sub>0</sub>	23		28			1,2
B <sub>1</sub>	94	4,0	30	1,0	1,1	0,3
B <sub>2</sub>	461	20,0	31	1,1	2,1	0,06

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.e. arc	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>Suelos rojos</b>						
<b>C-I</b>						
A <sub>p</sub>	56		147			2,6
B <sub>11</sub>	73	1,3	155	1,0	0,9	2,1
B <sub>21</sub>	84	1,5	124	0,8	1,9	1,4
B <sub>22</sub>	196	3,5	137	0,9	3,7	0,7
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	96		121			1,2
C <sub>1</sub>	71		128			1,8
<b>C-II</b>						
B <sub>11</sub>	39		129			3,3
B <sub>21</sub>	92	2,3	113	0,8	2,4	1,2
B <sub>22</sub>	245	6,2	113	0,8	3,4	0,4
B <sub>2Ca</sub>	62		109			1,7
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	30		102			3,4
<b>C-IV</b>						
A <sub>p</sub>	214		28			0,1
B	431	2,0	27	1,0	1,0	0,06
D	76		28			0,3
<b>C-VI</b>						
A <sub>p</sub>	86		39			0,4
B <sub>1</sub>	118	1,3	37	0,9	1,2	0,3
B <sub>21</sub>	431	5,0	38	1,0	1,5	0,08
B <sub>22</sub>	424	4,9	39	1,0	1,4	0,09
B/Ca <sub>1</sub>	39		40			1,0
Ca <sub>2</sub>	19		40			2,1
Ca <sub>1</sub>	17		38			2,2

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc.	$\frac{Na_2CO_3}{AcNH_4}$
<b>M-IX</b>						
A <sub>p</sub>	26		45			1,7
B <sub>1</sub>	29	1,1	90	2,0	1,5	3,1
B <sub>2</sub>	17	0,6	81	1,8	1,3	4,6
C <sub>1</sub> /C	1		73			73,0
<b>Suelo pardo rojizo</b>						
<b>M-XI</b>						
A <sub>p</sub>	108		8			0,07
(B)	190	1,7	10	1,2	1,2	0,05
(B)/C	82	0,7	9	1,2	1,4	0,11
Ca/C	38	0,3	4	0,5		0,11
<b>Suelos pardos calizos</b>						
<b>M-II</b>						
B	8		33			4,1
C	56	7,0	36	1,1		0,6
<b>C-III</b>						
A <sub>p</sub>	20		32			1,6
B <sub>1Ca</sub>	61	3,0	34	1,0	0,8	0,5
B <sub>2Ca</sub>	14	0,7	33	1,0	0,8	2,3
B <sub>3Ca</sub>	13	0,7	24	0,7	0,8	1,8
C <sub>1</sub> (Ca)	15		21			1,4
C <sub>2</sub> (Ca)	12		27			2,2
<b>M-IV</b>						
A/(B) <sub>p</sub>	87		28			0,3
B	89	1,0	14	0,5	1,1	0,1
B/C	51	0,5	6	0,2		0,1
C	69		5			0,08

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc	<u>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></u> AcNH <sub>4</sub>
<b>M-III</b>						
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	tr.		36			
<b>Suelos pardos</b>						
<b>M-VIII</b>						
A	132		301			2,2
(B)	234	1,7	223	0,7	2,5	0,9
C <sub>1</sub>	186		192			1,0
<b>M-VI</b>						
A	31		186			4,3
(B)	36	1,1	80	0,5	1,0	2,2
<b>M-9</b>						
A <sub>0</sub>	699					
A <sub>1</sub>	1209	1,7			0,8	
A <sub>1</sub> /C <sub>1</sub>	2547	3,6			0,7	
<b>M-2</b>						
A <sub>0</sub>	212					
A/B	408	1,9			0,3	
B/C	702	3,3			0,8	
(B <sub>2</sub> )/C	151	0,7			1,1	
<b>M-13</b>						
A/B	2344					
B	2192	0,9			0,4	
<b>M-15</b>						
A <sub>r</sub>	219					
A <sub>n</sub>	338	1,5			0,6	
B <sub>1</sub>	414	1,9			0,6	
B <sub>2g</sub>	370	1,7			0,5	

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>M-I</b>						
A/B	77		28			0,3
(B)	119	1,5	27	0,9	1,3	0,2
B/C	58	0,7	21	0,7		0,3
C/Ca	19		10			0,5
<b>M-V</b>						
A	77		73			0,9
B	88	1,1	33	0,4	0,9	0,3
Ca/C	121		25			0,2
<b>Tierras pardas calizas</b>						
<b>S-19</b>						
A/B	72					
B	71	1,0			1,8	
B <sub>1</sub>	102	1,4			2,7	
<b>S-8</b>						
A	81					
B	155	1,9				
B <sub>1</sub>	223	2,7				
<b>Redsina parda</b>						
<b>M-VII</b>						
A	12		37			3,1
C <sub>1</sub>	8		32			4,0

Los valores de  $\text{SiO}_2$  libre extraídos con  $\text{AcNH}_4$  (tabla IV) son relativamente análogos dentro de un mismo perfil con una tendencia a la acumulación en el horizonte B, pero menos acusada que en el caso del aluminio. Los índices de arrastre siguen un cierto paralelismo con los de la arcilla, pero son inferiores, lo que parece indicar que en parte la sílice p de ir también asociada a la arcilla, y en algún caso formando complejos pseudo-solubles con el hierro. La acumulación en los horizontes B se produce en la terra fusca, terra rossa y suelos rojos. En cambio en los suelos que contienen  $\text{CaCO}_3$  suele existir mayor cantidad de sílice libre en los horizontes superficiales sin mucha variación. Los valores son del mismo orden de magnitud o un poco superiores a los obtenidos para los otros perfiles; lo mismo sucede para las tierras pardas calizas. En el caso de los suelos pardos sobre material silíceo, cuando existe gran cantidad de materia orgánica y poco humificada, como sucede en los suelos M-9 y M-13 hay una movilización de sílice hacia horizontes inferiores que se manifiesta en acumulación y un índice de arrastre más alto, sobre todo en el caso del perfil M-9.

Los valores obtenidos mediante la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son en general más altos que cuando la extracción se hace con  $\text{AcNH}_4$  y en líneas generales son mayores en los horizontes superficiales. De aquí que la razón  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{AcNH}_4$  sea, en general, mayor que la unidad y presente un mínimo en los horizontes B.

Se podría pensar que en los horizontes superficiales se forma en el proceso de ataque químico a ce extraíble con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  que pasa a formas algo más insolubles en medio alcalino al descender en el perfil, mientras que otra parte es más soluble en medio ácido.

TABLA IV

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>Terras fuscas</b>						
F <sub>1</sub>						
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	453		641			1,4
B <sub>1</sub>	445	0,9	434	0,6		1,0
B <sub>2</sub>	509	1,1	403	0,6	1,5	0,8
F <sub>2</sub>						
A <sub>00</sub>	315					
A <sub>1</sub>	214					
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	196					
B <sub>1</sub>	221	0,7			1,7	
B <sub>21</sub>	347	1,1			2,2	
B <sub>22</sub>	566	1,8			2,8	
F <sub>3</sub>						
A <sub>0</sub>	368		579			1,5
A <sub>1</sub>	287		451			1,5
B <sub>21</sub>	513	1,3	281	0,4	1,3	0,5
B <sub>22</sub>	641	1,7	213	0,3	1,3	0,3
<b>Terras rossas</b>						
M-X						
B <sub>1</sub>	532		477			0,9
B <sub>2</sub>	596		379			0,6
C-V						
A <sub>0</sub>	377		1073			2,8
B <sub>1</sub>	351	0,9	1103	1,0	1,1	3,1
B <sub>2</sub>	406	1,0	1107	1,0	2,1	2,7

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a.arc	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>Suelos rojos</b>						
<b>C-I</b>						
A <sub>p</sub>	117		466			3,9
B <sub>11</sub>	76	0,6	451	0,9	0,9	5,9
B <sub>21</sub>	123	1,0	413	0,8	1,9	3,3
B <sub>22</sub>	252	2,1	347	0,7	3,7	1,3
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	183		443			2,4
C <sub>1</sub>	145		515			3,5
<b>C-II</b>						
B <sub>11</sub>	181		328			1,8
B <sub>21</sub>	321	1,7	277	0,8	2,4	0,8
B <sub>22</sub>	492	2,7	268	0,8	3,4	0,5
B <sub>2Ca</sub>	313		381			1,2
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	199		264			1,3
<b>C-IV</b>						
A <sub>p</sub>	75		1065			1,5
B	62	1,0	1045	1,0	1,0	1,5
D	36		1026			2,0
<b>C-VI</b>						
A <sub>p</sub>	407		1414			3,4
B <sub>1</sub>	488	1,2	1439	1,0	1,2	2,9
B <sub>21</sub>	641	1,5	1342	0,9	1,5	2,0
B <sub>22</sub>	602	1,4	1422	1,0	1,4	2,3
B/Ca <sub>1</sub>	369		1414			3,8
Ca <sub>2</sub>	319		1422			4,4
C <sub>1</sub>	296		1388			4,6

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc.	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>M-IX</b>						
A <sub>p</sub>	437		540			1,5
B <sub>1</sub>	180	0,4	381	0,7	1,5	2,1
B <sub>2</sub>	176	0,4	326	0,6	1,3	2,1
C <sub>1</sub> /C	90	0,2	368	0,6		4,3
<b>Suelo pardo-rejiso</b>						
<b>M-XI</b>						
A <sub>p</sub>	495		401			0,8
(B)	412	0,9	239	0,5	1,2	0,5
(B)/C	425	0,9	308	0,7	1,4	0,7
Ca/C	356		249			0,6
<b>Suelos pardo-calizos</b>						
<b>M-II</b>						
B	576		592			1,0
C	728		396			0,5
<b>C-III</b>						
A <sub>p</sub>	379		942			2,4
B <sub>1</sub> Ca	340	0,8	924	0,9	0,8	2,7
B <sub>2</sub> Ca	329	0,8	954	1,0	0,8	2,8
B <sub>3</sub> Ca	823	0,8	950	1,0	0,8	2,9
C <sub>1</sub> (Ca)	321		999			3,1
C <sub>2</sub> (Ca)	301		779			2,5
<b>M-IV</b>						
A/Bp	673		337			0,5
B	562	0,8	213	0,6	1,1	0,3
B/C	662	0,9	168	0,4		0,2
C	742		156			0,2

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. arc.	$\frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{\text{AcNH}_4}$
<b>M-III</b>						
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>	413		813			1,9
<b>Suelos pardos</b>						
<b>M-VIII</b>						
A	106		7645			72
(B)	184	1,7	10362	1,3	2,5	56
C <sub>1</sub>	181	1,	10373			55
<b>M-VI</b>						
A	46		271			5,8
(B)	46	1,0	240	0,8	1,0	5,2
<b>M-9</b>						
A <sub>0</sub>	192					
A <sub>1</sub>	309	1,6			0,8	
A <sub>1</sub> /C <sub>1</sub>	490	2,5			0,7	
<b>M-2</b>						
A <sub>0</sub>	94					
A/B	55	0,6			0,3	
(B)/C	85	0,9			0,8	
(B <sub>2</sub> )/C	55	0,6			1,1	
<b>M-13</b>						
A/B	392					
B	473	1,2			0,4	
<b>M-15</b>						
A <sub>1</sub>	136					
A <sub>2</sub>	107	0,8			0,6	
B <sub>1</sub>	64	0,4			0,6	
B <sub>2g</sub>	81	0,6			0,5	

Perfil	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	I.a. are	<u>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></u> AcNH <sub>4</sub>
<b>M-I</b>						
A/B	313		921			2,9
(B)	265	0,8	896	0,9	1,3	3,3
B/C	224	0,7	1127	1,2		5,4
C/Ca	207		1693			8,1
<b>M-V</b>						
A	587		806			1,3
B	562	0,9	831	1,0	0,9	1,5
Ca/C	403		570			1,4
<b>Tierras pardas calizas</b>						
<b>S-19</b>						
A/B	298					
B	213	0,7			1,8	
B <sub>1</sub>	187	0,6			2,7	
<b>S-VIII 8</b>						
A	222					
B	200	0,9				
B <sub>1</sub>	200	0,9				
<b>Readsins parda</b>						
<b>M-VII</b>						
A	265		248			0,9
C <sub>1</sub>	193		234			1,2

El alcance de la movilización de sustancias coloidales y el enriquecimiento relativo de alguna de ellas se pone bien de manifiesto por el valor de las razones  $\text{SiO}_2\text{ libre}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{ libre}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{ libre}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{ libre}$  y  $\text{SiO}_2\text{ libre}/\text{Fe}_2\text{O}_3\text{ libre}$  con ambos extractantes  $\text{AcNH}_4$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (tabla V). Cuando se considera como extracte el  $\text{AcNH}_4$  y la razón la de  $\text{SiO}_2\text{ libre}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{ libre}$  se puede ver que prácticamente en todos los suelos los valores mínimos se obtienen en los horizontes B. Esto significa una mayor acumulación de aluminio frente a la sílice que puede ser originada por dos causas: Una movilización mayor del aluminio hacia horizontes inferiores o bien una movilización más o menos conjunta con mayor lavado de sílice. El hecho de que se pueda presentar una ligera acumulación de sílice en los horizontes superiores parece estar de acuerdo con la primera suposición, pero también puede ser debido a que en el horizonte superficial hay mayor a que, con liberación de sílice que se moviliza con menor intensidad. Ambos casos pueden presentarse dependiendo del clima y la precipitación correspondiente.

El hecho de que en determinados suelos se produzca una elevación del valor de la razón en el horizonte  $\text{B}_{22}$  o inmediatamente inferior parece indicar una movilización más o menos simultánea con un mayor lavado de sílice que queda inmovilizada en horizontes inferiores. Esto se presenta en las terras fúscas  $\text{F}_2$  y  $\text{F}_3$  y en casi todos los suelos con excepción que, de algunos suelos desarrellados sobre granito.

Cuando se comparan los valores obtenidos para esta razón en los horizontes B de los perfiles, se puede establecer que en los suelos desarrollados sobre granito se obtienen los menores valores para esta razón, mientras que los máximos se encuentran en los suelos pardo-calizos o que contengan  $\text{CaCO}_3$  en el perfil. Esto parece indicar que en esas condiciones el aluminio no se presenta libre más que en escasa cantidad.

Los valores obtenidos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  son en general mayores y hasta mucho mayores que los obtenidos con  $\text{AcNH}_4$ . Sin embargo, en el caso de suelos que contienen  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil son de análogo orden de magnitud y en algunos casos inferiores.

La acumulación del aluminio libre en los horizontes B se pone también muy claramente de manifiesto en los valores de la razón  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  libre que presenta un mínimo muy acusado en dichos horizontes, ya que como hemos indicado la acumulación relativa de aluminio es mayor que la del hierro. La presencia de ese mínimo es menos acusada en los suelos de-calizos como corresponde a la mayor uniformidad en el perfil. El valor de la razón es más bajo en los suelos desarrollados sobre granito debido por una parte a la menor cantidad de hierro y por otra a la fuerte liberación de aluminio soluble.

Los valores para la razón obtenidos con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  no presentan una generalidad análoga a la anterior y no se pueden deducir conclusiones, más que para cada suelo en particular. No se ve clara la acumulación de aluminio frente al hierro con este extractante.

Respecto a la razón  $\text{SiO}_2$  libre/ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  libre, en general disminuye con la profundidad, pero suele presentar un aumento en los horizontes inferiores. Esto indicaría que la sílice se lava hasta llegar a un horizonte en que la movilización es menor y se acumula en determinada proporción.

De estos datos parece deducirse que el hierro, aluminio y sílice se acumulan en los horizontes B que podrían llamarse horizontes de coloides. Lo mismo le pasa a la arcilla. Sin embargo el comportamiento es algo diferente; mientras el hierro queda inmovilizado antes, la sílice es la que más emigra y en algunos casos se acumula en los horizontes inferiores, sobre todo si existe  $\text{CaCO}_3$ , mientras que en otros se lava sin acumulación.

TABLA V

Perfil	$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$	
	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
<b>Terras fuscas</b>						
<b>F<sub>1</sub></b>						
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	7,3	4,2	602	245	12,1	17,1
B <sub>1</sub>	4,5	2,7	413	259	10,9	10,7
B <sub>2</sub>	1,6	2,2	156	269	10,7	8,4
<b>F<sub>2</sub></b>						
A <sub>00</sub>	4,3		546		8,0	
A <sub>1</sub>	1,1		232		4,0	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	1,6		465		3,5	
B <sub>1</sub>	1,3		396		3,3	
B <sub>21</sub>	1,7		365		4,7	
B <sub>22</sub>	3,6		595		6,0	
<b>F<sub>3</sub></b>						
A <sub>0</sub>	10,5	11,8	1647	1176	6,3	10,0
A <sub>1</sub>	8,1	8,2	2065	1314	3,9	6,2
B <sub>21</sub>	3,7	4,8	859	2043	4,3	2,3
B <sub>22</sub>	4,9	3,7	901	2047	5,5	1,8
<b>Terras roxas</b>						
<b>M-X</b>						
B <sub>1</sub>	5,0	11,6	163	423	30,6	27,4
B <sub>2</sub>	4,4	9,9	186	661	23,7	15,0
<b>C-V</b>						
A <sub>0</sub>	16,0	38,3	2097	1722	7,8	22,2
B <sub>1</sub>	3,6	36,7	573	1796	6,4	20,4
B <sub>2</sub>	0,8	35,7	140	2095	6,2	17,0

Perfil	<u>SiO<sub>2</sub> libre</u>		<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre</u>		<u>SiO<sub>2</sub> libre</u> <sup>245</sup>	
	<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre</u>		<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre</u>		<u>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre</u>	
	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

Suelos rojos

C-I

A <sub>p</sub>	2,0	3,1	749	284	2,8	11,1
B <sub>11</sub>	1,0	2,9	593	279	1,6	10,4
B <sub>21</sub>	1,4	3,3	500	338	2,8	9,8
B <sub>22</sub>	1,2	2,5	272	389	4,6	6,5
B <sub>22</sub> /C <sub>1</sub>	1,8	3,6	493	391	4,2	9,3
C <sub>1</sub>	2,0	4,0	501	278	4,0	14,4

C-II

B <sub>11</sub>	4,6	2,5	934	282	5,0	9,0
B <sub>21</sub>	3,4	2,4	661	538	5,2	4,5
B <sub>22</sub>	2,0	2,3	297	644	6,6	3,6
B <sub>2Ca</sub>	5,0	3,5	1004	571	5,0	6,1
B <sub>2Ca</sub> /C <sub>1</sub>	6,4	2,5	953	280	7,0	9,2

C-IV

A <sub>p</sub>	3,0	38,0	128	985	24,2	38,6
B	1,4	38,6	101	1551	15,6	23,7
D	6,6	36,6	209	787	23,2	46,5

C-VI

A <sub>p</sub>	4,7	36,2	334	736	14,1	49,2
B <sub>1</sub>	4,1	38,6	288	920	14,3	42,0
B <sub>21</sub>	1,4	35,4	119	1356	12,4	26,0
B <sub>22</sub>	1,4	36,4	121	1322	11,6	27,5
B/Ca <sub>1</sub>	9,4	35,3	764	745	12,3	47,4
Ca <sub>2</sub>	16,7	35,5	1159	550	14,4	64,5
C <sub>1</sub>	17,4	36,5	982	439	17,7	83,1

Perfil	$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$	
	$\text{AcNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AcNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AcNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
<b>M-IX</b>						
A <sub>p</sub>	16,8	12,0	1327	767	12,6	15,6
B <sub>1</sub>	6,2	4,2	1422	458	4,3	9,2
B <sub>2</sub>	10,3	4,0	2108	442	4,9	9,0
C <sub>1</sub> /C	90,0	5,0	1561	213	5,7	23,5
<b>Suelo pardo rojizo</b>						
<b>M-XI</b>						
A <sub>p</sub>	4,1	50,1	127	1723	32,2	29,0
(B)	2,1	23,9	91	1740	23,6	13,7
(B)/C	5,9	34,2	138	1260	37,4	27,1
Ca/C	9,3	62,2	220	2090	42,5	29,7
<b>Suelos pardo-calizos</b>						
<b>M-II</b>						
B	72,0	17,9	705	170	102,1	104,9
C	13,0	11,0	175	273	73,9	40,2
<b>C-III</b>						
A <sub>p</sub>	18,5	29,4	514	321	37,0	91,5
B <sub>1Ca</sub>	5,4	27,1	169	303	33,0	89,5
B <sub>2Ca</sub>	22,6	28,9	688	292	34,0	98,9
B <sub>3Ca</sub>	24,8	39,5	791	428	31,4	92,3
C <sub>1</sub> (Ca)	21,4	47,5	754	539	28,4	88,2
C <sub>2</sub> (ca)	25,0	28,8	1238	550	20,2	52,4
<b>M-IV</b>						
A/B <sub>p</sub>	7,7	12,0	223	695	34,5	17,3
B	6,3	15,2	215	1370	29,2	11,1
B/C	12,9	28,0	390	3315	33,2	8,4
C	10,7	31,2	264	3656	40,5	8,5

Perfil	<u>SiO<sub>2</sub> libre</u>		<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre</u>		<sup>247</sup> <u>SiO<sub>2</sub> libre</u>	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre	
	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	AcNH <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
<b>M-III</b>						
A <sub>0</sub> /A <sub>1</sub>		22,5		114	100,7	196,8
<b>Suelos pardos</b>						
<b>M-VIII</b>						
A	0,8	25,4	55	24	14,5	1047
(B)	0,7	46,4	48	50	16,3	921
C <sub>1</sub>	1,0	54,0	55	53	18,3	1008
<b>M-VI</b>						
A	1,4	1,4	187	31	7,9	46,5
(B)	1,3	3,0	167	74	7,7	40,4
<b>M-9</b>						
A <sub>0</sub>	0,27		16,9		10,3	
A <sub>1</sub>	0,25		16,7		15,1	
A <sub>1</sub> /C <sub>1</sub>	0,19		10,7		17,9	
<b>M-2</b>						
A <sub>0</sub>	0,42		53,2		8,3	
A/B	0,13		33,1		4,8	
(B)/C	0,12		95,7		1,2	
(B <sub>2</sub> )/C	0,19		137,0		2,6	
<b>M-13</b>						
A/B	0,16	1,3	3,3	<del>2,4</del>	31,9	
B	0,21		4,9		43,4	
<b>M-15</b>						
A <sub>r</sub>	0,62		94		6,7	
A <sub>h</sub>	0,32		62		5,0	
B <sub>1</sub>	0,15		45		3,3	
B <sub>2g</sub>	0,21		51		4,3	

Perfil	$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ libre}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$		$\frac{\text{SiO}_2 \text{ libre}}{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ libre}}$	
	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{AsNH}_4$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
<b>M-I</b>						
A/B	4,0	32,3	101	278	40,1	118,2
(B)	2,2	33,1	76	339	28,9	97,7
B/C	3,8	53,6	113	314	33,8	170,4
C/Ca	10,8	169,3	204	388	53,3	436,3
<b>M-V</b>						
A	7,6	11,0	119	126	63,7	87,5
B	6,3	25,1	111	298	57,0	84,3
Ca/C	3,3	22,8	86	420	38,3	54,2
<b>Tierras pardas calizas</b>						
<b>S-19</b>						
A/B	4,3		333		12,5	
B	3,00		324		9,2	
B <sub>1</sub>	1,83		223		8,2	
<b>S-8</b>						
A	2,73		384		7,1	
B	1,29		240		5,3	
B <sub>1</sub>	0,89		171		5,2	
<b>Ranzina parda</b>						
<b>M-VII</b>						
A	22,0	6,7	559	181	39,4	36,9
C <sub>1</sub>	24,1	7,3	725	181	33,2	40,2

**CONCLUSIONES**

Del estudio de las formas libres de hierro, aluminio y sílice en distintos tipos de suelos, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1ª).-El ataque químico intenso que han sufrido los suelos terra fusca, terra rossa, y suelos rojos, ha conducido a suelos con textura arcillosa y acumulación de arcilla en el horizonte B.

En los suelos desarrellados sobre granito, el menor ataque químico y la inatacabilidad de los materiales originales hace que la textura tienda a arenosa y que no haya acumulación de arcilla en el horizonte B.

2ª).-Los suelos terra fusca, terra rossa y suelos rojos presentan valores máximos para el hierro que son mínimos en los suelos desarrellados sobre granito.

3ª).-Existe una acumulación de hierro total en el horizonte B de los suelos terra fusca, terra rossa y suelos rojos, siendo menos acusada en los suelos desarrellados sobre granito. En los suelos parde-caliz no se puede hablar de acumulación pues el material original posee más hierro total que cualquier horizonte.

4ª).-Los índices de arrastre para el hierro y la arcilla son análogos, pero algo mayores para la arcilla en los suelos terra fusca, terra rossa y suelos rojos y menores para los suelos desarrellados sobre granito. Para los suelos parde-caliz el valor es muy próximo a la unidad.

5ª).-La relación hierro libre/hierro total se mantiene prácticamente constante en todo el perfil de los

distintos tipos de suelos.

6ª).-Los valores de la relación hierro libre/hierro total presentan diferencias acusadas para los distintos tipos de suelos. La influencia del pH se manifiesta en que para pH superiores a 7 la materia orgánica no tiene gran influencia en la cantidad de formas solubles del hierro, mientras que para pH bajos, con materia orgánica en gran cantidad y mal humificada todo el hierro está al estado soluble seguramente como complejo hierro-materia orgánica.

7ª).-Los valores de la razón hierro libre/hierro total en los horizontes B de los distintos tipos de suelos son bastante característicos. Así las terras fúscas, terras rossas y suelos rojos tienen valores comprendidos entre 60 y 80%. A ellos se asemejan las tierras pardas calizas tanto más, cuanto más descalcificadas están. Las tierras pardas desarrelladas sobre granito tienen valores de 30-40% y los suelos pardos calizos de 20-30%.

8ª).-Un ataque químico intenso con descalcificación, conduce a la liberación de hierro en formas bastante solubles. La terrificación de estos suelos no tiene efecto sobre la insolubilización de estas formas de hierro.

9ª).-En las terras fúscas, terras rossas y suelos rojos se produce una fuerte acumulación de aluminio libre en el horizonte B, extraído por acetato amónico. El índice de arrastre es alto y mayor en general que el de la arcilla, lo que puede indicar formas libres no asociadas a ésta. Los valores son relativamente bajos en los horizontes superiores pero altos en los

horizontes B.

10ª).—La presencia de  $\text{CaCO}_3$  hace que los valores de aluminio libre sean bajos, mientras que la materia orgánica mal humificada favorece la existencia de formas solubles presumiblemente al estado de complejo aluminio-materia orgánica.

11ª).—La terrificación produce una insolubilización de las formas solubles de aluminio.

12ª).—La extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  presenta como característica esencial el dar valores bastante uniformes en todo el perfil no permitiendo reconocer horizonte de acumulación. Los índices de arrastre son inferiores a la unidad. Los valores son relativamente bajos si bien suelen ser mayores en los obtenidos en la extracción con acetato amónico en los suelos que contienen  $\text{CaCO}_3$  en todo el perfil, o en los horizontes con esa misma característica.

13ª).—En los suelos que presentan fuerte acumulación de aluminio extraído por acetato amónico en el horizonte B, y terrificación en los horizontes superficiales, la extracción con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  da valores más altos en estos horizontes. La causa puede ser que en la terrificación se produzcan formas cristalinas de aluminio extraíbles por  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pero no en medio ácido, mientras que en el horizonte B existen formas amorfas o paracristalinas, o aluminio en forma de catión de cambio, más extraíbles por el acetato amónico. De todas formas no se comprende muy bien por qué estas formas no son extraíbles en medio alcalino, como no sea por un mayor poder reemplazante del ión  $\text{NH}_4^+$  que del ión  $\text{Na}^+$ .

14a).-Los valores de  $\text{SiO}_2$  libre, extraídos con  $\text{AcNH}_3$ , son relativamente análogos en el perfil, con una ligera tendencia a la acumulación en los horizontes B de terra fusca, terra rossa y suelos rojos.

15a).-La extracción de sílice libre con  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  da valores superiores a los obtenidos con  $\text{AcNH}_3$ ; pero también análogos en todo el perfil.

16a).-La acumulación relativa del aluminio libre a la sílice, se manifiesta en el mínimo que presenta la razón sílice libre/aluminio libre en los horizontes B.

17a).-De las dos hipótesis que se pueden hacer: Mayor movilización del aluminio o movilización conjunta con mayor lavado de la sílice, parece más probable la segunda, como lo demuestra el que el valor de la razón sílice libre/aluminio libre aumenta en los horizontes  $\text{B}_{22}$  o inmediatamente inferior. La sílice, es movilizadada más que el aluminio y quedaría acumulada en horizontes inferiores. En suelos desarrollados sobre granito puede llegar a lavarse la sílice en mayor cantidad y no se produce este aumento de la razón.

18a).-La insolubilización de las formas solubles de aluminio por el carbonato cálcico hace que los valores de la razón sean máximos en suelos con esta característica, mientras que son mínimos y muy bajos en los suelos desarrollados sobre granito, con gran cantidad de aluminio soluble y fuerte lavado de sílice. En terra fusca, terra rossa y suelos rojos estos valores son intermedios.

19a).-También la acumulación relativa de aluminio se manifiesta en los valores de la razón hierro libre/

aluminio libre que presentan un mínimo muy acusado en el horizonte B de terra fusca, terra rossa y suelos rojos y menos acusado en los suelos pardo-calizos.

20ª).--Para el estudio de la movilización de sustancias coloidales de aluminio y sílice resulta de valer el acetato amónico que el carbonato sódico.

21ª).--De este estudio parece deducirse que hay una acumulación de formas libres de hierro, aluminio y sílice en los horizontes B de los suelos. También de hierro total y de arcilla. Respecto a la intensidad de la movilización, el hierro emigra menos y la sílice más que el aluminio.

CARACTERISTICAS DE LOS HORIZONTES B DE LOS DISTINTOS

Tipos de suelos	Perfil	CO <sub>3</sub>	<u>PERFILES</u>			
			Material original	I.a. arc.	I.a. Fe	Fe libre g Fe total
Terra fusca	F <sub>1</sub>	-	calizas	1,5	1,2	61,2
	F <sub>2</sub>	-	"	2,8	2,3	87,9
	F <sub>3</sub>	-	"	1,3	2,0	88,1
Terra rossa	M-X	-	"	-	-	59,9
	C-V	-	"	2,1	1,3	71,6
Suelos rojos	C-I	-	pisarras	3,7	1,2	65,0
	C-II	-	"	3,4	2,0	75,0
	C-IV	-	dep.detrit.1,0		1,5	67,5
	C-VI	-	derrub.cuatl,4 calizas		2,1	64,5
	M-IX	26,7	calizas	1,3	1,0	69,2
Suelo pardo rojizo	M-XI	-	margas	1,2	1,2	44,3
Suelos pardo calizos	M-II	0,5	marga yesifera			20,3
	C-III	20,3	marga niese0,8 ca		1,0	29,5
	M-IV	10,2	marga olig 1,1		1,0	28,5
	M-III	36,9	calizas			27,3
	M-V	8,4	marga arc nosa	0,9	1,0	28,3
Tierras pardas	M-VIII	-	granite	2,5	1,5	53,5
	M-VI	-	"	1,0	1,0	27,4
	M-2	-	"	0,8	5,2	50,3
	M-9	-	"	0,7	1,4	100,0
	M-13	-	"	0,4	1,0	31,8
	M-15	-	esquistos	0,5	1,1	45,2

Tierras pardas calizas	S-8	4,0	pisarras calizas	-	1,2	68,6
	S-19	23,0	pisarras calizas	2,7	1,1	58,8
Rendsina parda	M-VII	58,7	calizas			47,2

Perf.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre ppm				SiO <sub>2</sub> libre ppm			SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub>			
	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	AcNH <sub>4</sub>	I.a.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	I.a.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
F <sub>1</sub>	304	4,9	176	1,1	509	1,1	403	0,5	1,6	156	10,7
F <sub>2</sub>	198	2,7			566	1,8			1,7	365	4,7
F <sub>3</sub>	138	3,9	58	1,2	641	1,7	213	0,3	3,7	859	4,3
M-X	135		38		596		379		4,4	186	23,
C-V	461	20,0	31	1,1	406	1,0	1107	1,0	0,8	140	6,
C-I	196	3,5	137	0,9	252	2,1	347	0,7	1,2	272	4,
C-II	245	6,2	113	0,8	492	2,7	268	0,8	2,0	297	6,
C-IV	431	2,0	27	1,0	62	1,0	1043	1,0	1,4	101	15,
C-VI	431	5,0	38	1,0	602	1,4	1422	1,0	1,4	121	11,
M-IX	29	1,1	90	2,0	176	0,4	326	0,6	6,2	222	4,
M-XI	190	1,7	10	1,2	425	0,9	308	0,7	2,1	91	23,
M-II	8		33		576		592		72	705	102,
C-III	61	3,0	34	1,0	340	0,8	924	0,9	5,4	169	33
M-IV	89	1,0	14	0,5	562	0,8	213	0,6	6,3	215	29,
M-III	tr.	-	36	-	413	-	813	-	-	-	100,
M-V	88	1,1	33	0,4	562	0,9	831	1,0	6,3	111	57
M-VIII	234	1,7	223	0,7	184	1,7	10362	1,3	0,7	48	16,
M-VI	36	1,1	80	0,5	46	1,0	240	0,8	1,3	164	7,
M-2	702	3,3			85	0,9			0,12	96	1,2
M-9	2547	3,6			490	2,5			0,2	11	17,
M-13	2192	0,9			473	1,2		0,8	8,2	5	43,
M-15	414	1,9			64	0,4			0,1	45	3,3
S-8	223	2,7			200	0,9			0,9	171	5,2
S-19	102	1,4			187	0,6			1,8	223	8,2
M-VII	8	0,5	32	0,8	265	-	248	-	22	559	36,9

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera N.H. y Jackson M.L.-Iron oxide removal from soils and clays; Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1956, 17 (4).
- Alexander, L.T.; Cady J.G.; Whittig, S.S.; Dever R.F.; Mineralogical and chemical changes in the weathering of laterite. Trans. 6 th. Int. Cong. Soil Sci., 1956, 5, 67.
- Alexandrova L.N.-Nature et propriétés des produits de la réaction des acides humiques et des humates avec les sesquioxydes.-Pechved, 1954, 1, 14-29.
- Alexandrova L.N.-The nature of organo-mineral colloids and methods of their study.-Pechvov 1958, 10, 1100 (USA).
- Alexandrova L.N.-On the composition of humus substances and the nature of organo-minerals colloids in soil.-7 Int. Cong. Soil Sci., 1960, Madison.
- Anderson G. y Arlidge E.Z.-The adsorption of phosphates and glycerophosphates by soil clays, clay minerals and hydrated sesquioxides in acid media. J. Soil Sci., 1962, 13, 216.
- Arca M.N. y Weed S.B.-Soil aggregation and porosity relation to contents of free iron oxide and clay. Soil Sci., 1966, 101, 3, 164-170.
- Barshad, I.-I-Soil development.-Chemistry of the soil Ed. for Beart F. Reinhold, New York, 1964.
- Bass Becking G.M. y Moore D.-The relation between

iron and organic matter in sediments.-J. Sedim.Petrol.,1959,29,3,454-8.

Bastisse E.M.-Rôle vecteur de divers anions minéraux ou organique dans les phénomènes géochimique et physiologique. Ann. Agron. Paris, 1960, 11, 441-467

Becking L.G.M.-The relation between iron and organic matter in sediments. J. Sed. Petrol., 1959, 29, 3, 454-458.

Basu V.P. y Chaudhury S.C.-The ferrous iron contents of Indian soils. J. Ind. Agric. J. Sci., 1958, 18, 131-133.

Belgayeva N.J.-Colorimetric determination of silicic acid in Tamm's oxalate extracts. Pochvovedenie, 1962, 7, 104-107 (USA 763).

Bernal J.D.; Dasgupta D.R. y Mackay A.L.-Oxides and hydroxides of iron and their structural interrelationships. Clay Mineral Bull., 1959, 4, (21).

Bétrénioux R.-Influence de la fermentation des matières organiques sur la dynamique des éléments minéraux dans un sol en place. C.R.A.S., 1954, 238, 2257-8.

Bétrénioux R.; Le Borgne E. y Monnier G.-The evolution of certain properties of the soil under the influence of firing. C.R. Acad. Sci. Paris, 1960, 25, 2573.

Bjerrum J.; Schwarzenbach G. y Millen L.G.-Stability constants Part. 11; Spec. Publ. Chem. Soc., 1958, 7.

Bloomfield C.-Some observation on gleying. J. Soil Sci.

Bloomfield G.-Translocation of iron in podzol formation. *Nature London*, 1952, 170, 540.

Bloomfield G.-A study of podzolisation.

I-The mobilisation of iron and aluminium by roots pine. *J. Soil Sci.*, 1953, 4, 5-16

II-The mobilisation of iron and aluminium by the leaves and bark of *Agathis Australia*. *J. Soil Sci.*, 1953, 4, 17.

III-The mobilisation of iron and aluminium by raman. *J. Soil Sci.*, 1954, 5, 39.

IV-The mobilisation of iron and aluminium by picked and fallen Larch needles. *J. Soil Sci.*, 1954, 5, 46.

V-The mobilisation of iron and aluminium by asper and ash leaves. *J. Soil Sci.*, 1954, 5, 50.

Bloomfield G.-Leaf leachates as a factor in pedogenesis. *J. Sci. Food Agric.*, 1955, 6.

Bloomfield G.-The solution-reduction of ferric oxide by aqueous leaf extracts. The role of certain constituents of the extracts. *C.R. 62 Cong. Int. Sci. Soil B.*, 1956, 427-432.

Bloomfield G. The possible significance of polyphenols in soil formation. *J. Sci. Food Agric.*, B, 1957, 389.

Blunel F.-Forme des précipités d'hydroxydes de fer dans les gleys et pseudogleys. *Z. Pflanz. Dung. Bodenk.*, 1962, 258-264.

- Behm J.-The glowing of the oxides of certain  
tals.Z.Anorg.Chem.,1925,149,219.
- Bonifas M.y Zegoux P.-The presence of massive  
maghemite in lateritic weathering pro-  
ducts.Bull.Serv.Carte Geol.Als-Lorr.1957
- Bonifas M.-Contribution à l'étude géochimique de  
l'altération latéritique.Min.Serv.Carte  
Géol.AlsaceLorraine.,1959,17,159.
- Brown G.-The occurrence of lepidocrite in some  
British soils.J.Soil.Sci.,1953,4,220.
- Bystritskaya T.L.-Genesis of compact soils of  
middle reaches of the valleys of the ri-  
vers Ural and Kuban.Pochvevedenie,1962,  
9,59,68.
- Carroll D.-Role of clay minerals in the transpor-  
tation of iron.Geochim.Cosmoch.Acta,1958  
14,1-28.
- Claridge G.G.C.-Extractable iron in relation to  
soil classification.N.Z.J.Sci.,1962,5,  
269-278.
- Coffin D.H.-A method for the determination of  
free iron in soils and clays.Canada J.  
Soils.Sci.,1963,43,7-17.
- Coleman H.T.-y Thomas G.W.-Buffer curves of  
clays as affected by the presence of  
ferric iron and aluminium.Soil Sci.Soc  
Am.Proc.,1964,28,2,187-189.
- Carrens C.W. y Engelhardt W.Röntgenographische  
Untersuchungen über die Mineralbestand  
sedimentärer Eisenerze.Nachr.Akad.Wiss.  
Göttingen.Math.Phys.Klasse.,1941.

- De long W.A. y Schnitzer.M.-Investigations on the mobilization and transport of iron in forestal soils.I.-The capacities of leaf extracts and leaf leachates to react with iron.*Soil Sci.Soc.Amer.Prec.*,1955,19,360-363.
- II.-The nature of the reaction of leaf extracts and leachates with iron.*Soil Sci.Soc.Prec.Amer.*,1955,19,363-368.
- Deb.B.C.-The movement and precipitation of iron oxides in pedisol soils.*J.Soil Sci.*,1949,1,112-122.
- Deb.B.C.-Estimation of free iron oxides soils and clays and their removal.*J.Soil.Sci.*,1950,1,212-220.
- Démolon A. y Bastisse E.M.-Observations sur la géochimie du fer.*C.R. Acc.Agric.*,1944,30,501-2.
- D'Heere J.-Les composés du fer dans le sol.*Bull.Agric. du Congo Belge.*,1949,1,66-85.
- Dien G.-Iron oxide removal from slays.*Soils Sci.*,1944,58,411-424.
- Debritskaya Y.I.-Quick method for a short total chemical analysis of soils.*Dokhvevedenie*,1962,9,88-96 (USA 965).
- Duchaufour P.-A note on the role of iron in organo-mineral complexes.*C.R.Acc.Sci.*,Paris,1963,256,2657-2670.
- D'Yakovna K.V.-Iron humus complexes and their Role in

- Plant nutrition.-Pochvedenie 1962,7,19-26 (USA 692).
- Fieldes M.y Swindale R.K.-Chemical weathering of silicates in soil formation.N.Z.J.Sci.Tech.36B, 140,1954.
- Follet E.A.C.-The catalytic oxidation of irradiated phites.Casban,1964,1,329.
- Follett E.A.C.-The retention of amorphous colloid Ferric hydroxide by kaolinites.J.Soil.Sci., 1965,2,334-341.
- Fricke R.y Zerrenk W.-Structure,heat content and special properties of active substances.XII. Z.Elektroch,1937,43,52.
- Fricke R.y Hiltig G.T.-Hydroxide und oxyhydrate (Handbuch der Allgemeinen Chemie.13 IX).Akad. Verlags.Leipzig,1937.
- Fridland V.M.-Soils on the hilly territories of northern Viet-Nam.Pochvedenie,1961,12,1323.
- Gedroits K.K.-The soil absorbing complex.Trudy mosov. ogyt.Stants.,1927.
- Gedroits K.K.-Selenites,their origin,characteristics and reclamation.Ibid.,1928.
- Heflith M.A.-Differential thermal curves of iron oxides.Amer.S.Sci.,1952,39,890-900.
- Gorbunov N.J.-Methods of determining non-silicate phous and crystalline sesquioxides in soils and clays.-Pochvedenie,1961,11,103-111.
- Greene H.-Prospects in soil science.-J.Soil Sci., 1963,14,1.
- Haldane A.D.-Determination of free iron oxide in soils Soil Sci.,1956,83,6,483-489.

- Hann R.E.; Schull C.M. y Grant B.M.-Citrate complexes with iron (II) and iron (III). *J. Amer. Chem. Soc.*, 1954, 76, 2111.
- Henin S.-quelques oxydes et hydroxydes de fer considérés du point de vue pédologique.-*Bull. Groupe français des argils*, 1956, 3, 1-9.
- Henin S. y Lebergne E.-Sur les propriétés magnétiques de certains sols et leur interprétation pédologique.-*C.R.A.S.*, 1953, 236, 736-8, 52 Congr. Inter. Sci. Soil, 1954, 2, 13.
- Hofer L.G.E. y Sol Weller.-The nature of iron compounds in red and yellow sandstones.-*Science*, 1947, 106, 470.
- Ignatieff V.-Determination and behaviour of ferrous iron in soils.-*Soil Sci.*, 1941, 51, 249-256.
- Jenny H. y Smith G.D.-Colloid chemical aspects of clay from formation in soil.-*Soil Sci.*, 1935, 39, 377.
- Jeffe J.S. y Mac Lean H.C.-Colloidal behavior of soil and soil fertility. The distribution of soluble and colloidal iron and aluminium in soils.-*Soil Sci.*, 1928, 26, 317-325.
- Jones L.H. y Handreck K.A.-Effects of iron and aluminium oxides on silica in solution in soils.-*Nature Lond.*, 1963, 198, 852-853.
- Leubsch W.-Dynamik der deutschen Acker und Waldböden. 2<sup>a</sup> Ed. Dresden, 1944.
- Kanoshita Y. y Iwasa Y.-On the rusty mottles in paddy fields.-*J. Sci. Soil. Tokio*, 1959, 30, 185.
- Kanno I.-Clay minerals of volcanic ash soils and p

naces in Japan.-Adv. Clay Sci. Tokio, 1959,  
1, 213,-

Kaurichev J.S., Kulakov E.V. y Nosdrunova E.V.-The formation and migration of ferre-organic compounds in soils.-Pochvedenie, 1958, 12.

Kaurichev J.S., y Nosdrunova Ye.M.-The role of components of water-soluble organic plant residue in forming available (mobile) iron-organic compounds.-Pochvedenie, 1961, 10, 10-18.

Kawaguchi K y Matsuo J.-Determination of free iron oxides in soils. Magnesium reduction-mercurous nitrate titration methods. J. Soil Sci. and Manure, Japan, 1954, 23.

Kellerman V.V. y Tayurupa I.G.-Stability of the bond between iron films and minerals found in soil.-Pochvedenie, 1962, 1, 63-72.

Kellerman V.V. y Tayurupa I.G.-Sources of available iron in soil.-Pochvedenie, 1965, 10, 53-60.

Khan D.H.-Rendzinas and Red-Brown soils on limestone: genetic inter-relationship.-J. Sci. Food Agric, 1960, 11, 477-484.

Khan D.H.-A study on the effect of colloidal silica in peptising iron oxides. J. Sci. Food Agric., 1960, 11, 133-136.

Kilmer V.J.-Estimation of free iron oxides in soils.-Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 1960, 24 (5).

Kittrick J.A. y Jackson M.L.-Electron microscope observations of the reaction of phosphate with minerals.-J. Soil Sci., 1955, 7, 81.

Kojima M.-Relationship between soil colour and iron ni-

- nerals contained in soil.-J.Sci.Soil Tokyo  
1962,33,311-316.
- Kananova M.M.-Soil organic Matter.-Pergam Press.New-  
York,1961,174.
- Kananova M.M. y Titova N.A.-Use of paper elec-  
trodes for fractionation of the humic subst-  
ances of soil, and for study of their complex  
compounds with iron.-Pochvevedenie,1961,11  
81-88.
- Kubiena W.-Taxonomic importance of the type and f-  
ractionation of iron-hydroxide minerals in tropic  
soils.-Z.Pfl.Ernahr.Dung.,1962,98,205-213.
- Kuren H. y Preusse H.V.-Synthetic iron-hydroxide gels  
and their ageing.-Z.Pfl.Ernahr.Dung.,1963,  
100,12-22.
- Lamberts D. y Livens P.J.-L'accumulation d'oxydes de  
fer dans les sols sur limons loessiques.-  
C.R.52 Conf.Int.Sci.Sol.,Paris,1956,2,278.
- Laslo Gerei.-Dynamics of iron in selenettes of the  
Trans-Tisza Region of Hungary.-Pochvevede-  
nie,1961,2,44-53.
- Le Borgne E.-The influence of iron on the magnetic  
properties of the soil and on the use of schist  
and granite.-Ann.Geophys.,1950,16,159.
- Le Borgne E.-On the magnetic susceptibility of soil.-  
C.R.Acad.Sci.Paris.,1952,235,1042.
- Levashkevich G.A.-Interaction of humic acids with iron  
and aluminum hydroxides.-Pochvevedenie,  
1966,4,58-63.
- Lossaint D.-Sur le pouvoir complexant vis-à-vis du fer

ferrique et ferreux des extraits de quelques  
litères forestières fraîches et décomposées  
U.R.A.S., 1958, 247, 106-109.

Léonaint P.-Etude expérimentale de la mobilisation du  
fer des sols sous l'influence de litères  
forestières.-Ann. Agron., 1959, 369-414, 493-  
542.

Mackenzie R.C.-Investigation on cold-precipitated hy-  
drated ferric oxide and its origin in clays.  
Problein of clay and laterite genesis, New-  
York, 1952.

Mackenzie R.C.-Nature of free iron oxide in soil clays  
Nature (London), 1949, 164, 244.

Mackenzie R.C.-The differential thermal investigation  
of clays.-Mineral. Soc., London, 1957.

Mackenzie R.C. y Moldan R.-The ageing of sesquioxides  
I.-Iron oxide gels.-Miner. Mag., 1959, 32, 245,  
153-165.

Marel H.W. Van der.- $Fe_2O_3$  in sediments.-J. Sedim. Petrol.  
1951, 21, 1, 12.

Martin A.E. y Reeve R.-Chemical studies of podsolie  
alluvial horizons. IV.-The flocculation of  
humus by aluminium.-J. Soil Sci., 1960, 11, 369  
V.-Flocculation of humus by ferric and fer-  
rous iron and by nickel.-J. Soil Sci., 1960,  
2, 382-395.

Matsusaka Y y Sherman G.D.-Magnetisme of iron oxide in  
Hawaiian soils.-Soil Sci., 1961, 91, 239.

Mayne J.E.O.-Oxidation of ferrous hydroxide.-J.Chem.

Sec.,1943,129.

Mehra O.P. y Jackson M.L.-Iron oxides removal from soil

and clays by a dithionite-citrate system

buffered with sodium bicarbonate.-Clays and

Clay Minerals,1960.

Moller J.W.-A comprehensive treatise on inorganic and the

retical chemistry.-Logmans Green, London, 1934

vol 5.

Mitchell B.D. y Mackenzie R.C.-Removal of free iron

oxides from clays.-Soil Sci.,1954,77 (3).

Mitchell B.D.;Farmer C.V. y Mettarddy W.J.-Amorphous

inorganic material in soil.-Adv.Agron,1964,

16,327.

Muir J.W.;Morrison R.J.;Bown C.T.-y Logan J.-The mobili-

sation of iron by aqueous extracts of plants

I.-Composition of the amino acid and organic

acid fractions of an aqueous extract of pine

needles.-J.Soil Sci.,1964,2,220-225.

II.-Capacities of the amino-acids and organic

fraction of a pine needles extract to main-

tain iron in solution.-J.Soil Sci.-1964,2,

226-237.

Merriah K.y Taylor R.M.-The isomorphous replacement of

iron by aluminium in soil goetites.-J.Soil

Sci.,1961,2,294-306.

Oades J.M.-The native of iron compounds in various

soil types.-Ph.D.Thesis Univ.of Leeds,1962.

The nature and distribution of iron compound

in soils.-Soils and Fert.,1963,26,2,69-80.-

OADES J.M. y Townsend W.N.-The detection of ferromagnetic minerals in soils and clays.-J. Soil Sci., 1963, 14, 179.-

Pedro G.-Altération expérimentale des roches par l'eau sous atmosphère de CO<sub>2</sub>.-C.R.A.S., 1960, 250, 2035-7.

Génèse de minéraux argileux par éviction des matériaux amorphes provenant de l'altération de diverses roches.-C.R.A.S., 1960, 250, 1697-9.

Génèse de minéraux argileux par lessivage des roches cristallines au laboratoire.- Génèse et synthèse des argiles.-C.N.R.S., Paris, 1962, 99-107.

Ponomareva V.V.-Methods for the isolation of fulvic acids and their chemical nature.-Pochvevedenie, 1947, 12.

The interaction of fulvic acids with the hydroxides of bases.-Pochvevedenie, 1949, 11.

New data for the study of the soil forming process.-Vestn. Leningr. gos Univ., 1950, 7.

A study of the humus-illuvial podzol forming process.-Uchen. Zap. Leningr. gos. Univ., 1951, 140.

The nature and geographical regularities of podzol formation.-Pochvevedenie, 1956, 3.

Pearjack E. y Merwin H.E.-Hydrates ferric oxides.-Ann. J. Sci., 1919, 4, 311-348.

- Raychaudhuri S.P. y Hasan K.A.-On the nature of alumino-silicate and iron silicates precipitated formed thru mutual coagulation of silicic acid and alumina and iron hydroxide soils.-J.Phys Chem.,1945,49,453-461.
- Rich C.I. y Obenshain S.S.-Distribution of free iron oxides in four coastal plain soils of Virginia. C.R. 62 Congr.Int.Sci.Soil B,1956,447-451.
- Robichet O.-Recherches sur les oxydes de fer et de manganese dans les sols.-Ann.Agron.,1957,IV, 511-572.
- Rode A.A.-The podzol forming Process.-Akad.Nauk.SSSR,19
- Salbans H.y Snell J.-Water substances in the rain humus of podzol soils.-Canad.J.Res.,1937,15,315.
- Sharpenssel H.W.;Beckmann H.y Kerpen W.-Untersuchungen 1 teritischer Boden.-Pédologie.,1963,13,415.
- Sheffer F.;Meyer B y Bable U.-Magnetic measurements as aids in the determination of iron oxide in earthe-Beit.Minor.Petrog.,1959,6,371.
- Scheffer F.;Welte E. y Ludwig F.-Zur Frage der Eisen Oxidhydrate in Boden-Chem.d.Erde,1957,19,51.
- Schofield R.K.-Effect of pH on electric charges by clay particles.-J.Soil Sci.,1949,1,1,
- Schuylenbergh J.van y Ahrens P.E.-Electrokinetic behaviour of and  $FeOOH$ .-Res.trav.chim.Pays Bas., 1950,68,999.
- Schuylenbergh van J.-On soil genesis in temperate humid climate.I some soil groups in Netherlands.-Neth.J.Agric.Sci.,1962,10,127.

Schuylenbergh J. van.-The formation of sesquioxides  
in soils. Experimental Pedology.-Edit per  
Hallsworth E.G. y Crawford D.V., London, 1965  
113-pag.-

Schwertmann U. y Heinemann B., The occurrence and forma-  
tion of maghemite in soils of N.W. Germany.-  
Neues Jb. Miner. Mh., 1959, 8, 174.

Schwertmann U.-Die praktionierte extraktion der freien  
Eisenoxyde in Boden; ihre mineralischen ter-  
meen und ihre Entstehungsweisen.-Z. Pflanz.  
Zücht. Dung., 1959, 84, 194.

Schwertmann U.-Zur Goethit- und Hämatitbildung aus  
amorphem Eisen (III)-hydroxid.-Z. Pflanz. Dun,  
Bod., 1965, 108, 37.

Schwiersch H.-Thermischer Abbau der natürlichen  
de des Aluminiums und des dreiwertigen Ei-  
sens. Zugleich ein Beitrag zur Frage der Reak-  
tionen im festen Zustande.-Ehem. Erde, 1933,  
8, 252.

Sherman G.D. y Karrehire Y.-Origin and developement of  
ferruginous concretions in Hawaiian latoss  
Soil Sci., 1954, 77, 1.

Sibirtsev N.M.-Soil Science. 2. Teaching on soil as a  
Mass. 1900-1901.

Singh S.-The formation of dark-coloured clay-organic  
complexes in black soils.-J. Soil Sci., 1956,  
7, 43.

Simonsen G.H.; Prill R.C. y Riesken F.F.-Free iron dis-  
tribution in some poorly drained prairie  
soils in Iowa. Proceed. Iowa Acad. Sci.,

1957,64.

- Soil classification, 7th. approximation, Soil Survey Staff.  
USA., 1960.
- Sterrier R.R. y Muir A.-The characteristics and genesis of a ferritic brown earth.-J. Soil Sci. 1962, 13, 2, 259-270.
- Sumner M.E.-Effect of iron oxides on positive charges in clays and soils.-Clay Min. Bull., 1963, 5, 218.
- Taylor R.M.-Amorphous iron oxides in soils.-J. Soil Sci 1959, 10, 2, 309-315.
- Titova N.A.-Iron humus complexes of certain soils.-Pochvedenie, 1962, 2, 38-44.
- Tayurupa I.G.-The problem of separating free iron and aluminium from soils and clays.-Pochvedenie, 1961, 4, 96-106.
- Tyurin I.V.-The nature of fulvic acids of soil humus. Trudy Pochv. Inst. Dekuch., 1940, 23.
- Tyurin I.V.-A study of the process of podsol formation Pochvedenie, 1944, 10.
- Van Diepen.-La méthode par traitement au feu en tant que moyen d'analyser le fer des profils des sols sableux.-C.R. 62 Congr. Int. Sci. Solil B, 1956, 701-706.
- Verigina K.V.-Processes of the movement and accumulation of iron during soil formation.-Tr. P. vovedenie, Dekuch., 1950, 34, 190-201.
- Veselkina R.V.-Relationship of the amount of mobile iron to soil conditions in the Lenkeran zone.-Pochvedenie, 1965, 4, 64-69.

Vishnyakov A.R. y Rabinovich S.A.-The effect of soil organic acids on the mobility of iron  
Trudy Leningr. Agropesh., 1955, 36.

Velubuev V.R.-Alteration in the content of silica, alumina and iron in soils in connexion with hydrothermal conditions.-Pechvedeni  
1962, 5, 73-82.

Warner R.C. y Weber I.-The cupric and ferric citrate complexes.-J. Amer. Chem. Soc., 1953, 75, 5086.

Weiser H.B.-Inorganic colloid chemistry.-Wiley Sons.  
New-York, Vol. 2., 1935.

Weiser H.B.; Milligan W.O. y Crok E.L.-Beta ferric oxide monohydrate.-Inorg. Synth., 1946, 2, 215

Wiklander L. Studies on ionic Exchange with special reference to the conditions in soils.-Lan  
br Hogst. Ann., 1946, 14, 1.

Yarkov S.P.-The formation of pedisolic soils.-Akad.  
Nauk. SSSR, 1954.

Zimovets B.A.-Characteristics of the orthocluvial accumulation and redistribution of iron during brown earth formation in the Amur Region.-Pechvedeni, 1962, 7, 39-46.

Zimovets B.A.-Characteristics of the accumulation and redistribution of iron on the forest soils of the Amur Region.-Pechvedeni, 1965, 5, 27-36.

BIBLIOGRAFIA

- Abarbarchuk I.L.; Destitayna K.P. y Skebets Ye.M.-Pela-  
reographic determination of exchangeable alu-  
minium in soils.-Pochvedenie, 1962, 2, 222.
- Aguilera N.H. y Jackson M.L.-Iron oxide removal from  
soils and clays.-Soil Sci.Soc.Am.Proc., 1953,  
17, 4, 359-394.
- Arnold P.W.-Nature and mode of weathering on soil-potas-  
sium reserves.-J.Sci.Food Agric.Horticult  
Exp.Sta.Harpenden, 1960, 11, 285.
- Ayres A.S.; Hagyhara H.H. y Stanford G.-Significance of  
extractable Aluminium in Hawaiian sugarcane  
soils.-Soil Sci.Proc., 1965, 29, 4, 387-392.
- Belyayeva N.I.-Determination of aluminium in the presen-  
ce of iron: Spectrophotometric methods using  
the reagent ferron.-Pochvedenie, 1966, 2,  
106-108.
- Beneslavsky S.I.-New aluminium bearing minerals in bau-  
sites J.Dokl.-Sked Nauk.SSSR, 1954, 113, 1130.
- Blanchet R.; Périgoud S. y Chaumont G.-Exchange acidity  
and free or exchangeable Al of soils.-Ann.  
Agron.Paris, 1960, A 11, 621-649.
- Bradford G.R.; Pratt P.F.; Bair F.L. y Goulben B.-Separa-  
tion and determination of total Al, Mg, Ni, Mn,  
Co, Cu, Fe, Mo, Zn, in soils.-Soil Sci., 1965, 100,  
5, 309-318.
- Clark J.S.-Aluminium and iron fixation in relation to  
exchangeable hydrogen in soils.-Soil Sci.,  
1964, 98, 5, 302-307.

- Charnev V.A.-The origin of exchangeable aluminium in soils.-Pochvovedenie,1959,10,25-33.
- Correns C.W. y Ingelhardt W.-Neue Untersuchungen uber die Verwitterung der Kalifeldespat.-Chem.Erde.,1938,12,1.
- Correns C.W.-Chemical decomposition of silicates in the laboratory and in the field.-An. Edf.Fis.Neg.,1951,10,625.
- Davigne J.-Pédogenèse en zone tropical.-Edit.Dunod 1965.
- Devere G.W.-Surface chemistry as a chemical control on mineral association.-J.of Geology,1959, 64,31.
- Dobrzanski B.-Influence of the parent rock and of utilisation of the land on the mobile aluminium content in the soil.-Trans.7th Int. Congr.Soil Sci.,1960,2,171-177.
- Duchaufour Ph.-Note sur le rôle du fer dans les complexes argile-humiques.-C.R.Acad.Sci.Paris 1963,256,2657.
- Frederickson A.F.-Mechanism of weathering.-Geol.Soc Amer.Bull.,1951,62,221.
- Frink C.R. y Michael Peesh.-Determination of aluminium in soils extracts.-Soil Sci.,1962,93, 5,317-325.
- Frink C.R. y Peesh M.-The solubility of gibbsite in aqueous solutions and soil extracts.- Soil Sci.Soc.Am.Proc.,1962,26,4,346-347.

- Frink C.R.-Characteritaton of aluminium interlayers in soil clays.-Soil Sci.,Proc., 1965,29,4,379-382.
- Fripiat J.J.;Leonard A. y Barake N.-Relation entre la structure et la texture des gels de silice.-Bull.Soc.Chim.Franas,1963,22, 122.
- Gapenenko T.K. y Dhatsman L.I.-Aluminum-ureonide soil complexes.-Pochvovedenie,1964,12, 84,87.
- Garrels K.M. y Howard P.F.-Reactions of mica and feldspar with water at low temperature.-Clay.Conf.Berkeley.Calif.-1957.
- Gastuche M.C.;Bruggenwert T.y Mortland M.M.-Crystallisation of mixed iron and aluminium gels.-Soil Sci.,1964,98,5,281-290.
- Gastuche M.C. y Herbillon H.-Etude des gels d'alumine:Cristallisation en milieu desionisé.-Bull.Soc.Chim.France,1962,1404-1412.
- Gastuche M.C.-L'aluminium libre en surface de la kaolinite.-Bull.du Groupe Français des Argils,1957,9,#49.
- Graham E.R.-Colloidal organic acids as factors in the weathering of anortite.-Soil Sci., 1941,52,291.
- Graham E.R.-The plagioclases feldspars as an index to soil weathering.-Soil Sci.Soc.Amer. Proc.,1949,14,300.
- Gushev K y Kozhukarov M.-Determination of total aluminium in soil by flame photometry

- Harris S.A.-Aluminium in soils and plants on the coastlands of British Guiana.-J.Sci. Food.Agric.,1963,14,259-263.
- Jackson M.L.-Aluminium banding in soils:A unifying principle in soil science.-Soil Sci.Soc Am.Proc.,1963,27,1,1-9.
- Jackson M.L.-Aluminium banding in soils:A unifying principle in soil science.-
- Jones L.H. y Handreck K.A.-Effete of iron and aluminium oxides on silica in solution in soils.-Nature Lond.,1963,198,852-853.
- Kehring A.G. y Sette M.E.-Determinaçoas de  $Al_2O_3$  na terra fina.-Bol.Inst.Quim.Agric., 1952,26,31.
- Krupskiy N.K.;Alexandrova A.M. y Khishnyak A.I.- Detremination of mobile aluminium in soils.-Pochvevedenie,1961,10,93-96.
- Lagache M.;Wyart J.y Sabatier F.-Mécanisme de la dissolution des feldespathes alcalines dans l'eau pure ou chargée de  $CO_2$  à 2000G.-C.R.Acad.Sci.Paris,1961,253,2296.
- Levankevich G.A.-Interaction of humic acids with iron and aluminium hydroxides.-Pochvevedenie,1966,4,58-65.
- Lin C.y Chen C.L.-The complexometric titration of aluminium and iron in soil.,Acta pedol. sin.,1959,7,108-114.
- Lin.C. y Coleman N.T.-The measurement of exchangeable aluminium in soils and clays.-

Soil Sci.Soc.Am.Proc.,1960,24,444-446

Lindsay W.L.;Peech M.y Clark J.S.-Determination of Aluminium ion activity in soils extracts.-Soil Sci.Soc.Am.Proc.,1959,23, 266,269.

Lopez Gonzalez J de D.y Mata Arjona A.-Efecto del tratamiento térmico y del contenido en  $Al_2O_3$  sobre la superficie específica de los geles de sílice-óxido de aluminio.-An.Biol. Fisiol.Veg.,1958,17,93-121.

Mackenzie R.C.;Meldau R.y Gard J.A.-The ageing of sesquioxide gels.II).-Alumina gels.- Miner.Mag.,1962,33,145-157.

Mc Lean E.O.y Coll.-Aluminium in soil.

I).-Extractable methods and magnitudes in clays and Ohio soils.-Soil Sci.Soc. Am.Proc.,1958,22,5,382-387.

Holowaychuk N.;Heddleson M.R.;Pest G.F.y Mc Lean E.O.-Aluminium in soils.

II).-Extractable aluminum in soils of several great soils groups in Ohio.-Soil Sci.Soc.Am.Proc.,1959.

Mc Lean E.O.;Heddleson M.R. y Pest G.I.-Aluminium in soils.

III).-Comparison of extraction methods in soils and clays.-Soil Sci.Soc.Am. 1959,23,4,289-293.

Heddleson M.R.;Mc Lean E.O. y Holowaychuk N.-Aluminium in Soils.

IV).--The role of aluminium in soils acidity.--Soil Sci.Soc.Am.Proc.,1960,24,2, 91-94.

Rhumbla D.R. y Mc Lean E.O.--Aluminium in soils.

VI).--Changes in pH-Dependent Acidity, Cation-exchange capacity, and extractable aluminium with additions of lime to acid surface soils.--Soil Sci.Soc.Am.Proc., 1965,29,4,370-374.

Mc Lean E.O.; Reicoaky D.C. y Lakshmanan C.--Alumina in soils.--

VII).--Interrelationships of organic matter lining, and extractable aluminium with "Permanent Charge" (KCl) and pH-Dependent Cation-Exchange Capacity of surface soils.--Soil Sci.Soc.Am.Proc., 1965,29,4,374-378.

Mac Clelland J.E.--The effect of time, temperature particle size on the release of bases from some common soil-forming minerals of different crystal structures.--Soil. Sci.Soc.Am.Proc.,1951,15,301.

Mackenzie R.C.--Meldau R. y Gard J.A.--The ageing of sesquioxides gels.

II).--Alumina gels.--Min Mag.,1962,33,145.

Martin A.E. y Reeve R.--Chemical studies of Pedregallic Illuvial Horizons.

IV).--The flocculation of humus by aluminium.--J.Soil Sci.,1960,2,369-381.

Mehlich .-Effect of iron and aluminium oxides on the release of calcium and on the cation-anion-exchange properties of soils.- Soil Sci., 1952, 73, 5, 361-375.

Middleton K.R.-Determination of aluminium and iron and the relation of aluminium to clay in certain tropical soils.- Soil Sci., 1965, 100, 5, 361-367.

Nash V.E. y Marshall C.E.-The surface reactions of silicate minerals. I).-The reaction of feldspar surface with acid solutions.- Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull., 1956, 613

Moskal P.-Quantitative methods of determining free aluminium in acid soils.- Rozn. Glebozn., 1954, 3, 154-174.

Pa Ho Hsu.-Effect of initial pH, phosphate and silicate on the determination of aluminium with aluminon.- Soil Sci., 1963, 96, 230-238.

Page A.L. y Bingham F.T.-Determination of Al(III) in plant materials and soils extracts.- Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1962, 26, 4, 351-355.

Pavlinova A.V. y Bernshtein B.I.-The titrimetric determination of mobile aluminium in soil Zh. Anal. Khim., 1959, 14, 3, 356-357.

Pedro G.-An experimental study on the geochemical weathering of crystalline rocks by water.- Clay Min. Bull., 1961, 26, 266.

Plucknett D.L. y Sherman C.D.-Extractable Al in some Hawaiian soils.- Soil Sci. Soc. Am

Proc., 1963, 27, 1, 39-40.

Pratt P.F. y Bair F.L.-A comparison of three reagents for the extraction of aluminium in soils.- Soil Sci., 1961, 91, 357-359.

Ragland J.L. y Coleman H.T.-The hydrolysis of aluminium salts in clays and soils system.- Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1960, 24, 457-460.

Raupach M.-Solubility of simple aluminium compounds expected in soils.- Austr. J. Soil Res., 1962, 1, 28, 36.

Raupach M.-Solubility of simple aluminium compounds expected in soils.

I).-Hydroxides and oxyhydroxides.

II).-Hydrolysis and conductance of  $Al^{+++}$

III).-Aluminium ions in soils solutions and aluminum phosphate in soils.

IV).-Reactions of aluminium hydroxide under acid conditions.

Austr. J. Soil Res., 1963, 1, 28-62.

Remy H.-Lehrbuch der Anorganische Chemie 108 ed. 1960.

Robert B. Cate Jr. y Sukhai A.P.-A study of aluminium in Rice soils. Soil Sci., 1964, 98, 2, 85-94.

Robertson G.-The colorimetric determination of aluminium in silicate minerals.- J. Sci. Food Agric., 1950, 1, 59-63.

Saunders W M.H.-Aluminium extracted by neutral citrate-dithionite-reagent. Nature Lond.,

1959,184,2037.

Schachtschabel P.-y Koster W.-Chemical investigation on marsh soils.

II).-Soils of the Ems and Weser-Jader regions.-Soluble silica and oxides of aluminium, iron and manganese.-Z.Pfl.Ernahr.Dung 1959,85,140-151.

Schenberg W.y Schenberg E.-The colorimetric estimation of small amounts of aluminium in KCl extracts of soils with alizarin-red S.-Albrecht-Thaer-Arch.,1960,4,37,43.

Sokolov A.V.-The presence of exchangeable aluminium in soils.-Pochvovedenie,1960,1,72-74.

Stefanovich P.-Determination of free aluminium and iron in soils by means of komplexon III.-Agrokem.Talajt.,1955,4,265-272.

Szaboies I y Szeder A.-A new method for the analysis of the 5%-alkali extract of soil.-Agrokem.Talajt.,1957,6,51-54.

Tann O.-Method of extraction of Fe,Al...Traité pratique de Chimie Végétale, Georges M., Tourcoing,1948.

Thomas G.W.-Forms of aluminum in cation exchangers. 7th.Int.Congr.of Soil Sci.Madison,II,1960, 11,47,364.

Turner R.C. y Brydon J.E.-Factors affecting the solubility of  $Al(OH)_3$  precipitated in the presence of montmorillonites-Soil Sci.,1965, 100,3,176-181.

Yuan T.L. y Fiskell J.G.A.-Aluminum studies.-Soil. Sci.Soc.Am.Proc.,1959,23,3,202-205.

- Acquaye D.K. y Tinsley J.-Soluble silica in soils.-  
In *Experimental Pedology*, 1965, 126.
- Alexander G.B.-Preparation of monosilicic acid.-  
*J. Amer. Chem. Soc.*, 1955, 75, 2887.
- Arinushkina E.V. y Baltenko T.P.-A rapid method for  
determining the total silicic-acid content  
of the soil.-*Vestn. Moskov. Univ.*, 1956, 3, 105.
- Bazilevich N.I., Kalashnikova R.A. y Yarikova E.A.-  
The accumulation of amorphous silicic acid  
in soils.-*Trudy Pechv. Inst. Degtucheva*, 1954,  
44, 262-280.
- Beckwith R.S. y Reeve R.-Studies of soluble silica  
in soils.-*Australian J. Soil Res.*, 1963, 1, 157.
- Boetz D.F.-Colorimetric determination of non metals.  
*Interscience Publ.*, 1958, Inc., New-York.
- Bémolen A. y Bastise E.M.-Rôle vecteur de la silice  
dans les phénomènes géochimiques et physi-  
ologiques.-*Ann. Agron.*, 1944, 165-296.
- Eliassef J.-Colloidal silic acid in terra rossa.-  
*Nature Lond.*, 1962, 194, 409-410.
- Hallsworth E.G. y Costin A.B.-Studies in pedogenesis  
in new South-Wales. (V).-The ironstone soils.  
*J. Soil Sci.*, 1953, 4, 24.
- Hannemann W.-Soil resistance in relation to cohesion  
of loess soils in the Palatinate.-*Z. Ackerb.  
Pfl. Ban.*, 114, 237-247.
- Iter R.K.-The colloid chemistry of silica and sili-  
cates.-*Cornell Univ. Press.*, 1955.
- Jeffe J.S.-Gyrometer studies: (IV).-Movement of anion  
through the profile of a gray-brown pedes-

- licsoils.-Soil Sci.,1940,50,57.
- Jones L.H.P. y Handreck K.A.-Effects of iron and aluminium oxides on silica in solution in soils.-Nature,1963,198,852.
- Khan D.H.-A study on the effect of colloidal silica in peptising iron oxide with reference to red-brown soil formation on limestone.-J.Sci.Food Agric.,1960,11,133-136.
- Kononova M.M.;Aleksandrova I.V. y Titova N.A.-Decomposition of silicates by organic substance in the soil.-Pochvovedenie,1964,10,1,11.
- Krauskopf K.B.-The geochemistry of silica in sedimentary environments.-Sec.Econ.Pal.Minor. Spec.Publ.,1959,7,4.
- Krauskopf K.B.-Dissolution and precipitation of silica at low temperature.-Geochim.Cosmochim. Acta,1956,10,1.
- Lundblad K.-Studies on podzols and brown forest soils.-Soil Sci.,1936,41,295.
- Mc Keague J.A. y Cline W.G.-Silica in soil solutions  
 I).-The form and concentration of dissolved silica in aqueous extracts of some soils.  
 II).-The adsorption of monosilicic acid by soil and by other substance.  
 Canad.J.Soil Sci.,1963,43,70-82.  
 " " " ,1963,43,83-96.
- Mc Keague J.A.-Silica in solution in the presence of soil and related material:Forms,concentrations and reactions.-Dis.Abstr.,1962,23, 2.

- Mc Keague J.A.-y Cline.M.G.-Silica in soils.-*Advances.Agron.*,1963,15,339.
- Millet G.;Radier M.;Muller,Fanga R.;Defesses M. y Wey R.-Sur la géochimie de la silice et les silifications Sahariennes.-*Bull.Serv.Geol. Alsace-Lorr.*,1959,12,1.
- Millet G.-Silice,silex,silicifications et croissance des cristaux.-*Bull.Serv.Geol.Alsace-Lorr.*, 1960,13,129.
- Millet G.-Silicification et néoformation argileuses: Problèmes de gènèse.Colloque Int.C.R.R.S. 105.Gènèse et synthèse des argiles,1961,16
- Okamoto G;Okura T. y Goto K.-Properties of silica in water.-*Geochim.Cosmochim.Acta*,1957,12,
- Schaufelberger P.-Lateritas de Colombia.-*Bol.inf. Chinchiná.*,1955,6,206-205.
- Scheffer F.y Schachtschabel P.-*Lehrbuch der Bodenkunde.*-Enke.Stuttgart,1966.
- Siffert B.-Quelques réactions de la silice en solution.La formation des argiles.-*Mem.Serv. Carte Géol.Alsace-Lorr.*,1962,21.
- Slavnyy Iv.A.-y Vorebyeva E.S.-Precipitation of silica on freezing of soils solutions.-*Pochvovedenie*,1962,9,80.
- Szekely A.-The release of silica and alkali from clays.-*Keszthelyi Mezeg.Akad.Kozl.*,1956, 55-67.
- Uchiyama N.y Onikura Y.-Investigations on clays formation in paddy soils.I).-Variations in silica and alumina soluble in dilute sodium

carbonate solutions during one year.-J.Sci.  
Soil Tokyo,1955,25,291-298.

Wey R.y Siffert B.-Réactions de la silice nanocollu-  
laire en solution avec les ions  $Al^{+++}$  et  
 $Mg^{++}$ .-Génèse et synthèse des argiles.-Colloq.  
Int.C.N.R.S.,1961,105,11.

White D.E.,Branneck W.W.,y Murata K.J.-Silica in hot  
spring waters.-Geochim.Cosmochim.Acta,1956,  
10,27.

Whitehouse J.W.-The lateritic soils of western Susma-  
land.-Pap.Dep.Geol.Univ.,1940,2.

Zinovets B.A.-Orthocolluvial new formations of amorphous  
silica in know forest soils of the Amur re-  
gion.-Pochevovedenie,1963,2,40-42.