

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE UNOS LIMOS DE CANARIAS

POR

ANGEL HOYOS DE CASTRO

GERMAN BARCELO SIERRA

Catedrático de la Universidad de Granada.

Doctor en Farmacia.

INTRODUCCION

GEOGRAFÍA Y GEOLOGÍA.

Canarias, etimológicamente se dice que proviene del latín *Canis* = perro, debido a la abundancia en otros tiempos de este animal en aquellas Islas.

El Archipiélago está situado en el Océano Atlántico y constituido por siete islas mayores (Fuerteventura, Gomera, Gran Canaria, Hierro, Lanzarote, La Palma y Tenerife) y otras muchas menores (Alegranza, Roque del Este, Roque del Oeste, Graciosa, Montaña Clara, Isleta de los Lobos, etc.).

Se encuentra frente a la Mauritania-Tingitana, a 115 Km. de la costa africana, a 215 Km. N. O. del Cabo Bojador y a 1.105 Km. S. O. de Cádiz. Su extensión es de 7.614 Km², pero, debido a que la de cada isla es pequeña, no existen en ellas ríos ni casi arroyos de curso permanente.

Su orografía, según Fernández Navarro¹ (*), no depende de la cadena central submarina del Atlántico Norte, sino que es una prolongación de la Cordillera del Atlas, pues si se trazase una línea desde el Cabo de Guer hasta la Gran Canaria, siguiendo la dirección del eje principal de la Cordillera, pasaría por Roque del Este, Lan-

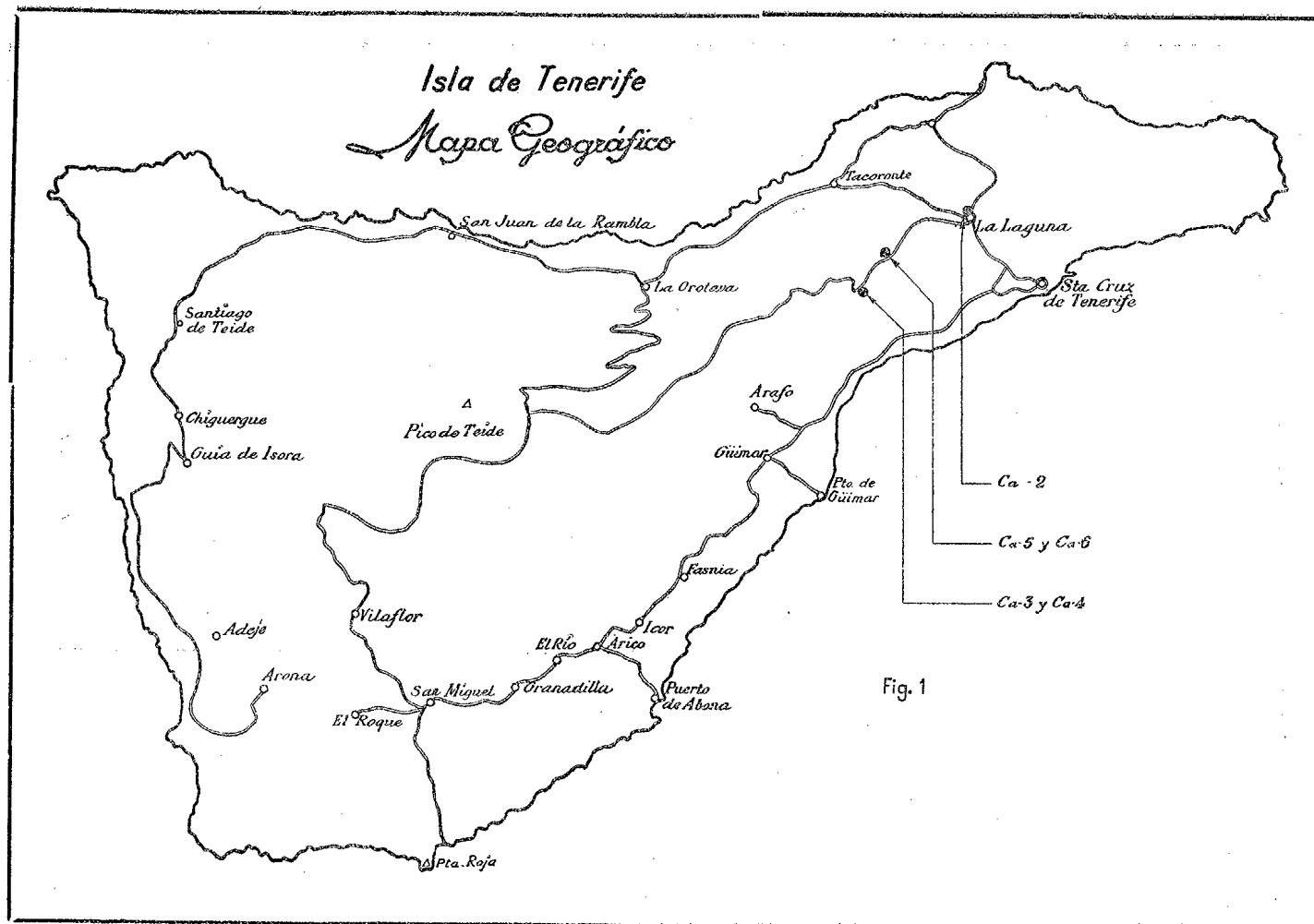
(*) Las notas se refieren a la Bibliografía, que se encontrará al final.

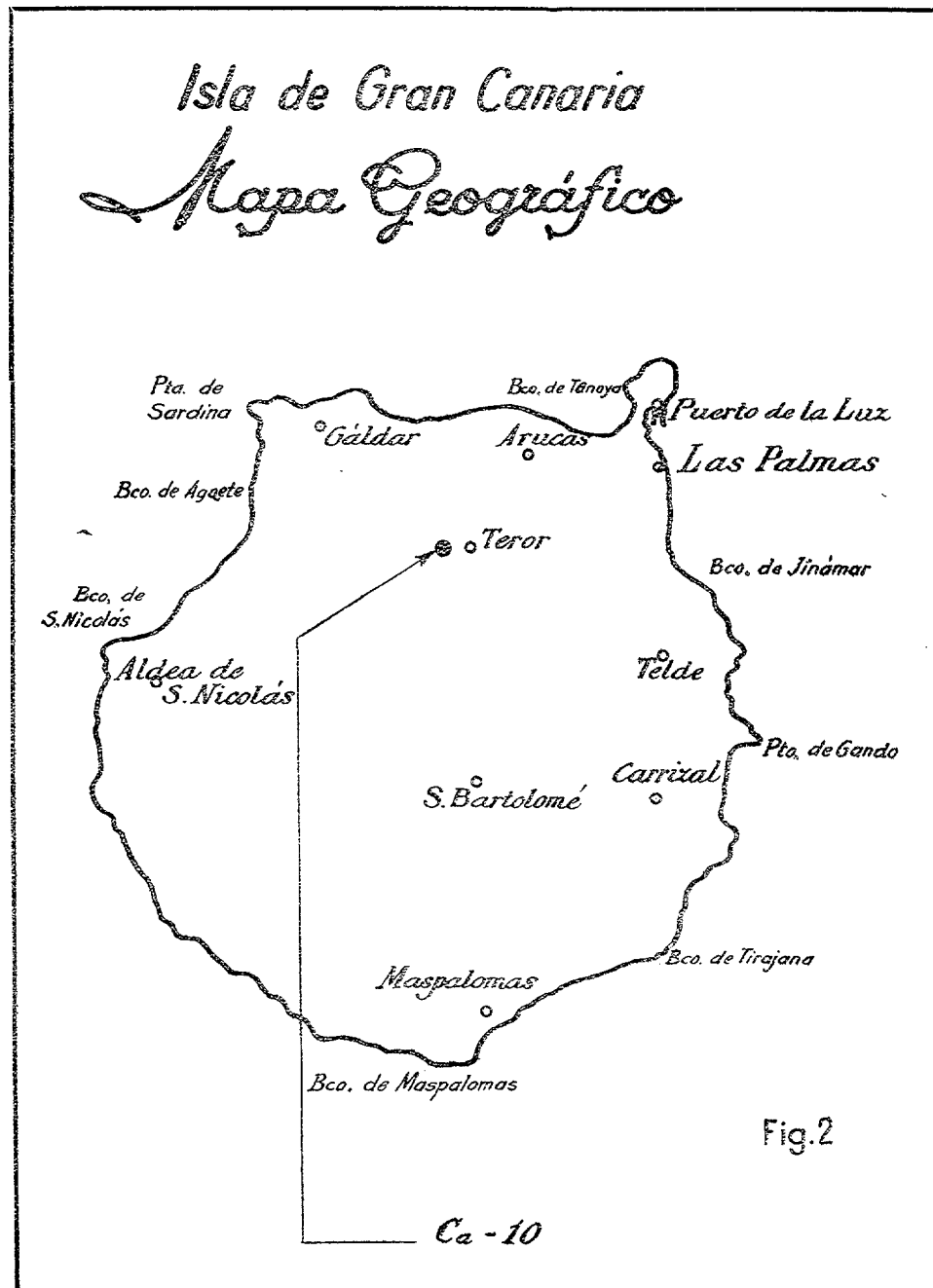
zarote, Tenerife y Hierro, quedando muy próximas a dicha línea Fuerteventura, Gran Canaria y La Palma. Para más abundamiento, es manifiesto que los accidentes característicos del Archipiélago (cabos, montes, picos, etc.) son una prolongación del sistema orográfico africano, siguiendo las montañas una dirección N. E. a S. O., e idéntica dirección las seis islas situadas al Norte de Fuerteventura, y si bien esta última se inclina más hacia el Sur, en su porción terminal vuelve a inclinarse al S. O. como si intentara unirse a Gran Canaria y las demás islas vecinas y hermanas.

TENERIFE es la isla más extensa y elevada del Archipiélago, midiendo 85×55 Km. según sus ejes mayores (fig. 1), con una extensión total de 1.946 Km². La hipótesis de Fernández Navarro, arriba citada, queda perfectamente de manifiesto en esta Isla, ya que ella misma puede considerarse como un volcán cuya analogía de composición, forma y dimensiones con los de la vecina Cordillera continental queda evidente. Según Gentil², el Atlas marroquí se sumerge en el Atlántico para reaparecer en algunos puntos de este gran Océano, como ocurre en las Canarias, Cabo Verde y Antillas, adentrándose por vía submarina en el Pacífico, para volver a Europa cruzando el Asia por el Himalaya y el Cáucaso.

Tenerife está cruzada en toda su longitud por una áspera y elevada cordillera, de rapidísimas pendientes, que forma al Norte una meseta que, de poco más de 500 m., asciende a 832 y va ganando altura hasta el Monte Cuchillo (1.667 m.), el Perejil (1.838 m.) y el Izaña (2.250 m.), en cuya falda existe un barranco cubierto de lavas recientes, cercano al cual se levanta, sobre una extensa meseta, el gran volcán del Teide, constituido por basalto, siendo quizá el único que, teniendo tanta altura, levántase directamente sobre el nivel del mar. La superficie de su pedestal es de 55 Km² y sus rocas constitutivas son basaltos cubiertos de lavas, mezclados de tobas, arcillas y puzolanas. Cercano a él existe otro volcán, el Chahora, situado al S. O., de 3.014 m. de altura.

GRAN CANARIA está situada en el centro del Archipiélago, entre Fuerteventura y Tenerife. Es de forma circular regular (fig. 2), si bien, en su parte N. E., hay que destacar una península unida a la Isla por el istmo de Guanarteme (140 m.), de tipo arenoso. Mide 58×56 Km. y tiene una superficie de 1.376 Km², estando más po-





blada que Tenerife, y de ahí que, siendo más pequeña que esta última, reciba el nombre de Gran Canaria. Su aspecto general es montañoso, aunque de alturas sensiblemente menores que Tenerife. Su orografía forma parte del grupo central, representando un levantamiento en el cual se encuentran Los Pechos (1.951 m.), Pozo de la Nieve (1.910 metros), El Nublo (1.862 m.), el Saucillo (1.850 m.) y el Pan de Azúcar (1.405 m.), situados todos ellos en escasos kilómetros cuadrados. Entre El Nublo y Los Pechos se extiende la Caldera de Tirajana, cráter de más de 30 Km. de circunferencia.

Todas las Islas son volcánicas, aunque en realidad sólo se han registrado erupciones en época histórica en tres de ellas: Lanzarote, La Palma y Tenerife, siendo en esta última mucho más abundantes, pues no en vano sustenta el volcán más importante, el Teide, cuyo nombre parece proviene, por corrupción, del primitivo Echeide, que significaba Infierno.

Para explicar la génesis del Archipiélago han sido muchas las teorías aceptadas, y nosotros nos unimos al resumen de las mismas hecho por Martel³ y recogido por Soler⁴.

Hemos de destacar en GRAN CANARIA una parte antigua y otra moderna, separadas por una gran falla que va desde Agaete hasta el barranco de Tirajana (fig. 3). En la primera, situada en la parte izquierda de esta línea, la erupción volcánica cesó en el Mioceno y desde entonces existe una progresión en los procesos erosivos que acentúan el aspecto recortado de la misma. Las rocas allí existentes se encuentran recubiertas por una formación brechoide parda de aspecto estrellado, bajo la cual existen basaltos, riolitas, fonolitas y cristales de feldespatos. En la parte moderna las rocas son mucho más básicas, originándose una facies basáltica melanocratas, llegando a limburgitas.

TENERIFE está formada geológicamente por basaltos antiguos que contienen basanitas, tefritas y lavas a ellas afines, como ocurre en la península de Anaga (fig. 4), mientras que en Las Cañadas existen fundamentalmente lavas traquito-fonolíticas de tipo vítreo, producto de las erupciones del Teide y del Chahora. Más al Sur existe una formación fonolítica procedente de la gran precaldera volcánica central, y aún más abajo, y ya cercano a la costa, se pueden observar las for-

maciones de conglomerados, lapilli y piedra pómez arrojados por los volcanes.

CLIMA.

Las Canarias, por su situación, debieran poseer altas temperaturas; pero al ser alcanzadas por las corrientes frías de retorno del Golfo, ésta las hace tener un clima templado, y ello, unido a que el Atlántico actúa como regulador de temperatura, ocasiona que el desnivel térmico no suela exceder de 10-12°, siendo la temperatura media del invierno en Tenerife de 18° C. Poseen una variante de clima mediterráneo, pero sin embargo hay que tener en cuenta que en una pequeña distancia se pasa del nivel del mar a alturas superiores a 2.000 m., donde la precipitación anual es superior. La pluviosidad aumenta además desde la Isla más oriental a la más occidental, donde asimismo la temperatura es ligeramente inferior, todo lo cual lleva como consecuencia que en general el desarrollo del suelo sea mayor en La Palma que en Gran Canaria.

Simón Benítez ⁵ da un mapa hipsométrico de la Isla de Gran Canaria y demuestra la influencia de los vientos. Al nivel del mar corresponde la precipitación mínima de 125 mm. anuales, que pasa a 748 en las alturas intermedias y a 541 en las más altas.

En la tabla 1 recogemos los datos de temperatura media y precipitación para cada mes del año en Icod (Tenerife).

T A B L A 1

M E S E S	Temperatura media mensual	Precipitación mensual
Enero	14,9	66,6
Febrero	14,6	54,3
Marzo	15,6	38,4
Abril	16,3	30,3
Mayo	17,6	14,3
Junio	18,9	8,9
Julio	20,5	8,3
Agosto	21,3	1,6
Septiembre	21,2	6,0
Octubre	20,2	32,2
Noviembre	17,7	64,2
Diciembre	15,7	57,3
Año	17,9	382,3

Isla de Gran Canaria

Mapa Geológico

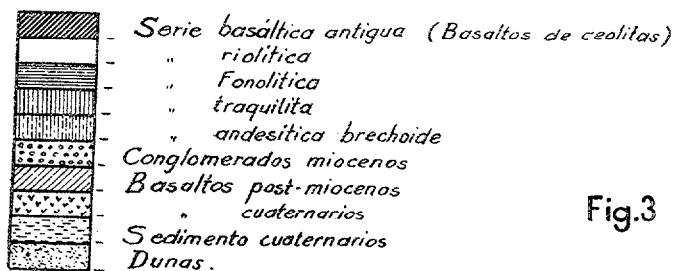
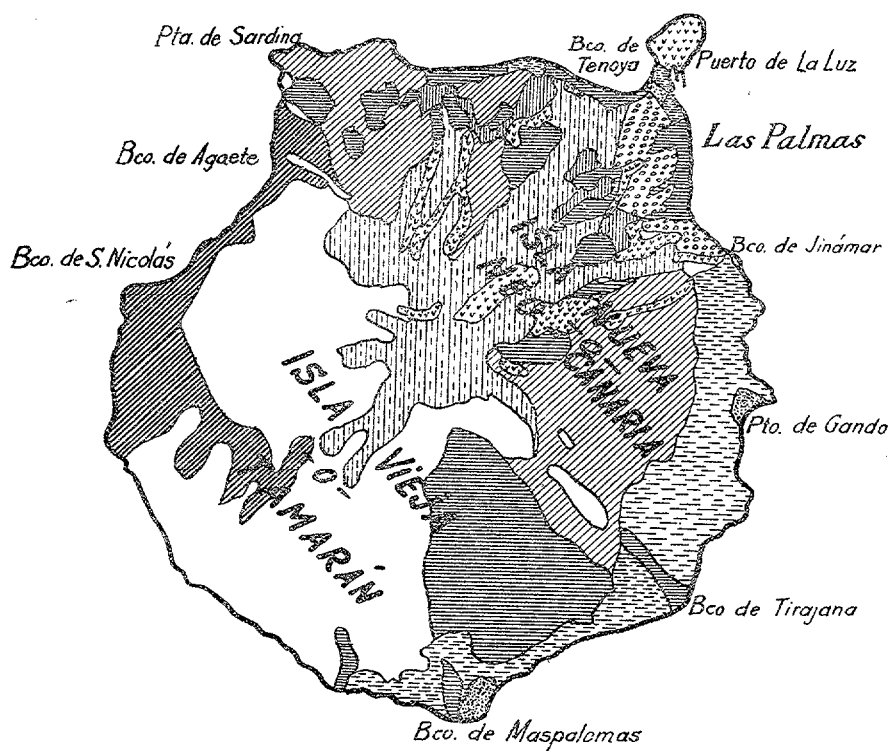
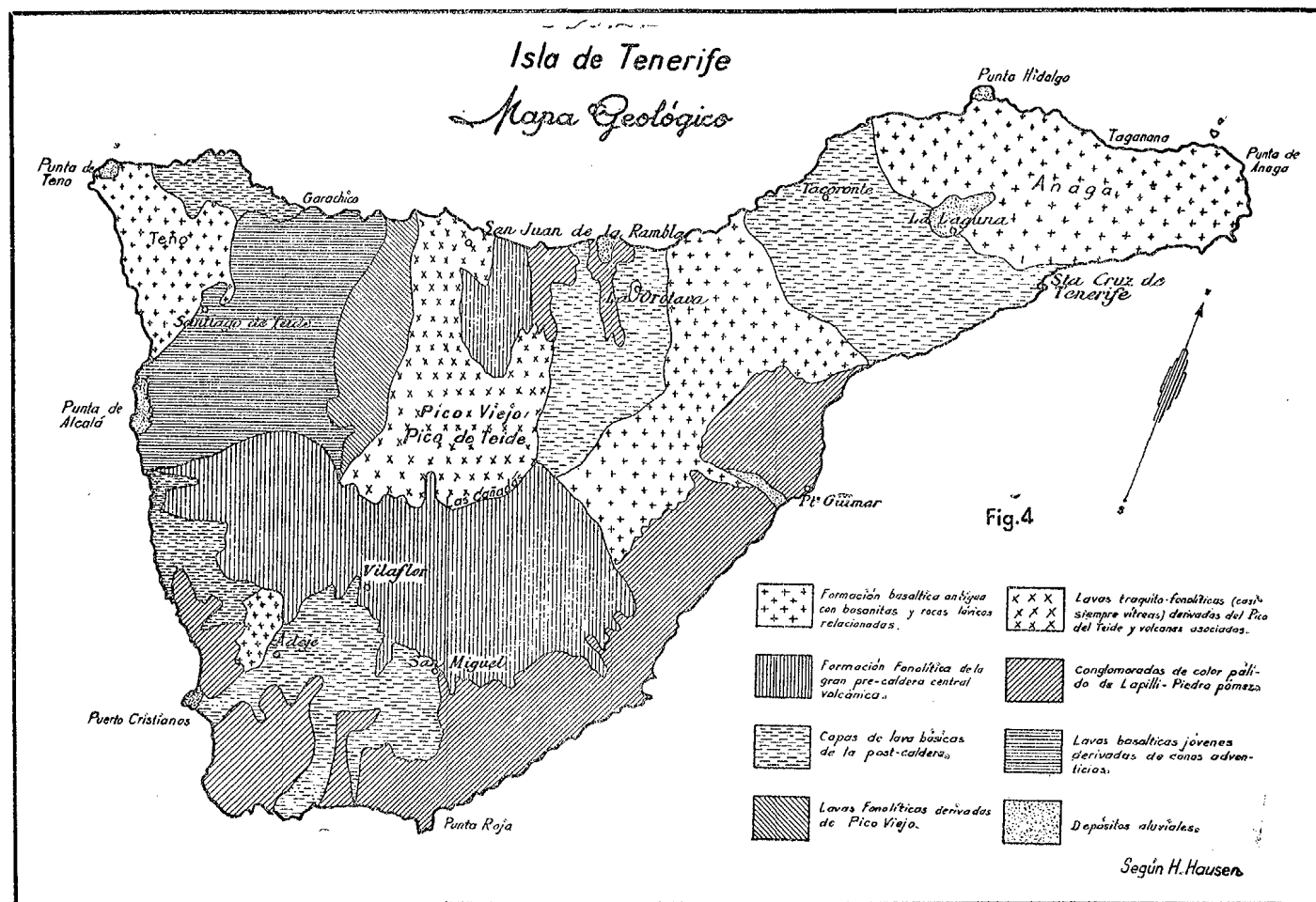


Fig.3



Estos datos resultan incompletos, pues se refieren a una localidad, si bien pueden dar alguna idea.

ESTUDIO DE SUELOS CANARIOS.

El estudio de la formación del suelo en las Islas Canarias no es demasiado abundante. Por otra parte, las características actuales de clima no son las que han regido siempre, y por eso, al lado de suelos de tipo xerofítico, actuales, con pequeño desarrollo y escasa profundidad, se encuentran tipos de suelos relictos o fósiles, formados en condiciones de clima tropical. Se puede decir con justeza que existen suelos tropicales. De todos modos, las condiciones climatológicas que reinan hoy día han originado ciertas modificaciones en los suelos anteriormente formados, que los diferencian de los mismos tipos de suelo existentes en los trópicos y que se forman allí en estos momentos.

A continuación resumimos los trabajos más importantes sobre suelos canarios.

Hoyos⁶ estudia suelos de Gran Canaria, todos ellos con la particularidad de tener bastante cantidad de carbonato cálcico. Son suelos de la parte norte de la Isla, de escasa precipitación y donde la desintegración física predomina sobre la química. Estudia la influencia que este carbonato cálcico ejerce sobre la cantidad de arcilla por coagulación y en la naturaleza de la misma. También estudia unos suelos de la Isla de La Palma en que la desintegración química es más acusada por la ausencia de carbonato cálcico en el perfil y la mayor precipitación.

La naturaleza de la desintegración y el papel del carbonato cálcico lo estudia en otro trabajo⁷ en el que compara los suelos canarios con suelos de otras regiones de la Península.

Es de notar la gran cantidad de titanio existente en los suelos canarios⁸.

En un estudio de suelos de Gran Canaria y Tenerife, Hoyos⁹ hace notar que las condiciones climáticas no son apropiadas para formaciones patentes de suelos por ataque químico, aumentando éste paralelamente a la precipitación según el orden creciente, Gran Canaria, Tenerife, La Palma. Pone de relieve la gran importancia de la

naturaleza de la roca madre en la composición mecánica y química de los suelos y opina que la tendencia actual es hacia la formación de tierras pardas de poco desarrollo.

Soler ⁴ estudia la formación de tierras pardas sobre basalto, lavas volcánicas y lapilli, en suelos de las islas de La Palma, Tenerife y Gran Canaria. La intensidad del ataque químico se manifiesta en el lavado de bases y en la naturaleza de la arcilla; en suelos con escaso ataque la arcilla es de tipo montmorillonítico-ilítico, mientras que cuando la desintegración química es acusada las arcillas son de tipo caolinítico. Estudia también unos ranker que compara con otro de Guinea Española, y la materia orgánica de todos estos suelos.

En colaboración con Hoyos ¹⁰ hace un estudio de las condiciones de desarrollo de las tierras pardas canarias, y con otros colaboradores ¹¹ un estudio conjunto comparativo de suelos tropicales y subtropicales.

Sánchez Calvo ¹², en un estudio de suelos de las Islas de Tenerife y Gomera, relaciona la transformación de los suelos con la vegetación y encuentra que al cambiar ésta existe una transformación de los tipos de suelo. Describe y estudia un limo pardo típico sobre basalto que no contiene carbonato cálcico en todo el perfil; los limos pardos terrosos y un mullranker pardo sobre basalto con enriquecimiento secundario en caliza que se asemeja bastante a las tierras pardas meridionales. Como mineral arcilloso parece encontrar haloisita.

Kubiena ¹³ estudia suelos de las Canarias occidentales, relacionándolos con la época geológica en que se formaron. Encuentra suelos fósiles y relictos ¹⁴, de tipo limo rojo, muy extendidos y formados a partir de lavas correspondientes al Premioceno, Mioceno y en parte también Pliocénicas. Ya en el Pleistoceno aparece la formación de limos pardos muy regresivos y con tendencia a su sustitución por tierras pardas meridionales muy progresivas. El carácter árido actual se manifiesta fuertemente por la gran extensión de suelos calizos brutos, costras calcáreas, pararendzinas y tierras pardas meridionales calcáreas en las zonas litorales, y suelos brutos desérticos, xerorankers pardos en las regiones de altas montañas. Hace un paralelismo con el desarrollo actual de los suelos de la Isla de Fernando Póo y lo relaciona con los resultados geobotánicos de Schmids en

las Islas Canarias. Los resultados los explora en función de la altura en el gráfico que acompañamos (fig. 5).

OBJETO DEL TRABAJO.

El objeto de este trabajo es el estudio de limos de color rojo y pardo, procedentes de las Islas de Tenerife y Gran Canaria.

La denominación de limo la utilizamos aquí en el sentido dado

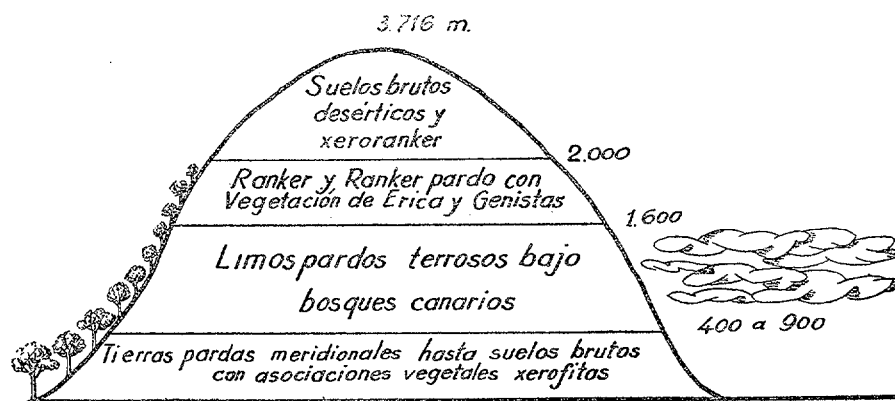


Fig.5

por Kubiena^{15 16}, es decir, como un tipo de suelo de características definidas.

De los suelos que se estudian existen unos cuya dependencia genética de la roca madre es bastante aparente, mientras que otros son más bien sedimentos, que son más antiguos o al menos están más lavados por el transporte. Todos ellos, sin embargo, poseen cierto carácter relicto o fósil en el sentido empleado por Kubiena¹⁷ para estas palabras.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

a) ANÁLISIS MECÁNICO.

Hemos empleado una modificación del método internacional¹⁸, que consiste en lo siguiente: se parte de 20 gr. de suelo tamizado por malla de 2 mm. que se pone en la estufa a 105° durante 4 horas, al

cabo de las cuales se vuelve a pesar y por diferencia obtenemos la pérdida por desecación.

Colocamos la muestra ahora en un vaso de precipitados de 800 c. c., forma alta, agregándosele 60 c. c. de agua oxigenada de 20 volúmenes; se deja 5 minutos para que actúe ésta en frío, calentando a continuación en baño maría con agitación frecuente. Se agrega nuevamente agua oxigenada, unos 40 c. c., repitiéndose esto, hasta que al agregar nueva porción no se produzca espuma y quede en ebullición tranquila. El objeto de este tratamiento es destruir la materia orgánica.

No hemos añadido ácido clorhídrico por carecer las muestras de carbonato.

A continuación se pasa el contenido del vaso a un frasco y se le añaden 20 c. c. de dispersante (ver nota) y se coloca en un agitador horizontal por espacio de 8 horas, al cabo de las cuales se pasa por un tamiz de mallas cuadradas de 0,2 mm. que se coloca sobre la boca de una probeta de 1.000 c. c.; el residuo del frasco se arrastra con fuerte chorro del frasco lavador que contiene agua caliente. Lo que queda en el tamiz es la arena gruesa, que se vierte sobre cápsula tarada, se deseca a 105° y por diferencia obtendremos la cantidad de arena gruesa existente en los 20 gr. iniciales; multiplicando por 5 sabremos el tanto por ciento.

El líquido que pasó a la probeta se agita por inversión un minuto, dejándose en reposo 4 minutos y 48 segundos. A los 4 minutos y 28 segundos (20 segundos antes de finalizar dicho tiempo) se introduce 10 cm. la pipeta de Robinson de 20 c. c., con la llave cerrada, y pasados 20 segundos se hace la succión hasta que el líquido rebase la llave de la pipeta. El contenido de la misma se vierte sobre cápsula tarada, se deseca al baño maría y después de 4 horas en la estufa a 105° se pesa. Este peso indica la cantidad de limo + arcilla existentes en los 20 c. c., y refiriéndolo al volumen total nos dará la cantidad de limo + arcilla en los 20 gr.

Se repite la operación variando sólo el tiempo de la sedimentación; se agita durante un minuto y se deja reposar 8 horas, al cabo de las cuales se introduce la pipeta de Robinson 10 cm. de profundidad; se vierte el líquido de la pipeta sobre cápsula tarada y se lava la misma recogiendo en la cápsula el líquido procedente del lavado.

Todo lo cual se evapora a baño maría, se deseca durante 4 horas en la estufa a 105° y se pesa. Este peso será la cantidad de arcilla existente en los 20 c. c., y referido al volumen total dará la cantidad de arcilla correspondiente a los 20 gr. Por diferencia entre la anterior pesada (limo + arcilla) y esta nueva pesada (arcilla) sabremos la cantidad de limo.

El líquido que quedó en la probeta se decanta y el sedimento se pasa a un vaso de precipitados que se llena de agua y agita nuevamente. Se deja en reposo 4 minutos y 40 segundos, al cabo de los cuales se decanta el líquido turbio y se vuelve a llenar el vaso con agua, continuando el lavado del material hasta que el líquido que decante sea claro. El residuo se recoge en cápsula tarada, se seca en estufa, se pesa y se halla el tanto por ciento, el cual nos indicará la arena fina.

Nota.—El agente dispersante que hemos utilizado es el siguiente: 125 gr. de fosfato monosódico se ponen en una cápsula de platino, se calienta lentamente hasta 650° C, manteniéndose esta temperatura hora y media. La cápsula se agita y su contenido se vierte sobre una plancha de mármol limpia formando cintas. La solución dispersante consiste en disolver 37,7 gr. de metafosfato y 7,49 gr. de carbonato sódico en un litro de agua destilada.

Extracción de arcillas.

Se siguió el método según Vilas¹⁹: se parte de 200 gr. de muestra tamizada y secada al aire, que se coloca en un vaso de 3 litros, añadiéndose 30 c. c. de amoníaco concentrado y 2,5 litros de agua destilada. Se marca en el vaso una señal que corresponde a los 10 centímetros superiores del líquido y se agita fuertemente con varilla de vidrio, dejándose reposar 24 horas, al cabo de las cuales se extrae sifonando los 10 cm. de agua superiores. Se llena nuevamente con agua destilada hasta la misma altura anterior, se agita y a las 24 horas se vuelve a sifonar, repitiéndose esta operación hasta que el agua comprendida en los 10 cm. superiores esté suficientemente clara. Los líquidos extraídos contienen en suspensión arcilla, la cual nos interesa separar, y esto se puede conseguir de varias maneras: por evaporación, por coagulación en medio ácido y por separación por filtra-

ción por bujía porosa. Nosotros, debido a que la coagulación en medio ácido no daba buen resultado, hemos empleado la evaporación, pero, dada la lentitud de este método, hemos simultaneado dicha evaporación con filtración a través de bujías porosas "Chamberland" "Système Pasteur", con las cuales, y puestas muchas de ellas en serie, se obtienen las arcillas con bastante rapidez.

Indices de plasticidad.

Es un número que se determina por diferencia entre los límites líquido y plástico.

El límite plástico se halla según la técnica de Atterberg, haciendo un cigarrillo de 2 cm. de longitud y 3 mm. de espesor, adicionándole la mínima cantidad de agua para que no se agriete. Hecho éste, se pesa y se lleva a la estufa a 105° C durante 8 horas. Al cabo de éstas se pesa y por diferencia entre ambas pesadas obtenemos el tanto por ciento de agua.

El límite líquido se halla utilizando la cuchara de Casagrande ²⁰. Se toma una determinada cantidad de suelo y se hace una pasta con cantidad suficiente de agua y se coloca en la cuchara haciendo en la masa una incisión con una espátula especial. La cantidad de agua que se añade ha de ser tal que se unan los bordes de la ranura hecha con la espátula en un espacio de 1 cm. al someter la cuchara a un número de golpes comprendido entre 15 y 25 ó entre 25 y 40. Se hace tomando dos muestras, y en una de ellas han de unirse los bordes entre 15 y 25 golpes, y en la otra entre 25 y 40. En estas condiciones se pesan en sendos crisoles determinada cantidad de ella, se llevan a la estufa a 105° C hasta peso constante y se determina el tanto por ciento de agua; por interpolación se halla la cantidad de agua correspondiente a 25 golpes.

Grado de acidez.

La técnica seguida consiste en tomar 1 gr. de tierra y agitarlo en un tubo de ensayo neutro con 10 c. c. de agua destilada, y transcurridas 24 horas, determinar el pH con el potenciómetro de Beckman, agitando inmediatamente antes de hacer la lectura

b) ANÁLISIS QUÍMICO.

Se han efectuado por los métodos indicados por Jakob ²¹ y por Kolthoff y Sandell ²².

Determinación de CO₂.

Hemos verificado sólo el cualitativo, añadiendo ácido clorhídrico en frío sobre un vidrio de reloj y observando la superficie de contacto del líquido y el suelo con la lupa binocular para ver si había desprendimiento de burbujas, y por ser éste negativo no hemos hecho otra investigación.

Capacidad de cambio de bases.

Hemos adoptado la técnica de Zoberlain ²³, que es la siguiente: en un vaso de precipitados de 250 c. c. se ponen 5 gr. de la muestra tamizada y se adicionan 100 c. c. de solución N de acetato bórico; se agita y deja sedimentar durante 24 horas, al cabo de las cuales se decanta y repite la operación cinco o seis veces, si bien a partir de la tercera el tiempo de contacto suelo-solución es de 12 horas. A continuación se añaden 100 c. c. de agua destilada, se agita y se deja sedimentar durante 12 horas, y pasadas éstas se decanta y se adiciona alcohol diluido en la proporción de tres partes de alcohol de 96° por dos de agua destilada decantando nuevamente, adicionándose este alcohol tantas veces cuantas sea necesario hasta que el filtrado no dé reacción del bario (unas gotas del líquido filtrado recogidas sobre un tubo de ensayo y adicionada de unas gotas de sulfúrico al 9 por 100 no da precipitado). Hasta este punto todos los líquidos que filtraron son desechados.

Añadimos ahora 100 c. c. de solución N de cloruro amónico, agitamos y dejamos sedimentar 24 horas, transcurridas las cuales filtramos. Repetimos esta operación añadiendo ya de 50 en 50 c. c. y con intervalos de contacto de 12 horas, hasta que el filtrado no dé reacción de bario. Desechamos ahora el filtro y la tierra, mientras que el líquido filtrado se calienta y se le añade 100 c. c. de sulfúrico al 9 por 100 para precipitar el bario al estado de sulfato. Se deja

en reposo durante 24 horas en la estufa a unos 60° C, con lo que se favorece la precipitación del sulfato bórico, obteniéndose así una precipitación total del mismo. Se filtra arrastrando al filtro todo el sulfato bórico, lavando bien vaso y filtro hasta que los líquidos de filtrado no den reacción de cloruros (unas gotas del líquido filtrado recogidas sobre tubo de ensayo y añadidas unas gotas de nitrato de plata en solución diluída no da precipitado). Se pone el filtro en crisol de porcelana tarado, se calcina y pesa, con lo cual obtenemos la cantidad de sulfato bórico correspondiente al bario que entró como catión de cambio en la cantidad de muestra de que partimos. Esta cantidad de sulfato bórico se multiplica por mil y se divide por 116,7 (equivalente del bario) y esto se refiere a cien, con lo que tendremos los miliequivalentes de sulfato bórico por 100 gr. de tierra.

c) ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL.

Este método de análisis se basa en que cuando los minerales de la arcilla se calientan, se producen en ellos transformaciones tanto en su estructura como en su composición, las cuales van asociadas a efectos exotérmicos o endotérmicos, tanto más intensos cuanto mayor sea la modificación experimentada.

Así, pues, podremos identificar un mineral determinado si medimos el signo, intensidad y temperatura a la que se producen dichos efectos térmicos. Para ello el material a analizar se calienta en un horno especial desde la temperatura ambiente hasta 1.000° C, y un par termoelectrico va indicando la temperatura a la que se encuentra el horno (fig. 6).

Los efectos producidos se ponen de manifiesto por un par termoelectrico diferencial cuyas soldaduras calientes van dispuestas en el interior de dos pocillos sobre un bloque de níquel situado en el interior del horno, en uno de los cuales se aloja el material a ensayar, recubriendo perfectamente la soldadura, y en el otro se coloca una sustancia inerte (alúmina calcinada en nuestro caso).

La temperatura que existe en ambas soldaduras es casi idéntica mientras que la muestra problema no experimente ninguna transformación, pero en el caso en que ésta manifieste tanto una transformación exotérmica como endotérmica se produce en ellas una diferencia

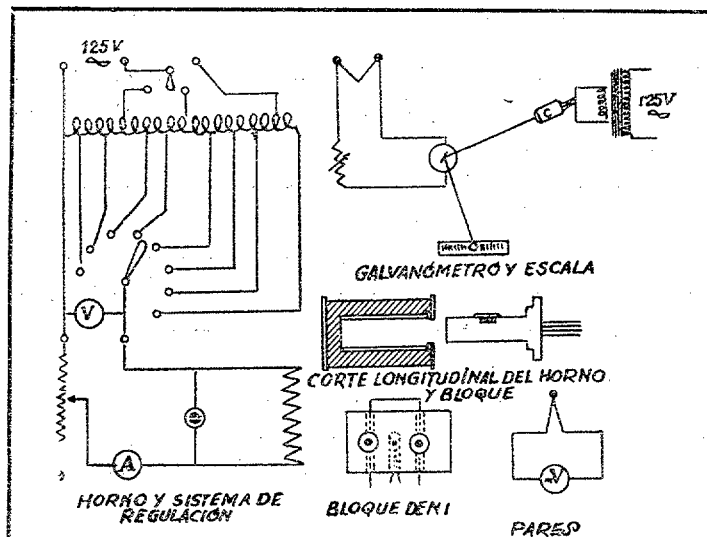


Fig. 6

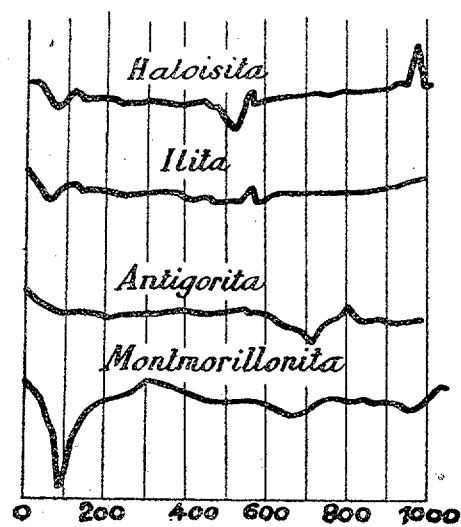


Fig. 7

de temperatura y por tanto una diferencia de potencial en la corriente eléctrica producida por el par; su intensidad se pone de manifiesto mediante un galvanómetro.

El horno que hemos utilizado es el construido por la Sección de Química Física de la Estación Experimental del Zaidín, con una velocidad de calentamiento de 12,5° C por minuto. En la fig. 7 ponemos las curvas características de diferentes minerales típicos para poder establecer comparaciones con las curvas obtenidas en las muestras estudiadas.

Si bien para los análisis térmicos diferenciales de las arcillas hemos utilizado el horno descrito, hacemos constar que para los suelos se eligió un horno con registro automático en película fotográfica, reduciéndolos todos a igual escala.

Muchos han sido los investigadores que trabajaron en este método desde 1935, pero la teoría fué dada por Speil²⁴, Kerr y Kulp²⁵, habiendo sido utilizada por Caillere y Henin²⁶ en métodos de análisis cualitativo, siendo Agafonoff²⁷ el primero que la utilizó cuantitativamente por comparación con curvas obtenidas con mezclas artificiales de riqueza bien definida.

Debido a que existen factores que pueden hacer variar la intensidad de dichos fenómenos, para estudios comparativos es necesario que dichas curvas se obtengan con el mismo horno y en idénticas condiciones. Los factores variables son, unos, propios del método (velocidad de calentamiento, composición de la atmósfera del horno, sustancia inerte utilizada, naturaleza del bloque, etc.), mientras que otros dependen de la arcilla (tamaño de partícula, catión absorbido).

d) DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.

El método que hemos seguido es el de Burriel, Guerra y Fábregas²⁸, que se basa en la reducción del ferricianuro potásico por la materia orgánica a ferrocianuro y posterior valoración de éste por permanganimetría.

Partimos de un gramo de suelo exactamente pesado y se coloca en un erlemmeyer de 250 c. c., evitando que se adhieran partículas a las paredes; se adicionan 25 c. c. de solución N/2 de potasa agi-

tando y calentando durante 10 minutos, al cabo de los cuales se añaden 25 c. c. de solución N/2 de ferricianuro potásico y se vuelve a calentar 20 minutos con agitación constante. Es necesario realizar una prueba en blanco en las mismas condiciones que el problema, pero con la diferencia de que carece de suelo.

Inmediatamente después de calentados se filtran por lana de vidrio sobre un vaso de 500 c. c., lavando los matraces con agua destilada suficientemente y se adiciona cada uno de ellos de 40 c. c. de agua destilada y otros 40 c. c. de ácido sulfúrico diluido. El ferrocianuro que se ha formado se valora con permanganato potásico N/10.

A la cantidad de permanganato gastada en el matraz que contiene la tierra se le resta los centímetros cúbicos gastados en el ensayo en blanco y esta diferencia nos dará la cantidad de ferrocianuro formado; dicha diferencia se multiplica por el factor del permanganato y el resultado vuelve a multiplicarse por 0,00216, con lo que tendremos la cantidad de carbono existente en la cantidad de muestra pesada. Se halla ahora el tanto por ciento y se multiplica por 1,724, que es el factor de corrección a materia orgánica, y así obtenemos el tanto por ciento en gramos de materia orgánica; factor éste que se admite suponiendo que la materia orgánica tiene un 58 por 100 de carbono.

e) DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO.

El método seguido es el de Kjeldhal, modificado por Mallol²⁹.

A partir de 5 gr. de suelo, exactamente pesados, que se colocan en un matraz Kjeldhal, se añade ácido sulfúrico concentrado y 1 c. c. de solución sulfúrica de selenio al 5 por 100, que actúa como catalizador. Se calienta y se añade ácido perclórico, gota a gota, agitando constantemente hasta que el contenido del matraz quede blanco, con lo que el nitrógeno contenido en la muestra ha pasado a sulfato amónico. Ponemos el contenido del matraz en uno de destilación, adicionado de unas gotas de fenolftaleína, y se inicia la destilación vertiendo en el matraz por una ampolla de llave solución concentrada de sosa, que desplazando el radical amonio en forma de amoníaco hace que éste vaya por el refrigerante a recogerse en un matraz que contiene una cantidad exactamente determinada de solución valorada de ácido sulfúrico, con lo que vuelve a regenerarse el sulfato amónico.

Si valoramos ahora con sosa el exceso de sulfúrico por diferencia entre el puesto inicialmente y el ahora determinado, obtendremos el que se ha combinado con el amoníaco y por tanto sabremos la cantidad de nitrógeno que contenía la muestra. Esto es fácil multiplicando la diferencia de los centímetros cúbicos de ácido sulfúrico puestos en el matraz colector y el número de centímetros cúbicos de sosa gastados en la valoración, por 0,0014 (en el caso de que las soluciones de sulfúrico y sosa sean de la misma normalidad, N/10). De esta manera hemos obtenido la cantidad de nitrógeno existente en los 5 gr. de partida, los que multiplicado por 20 nos indicará el tanto por ciento.

f) DETERMINACIONES DE FÓSFORO Y POTASIO.

La técnica adoptada es la utilizada en la Estación Experimental del Zaidin.

5 gramos de tierra tratados por 50 c. c. de una solución que contiene 250 c. c. de ácido acético glacial y 50 c. c. de amoníaco concentrado por litro, se agitan durante una hora en un erlemmeyer, y pasado este tiempo se filtra y se recogen 10 c. c. en un matraz aforado de 100 c. c., agregándoles 10 c. c. de solución sulfúrica de molibdato amónico (que se prepara disolviendo 25 gr. de molibdato amónico en 500 c. c. de agua destilada a 60° C y se enrasa con sulfúrico 10 N hasta 1.000 c. c.) y 10 c. c. de amidol (esta solución se prepara disolviendo 1,5 gr. de amidol en 100 c. c. de agua que contenga 25 c. c. de una solución formada por 100 gr. de sulfito sódico en 800 c. c.; se mezclan después ambas soluciones y se enrasa a 1.000 c. c.).

A la media hora se mide en el fotolorímetro de Beckman y ello nos indicará la cantidad de fósforo.

Tomamos otros 5 c. c. de filtrado, se diluyen a 10 c. c. con agua destilada y valoramos en el fotómetro de llama la cantidad de potasio.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

ANÁLISIS.

MUESTRA Ca-2.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 10 horas del día 1 de agosto de 1951.

Localidad: La Laguna (Tenerife).

Situación: Carretera de Tejina, a 3,5 Km. de La Laguna.

Altitud: 500 m.

Orientación: Norte.

Inclinación: 25 a 30°.

Formación geológica: Basalto.

Vegetación: *Espartum Junceum*, *Borrigo Oficinalis*, *Agave Americano*, Pitas y Gramináceas.

Otros datos: La muestra está recogida en una pendiente en un corte a la izquierda de la carretera. Los nativos llaman a esto "barrial" y también "esriscadera".

Descripción del perfil.

Horizonte A.—13 cm. Color oscuro, pero no mucho. Este horizonte es de arrastre y en él se pueden apreciar ya manchas amarillentas de hidróxido férrico. Embutido en él, en la parte inferior se encuentra una roca muy alterada de color azulado, producto de desintegración "in situ" de la roca. En las grietas existe un material rojo-amarillento de hidróxido férrico.

Horizonte B.—25 cm. Color amarillento de hidróxido de hierro.

Horizonte B/C o G.—30 cm. Color azulado, que es rojo en las grietas.

Horizonte C.—Basaltos. Hay cinco trozos de roca: 1 y 2, basaltos más o menos porosos tomados de rocas situadas allí; 3, trozos de roca que apenas aflora y puede ser del mismo suelo; poco alterada; 4, roca más alterada que aflora allí; 5, roca mucho más alterada.

Horizonte H.—20 m. más alto que la muestra anterior se recogió esta muestra humosa, con humus de limo pardo. Cercana a ésta hay, al parecer, limo rojo mezclado con pardo.

Observaciones: Según Kubiena se puede considerar como limo pardo de clima subtropical no muy húmedo y que debía ser más húmedo anteriormente.

Descripción visual de los suelos.

A.—Color pardo con partículas rojizas; materia orgánica apreciable; granos redondeados pulverizables con los dedos con cierta dificultad; abundancia de raíces y restos de semillas en la muestra.

B.—Muy semejante al anterior, pero de color más claro y con más abundancia de partículas rojizas.

B/C o G.—Color gris intenso; partículas irregulares con aspecto de piedrecitas no deleznales con los dedos.

H.—Por estar muy pulverizada no se puede apreciar el tamaño de la partícula; color pardo-amarillento con abundancia en el polvo de partículas irregulares muy duras; abundante materia orgánica.

Roca: 1. Trozos de roca de color gris-blancuecino en su parte externa y de color gris-oscuro, casi negro, en su interior, bastante densa y de aspecto muy duro. Presenta puntitos brillantes en el interior.

2. Trozos de roca gris muy claros en su parte externa y pardo-amarillento en el interior; densidad grande.

3. Trozos de roca enormemente pesada y dura de color gris muy oscuro. Se observan en toda la masa gran cantidad de partículas brillantes y el trozo tiene aspecto muy poroso.

4. Trozo de roca de color ocre muy poco densa y de aspecto de asperón. Es de apariencia porosa; se observan manchas rojizas.

5. Trozos de roca de alguna más densidad que la anterior. De color rojizo, aunque no muy regular, pues se ven algunas franjas como estratos de colores más claros; en otros puntos hay manchas blancas y negras.

Examen con la lupa binocular.

A.—Agregados granudos pardo-oscuros aparentemente porosos; algunos trozos presentan en su superficie una serie de franjas alternativamente claras y oscuras a modo de estratos. Al cortar un grano

se observan unas partículas brillantes como de arena y poca homogeneidad en el color, pues presenta partículas brillantes, grises, blancas y negrillas en el seno de la masa terrosa.

B.—Agregados granudos, pardo-claros, presentando en la superficie colores claros, dominando el pardo, gris y amarillento como de óxido de hierro. Hay algunos trozos netamente grises con abundancia de un polvillo pardo-amarillento en su superficie; la fractura de este grano es totalmente gris. Existen también, aunque pocos, algunos granos con manchas rojizas. La mayoría de las partículas son más homogéneas y de color pardo.

B/C o G.—Granos francamente grises, redondeados unos y angulosos otros. Existen también algunos de color blanco y otros más o menos rojizos, aunque los que predominan son grises. Estos presentan en su superficie unas partículas blanquecinas y negrillas. Al romper un grano se observan en el corte partículas blancas y otras rojizas que destacan del tono gris de la masa. La fractura en otros es pardo-oscuro.

H.—Granos pardo-oscuros con numerosos puntos brillantes, como arenosos; en algunos se ven unas manchas rojizas más claras. En la fractura presentan un color bastante regular, aunque se ven algunos trocitos relativamente grandes blancos.

Roca: 1. Trozos de roca de color pardo en su parte externa, con abundancia de granitos finos grises, blancos y rojizos. En corte reciente tiene un color gris oscuro intenso, con abundantes partículas blancas, algunas bastante grandes y translúcidas; tiene también muchas partículas ocre, rojizas y en más cantidad acarameladas muy brillantes. Algunas de las manchas ocre, rojizas y blancas están bordeando oquedades. Enorme cantidad de partículas brillantes dominan en toda la masa.

2. Trozo de roca de color pardo en su parte externa, pero más rojizo que la anterior, y de color gris en su parte interna, siendo este gris muy claro, conteniendo muchas partículas finísimas blancas y negras en la masa grisácea, siendo esta parte interna muy homogénea. Por el contrario, la parte externa es pardo-negrucza en unos sitios, casi negra en otros, rojiza en otros y finalmente amarillenta. En algunos puntos de la superficie se observan unas como eflorescen-

cias ocráceas, pero en toda la masa no dejan de observarse las particulillas brillantes.

3. Roca de una dureza extraordinaria, hasta el punto de que al intentar romperla con un martillo saltaban chispas y no se rompía; al fin se pudo separar un par de trozos para observarlos a la lupa y en ellos se distingue que en la parte externa tiene un aspecto terroso con abundantes inclusiones de cristalitos blancos brillantes; tiene abundancia de puntitos brillantes y manchas negruzcas esparcidas por toda la masa; en el interior tiene un aspecto blanco-grisáceo con gran cantidad de particulitas brillantes; en algunos sitios se observan unas manchas grandes muy brillantes de aspecto acaramelado.

4. Roca de aspecto muy ocráceo al exterior y ocre rojizo al interior; muy porosa. La parte externa es bastante uniforme, de aspecto de asperón; la interna es más brillante y presenta unas particulitas negras bastante patentes. Las manchas rojizas tienen unos poros muy hondos y de bordes muy irregulares.

5. Roca rojiza en su parte externa, y en la rotura se ven franjas grises, existiendo también trozos más rojos. A la lupa presenta un color muy irregular rojo, pardo y gris, viéndose en otros sitios manchas negras.

Estudio óptico de las rocas.

1. Abundantes cristales de olivino, de distinto tamaño desde pequeños a grandes. Entre estos últimos, unos son de forsterita y otros de fayalita, según medidas ópticas. En todos ellos—en especial en los mayores—se aprecia una orla de coloración roja por alteración de la roca. Piroxenos de tipo clinoenstatita, en cristales de varios tamaños. Cristales de plagioclasas de tipo labradorita con desarrollo acicular. Abundantes cristales de magnetita. Algunas zonas de vidrio isótropo.

La estructura de la roca y el tamaño de los constituyentes permiten asignar a la roca la denominación de DOLERITA, en vías de alteración.

2. Abundantes gránulos de magnetita incluídos en una masa formada por diminutos cristales de olivino y enstatita, que no alcanzan nunca el tamaño de los de la roca 1. Cristales de plagioclase, con

desarrollo y cristalización deficientes. Abundan las zonas isótropas. Parece análoga a la anterior, pero con unas condiciones de solidificación deficientes.

Su estructura y desarrollo de los constituyentes permiten clasificarla como un BASALTO olivínico.

3. Muy parecida a la 1, con componentes bien cristalizados.

Parece tratarse de una DOLERITA.

4. Análoga a las anteriores, pero muy alterada. Abundantes cristales de magnetita y algunos con sección rómbica que pudieran ser de ILMENITA. Se manifiesta una masa isótropa de alteración en los bordes. Las plagioclasas han desaparecido, quedando sus huellas. Lo mismo ha sucedido con los cristales de olivino y enstatita.

De todo esto se deduce que es un BASALTO muy alterado.

T A B L A 2

Análisis mecánico.

	% H ₂ O	Ar. gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
H	5,45	8,8	11,4	34,4	42,2
A	6,36	10,2	15,2	25,5	46,3
B	7,38	12,1	12,0	20,0	50,0
B/C	7,73	2,0	5,7	15,6	71,9

T A B L A 3

Propiedades físicas.

	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Retención de agua %
H	44,26	31,17	13,09	58,5
A	61,54	38,00	23,54	68,1
B	70,38	35,31	35,07	68,3
B/C	100,86	46,66	54,20	77,0

T A B L A 4

Propiedades físico-químicas.

	pH	Capacidad de cambio, meq. por 100 gr.		
		Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
H	6,5	27,15	38,97	35,6
A	6,5	19,43	27,75	22,3
B	5,7	20,09	26,30	21,6
B/C	5,0	22,98	34,21	29,4

T A B L A 5

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 gr. en mgs.	K ₂ O por 100 gr. en mgs.
H	4,8	2,82	0,10	28,2	< 5	—
A	4,2	2,43	0,14	17,3	< 5	44
B	1,9	1,10	0,045	24,4	< 5	19
B/C	0,6	0,35	0,022	16,0	< 5	19

T A B L A 6

Análisis químicos.

SUELOS

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
H	4,10	12,07	42,75	18,36	18,75
A	5,19	17,90	34,70	14,32	20,23
B	4,20	16,06	37,26	20,17	19,72
B/C	5,69	13,08	41,00	21,04	13,87
C-1	0,93	2,38	50,98	10,01	13,42
C-2	2,08	6,35	40,52	15,36	19,21
C-3	1,23	3,63	45,40	11,37	15,73
C-4	2,06	10,74	33,29	19,79	23,10
C-5	3,23	10,85	30,28	16,95	26,68

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
H	1,11	11,03	2,24	3,96	2,39	1,53
A	4,22	1,11	2,84	4,06	2,15	1,12
B	3,76	0,68	2,19	3,14	1,93	1,60
B/C	3,11	0,47	0,97	3,48	2,41	2,26
C-1	2,87	8,88	7,08	8,66	4,66	2,04
C-2	5,08	4,94	3,96	4,50	2,49	1,24
C-3	4,50	10,12	4,90	6,79	3,60	1,13
C-4	4,36	—	1,40	2,86	1,63	1,34
C-5	6,62	—	1,52	3,03	1,51	0,99

T A B L A 7

Análisis químicos.

ARCILLAS

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
H	4,30	12,13	45,26	26,49	8,53
A	4,90	12,14	42,62	25,33	11,66
B	3,30	12,20	42,19	29,20	9,50
B/C	4,40	11,30	41,15	26,53	13,40

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
H	3,00	—	—	2,90	2,40	4,80
A	3,28	—	—	2,86	2,21	3,40
B	3,17	—	—	2,43	2,01	4,81
B/C	2,47	—	—	2,63	1,99	3,09

Análisis térmico diferencial.

En la fig. 8 representamos las curvas correspondientes a los distintos horizontes del perfil, colocando en la parte superior los correspondientes a suelos y en la inferior las arcillas. Hacemos constar nuevamente lo que ya hemos mencionado en la parte general acerca de los diferentes aparatos utilizados para suelos y arcillas, pero por haberlos reducido a la misma escala los datos son reproducibles.

Observaciones.

Suelo muy arcilloso, sobre todo en la parte inferior. La existencia de mayor cantidad de arena en los horizontes superiores parece in-

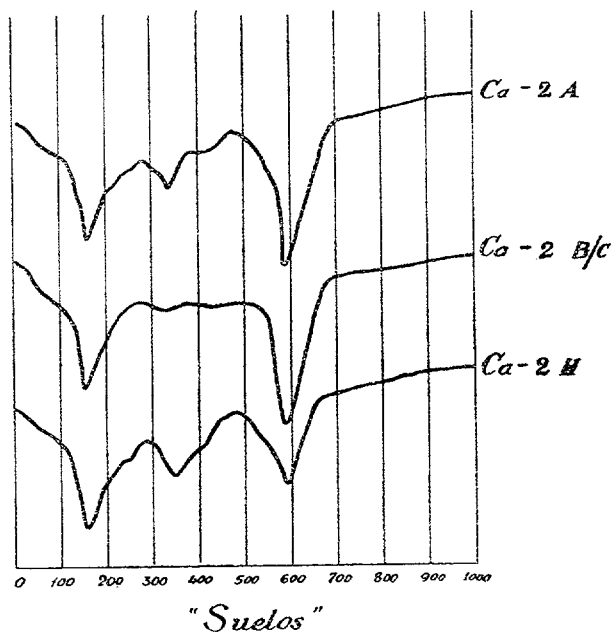
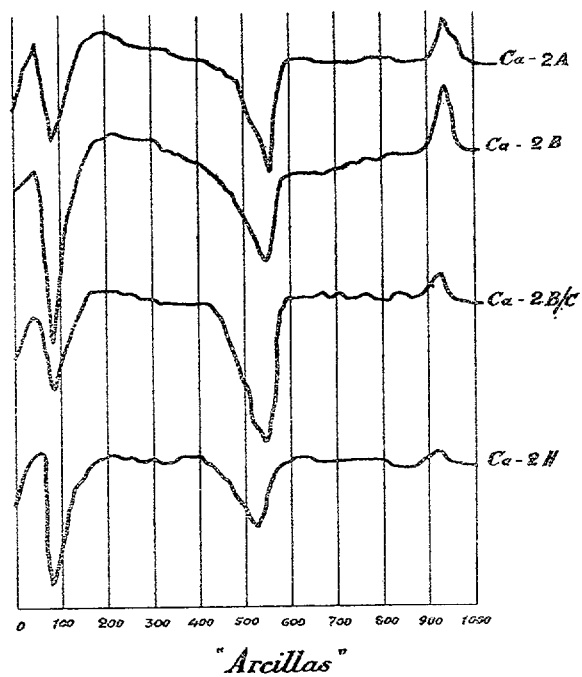


Fig.8



dicar que han sido impurificados por aportes superficiales y que el limo pardo, relicto, haya sufrido cierta terrificación posterior a su formación.

La diferencia de los límites líquido y plástico para los distintos horizontes se puede explicar por la distinta cantidad de arcilla, si bien ésta tiene mayor influencia en el límite líquido, siendo los valores del límite plástico más análogos. También la retención de agua depende de la cantidad de arcilla.

Los análisis químicos de las rocas permiten apreciar el diferente grado de alteración, demostrado asimismo por el análisis microscópico. Así, mientras las rocas 1 y 3 poseen una elevada cantidad de calcio y magnesio, lo que supone la existencia abundante de minerales no atacados, en la roca 2 la alteración ya es manifiesta, y en las 4 y 5 han desaparecido en su totalidad las plagioclasas y en gran cantidad el olivino y los piroxenos. El ataque supone un lavado de sílice y metales alcalinotérreos con un enriquecimiento relativo en hierro, aluminio y titanio. El estudio comparativo de las razones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ permite comprobar esto claramente.

El estudio comparativo de los análisis químicos de suelos y arcillas permite intentar interpretar el proceso de formación. Como la comparación simple de los números es difícil y se presta a falsas deducciones, para su estudio consideraremos el aluminio de la roca 3, que por la descripción del perfil parece ser la originaria del suelo, como fijo, y a él referiremos las pérdidas o ganancias de los demás elementos. Esta manera de proceder la han empleado otros autores³⁰. De este modo se obtiene la tabla 8.

T A B L A 8

Variación de SiO_2 y Fe_2O_3 , tomando Al_2O_3 fijo.

M U E S T R A		SiO_2 existente	SiO_2 calculado	Diferencia Δ
Roca-3		45,40	45,40	—
SUELOS...	B/C	41,00	83,99	— 42,99
	B	37,26	80,52	— 43,26
	H	42,75	73,29	— 30,50
ARCILLA.....	B/C	41,15	105,90	— 64,75
	B	42,19	116,56	— 74,37
	A	42,62	101,11	— 58,49
	H	45,26	105,74	— 60,48

MUESTRA	SiO ₂ exis.	Fe ₂ O ₃ existente	Fe ₂ O ₃ calculado	Diferencia Δ	Fe ₂ O ₃ exis.
	SiO ₂ calc.				Fe ₂ O ₃ calc.
Roca-3	1,00	15,73	15,73	—	1,00
SUELOS... B/C	0,48	13,87	29,10	— 15,23	0,47
B	0,46	19,72	27,89	— 8,17	0,70
A	0,67	20,23	19,80	0,43	1,02
H	0,58	18,75	25,39	— 6,64	0,73
ARCILLAS. B/C	0,38	13,40	36,69	— 23,29	0,33
B	0,36	9,50	40,38	— 30,88	0,23
A	0,42	11,66	35,03	— 23,37	0,33
H	0,42	8,53	36,63	— 28,10	0,23

Se puede ver que en todos los casos existe una pérdida de sílice tanto en los suelos como en las arcillas, más acusada en los horizontes inferiores, lo que está de acuerdo con la posible impurificación de los horizontes superiores que se manifiesta en la mayor cantidad de arena. En la arcilla, la pérdida es superior a la del suelo y más análoga en todos los horizontes.

En realidad la pérdida que experimenta el suelo es casi igual a la que corresponde por el paso a arcilla. Estas pérdidas de sílice no son demasiado elevadas, frente a lo que sucede en otros suelos, lo que indica que el lavado de sílice no es demasiado acusado.

En cuanto al hierro, la pérdida es bastante mayor en el horizonte B/C que en los otros horizontes. Esto puede ser debido a la falta de aireación por la gran cantidad de arcilla, lo que supondría la pérdida del hierro al estado ferroso, lo que está de acuerdo también con los valores del pH.

El hecho de que las pérdidas de hierro sean más acusadas en las arcillas que en los suelos supone la formación de compuestos de hierro poco difusibles que quedan en el suelo sin pasar a la arcilla. Esto se da en mayor cantidad en los horizontes superiores mejor aireados.

El análisis térmico diferencial de arcillas parece indicar la presencia de caolinita. Una idea de su cantidad se puede obtener suponiendo que todo el aluminio de la arcilla está al estado de caolinita. Mediante esta forma de cálculo obtenemos los valores dados en la tabla 9.

T A B L A 9

Cálculo de caolinita en arcillas.

MUESTRA	CAOLINITA				SiO ₂ en arcilla %
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %	%	
H	31,15	26,49	9,35	66,99	14,11
A	29,79	25,33	8,94	64,06	12,83
B	34,34	29,20	10,31	73,85	7,85
B/C	31,20	26,53	9,36	67,06	9,95

Según este cálculo debe existir SiO₂ hidratada en la arcilla característica apuntada por Kubiena¹⁶ para los limos pardos. No queda excluida, sin embargo, la presencia de algo de ilita en la arcilla, pues los picos exotérmicos de recristalización son pequeños y no guardan relación con la cantidad de caolinita calculada. Esto disminuiría la cantidad de SiO₂ hidratada existente. La cantidad de ilita, deducida por el análisis térmico diferencial, parece ser mayor en los horizontes B/C y H.

Si se tiene en cuenta el tanto por ciento de arcilla en el suelo, los valores de Al₂O₃ que corresponden a la cantidad de caolinita que allí hubiera y la cantidad de caolinita vienen expresados en la tabla 10.

T A B L A 10

Cálculo de la caolinita del suelo a partir de la cantidad de arcilla.

Mues- tra	% caolinita en arcilla	% de arcilla	% caolinita en suelo	Caolinita			% Al ₂ O ₃ en exceso	% SiO ₂ en exceso
				SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %		
H	66,99	42,3	28,27	13,13	11,18	3,96	7,19	29,62
A	64,06	46,3	29,65	13,76	11,72	4,17	2,60	20,94
B	73,85	50,0	36,92	17,17	14,60	5,15	5,57	18,57
B/C	67,09	71,9	48,24	22,43	19,06	6,75	1,98	18,57

El análisis térmico diferencial no parece indicar la presencia de aluminio libre, por lo que la presencia de ilita parece confirmarse. Por otra parte, el valor del pico exotérmico a 145° parece indicar lo mismo.

La magnitud del pico endotérmico a 570° hace pensar en que la cantidad de ilita es máxima en el horizonte H.

Por otra parte, los valores de la capacidad de cambio de la arcilla sin materia orgánica presumen también la existencia de ilita y en mayor proporción en los horizontes H y B/C.

Otra alternativa de cálculo consiste en tomar todo el aluminio del suelo al estado de caolinita. De este modo se obtiene mayor cantidad y no se supone la existencia de ilita. En la tabla 10 bis expresamos los valores.

T A B L A 10 bis.

Cálculo de la caolinita total de los suelos.

MUESTRA	CAOLINITA				SiO ₂ en exceso
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%	
H	21,59	18,36	6,48	46,43	21,16
A	16,84	14,32	5,05	36,21	17,86
B	23,72	20,17	7,12	51,01	13,54
B/C	24,74	21,04	7,43	53,21	16,26

En los cálculos que siguen partiremos de los valores obtenidos en esta tabla.

Es interesante conocer el posible grado de hidratación de los compuestos existentes. En la tabla 11 hacemos el cálculo, expresando también los milimoles (mM) de cada compuesto.

T A B L A 11

Cálculo de la hidratación.

MUESTRA		SiO ₂ total		H ₂ O total	
		%	mM	%	mM
ARCILLAS.	H	45,26	754,3	16,43	912,8
	A	42,62	708,6	17,04	945,6
	B	42,19	703,3	15,50	861,1
	B/C	41,15	685,8	15,70	872,2
SUELOS.	H	42,75	712,5	11,37	631,6
	A	34,70	578,3	18,79	1.043,8
	B	37,26	621,0	14,36	797,7
	B/C	41,00	683,3	18,18	1.010,0

MUESTRA	Fe ₂ O ₃ total		SiO ₂ en exceso		H ₂ O en exceso		H ₂ O
	%	mM	%	mM	%	mM	Fe ₂ O ₃
ARCILLAS.	H	8,53	53,64	14,11	235,1	6,81	378,3
	A	11,66	73,33	12,83	213,8	8,10	450,0
	B	9,50	59,75	7,85	130,8	5,19	288,3
	B/C	13,40	84,27	9,95	165,8	5,94	330,0
SUELOS.	H	18,75	117,9	21,16	352,8	4,89	271,6
	A	20,23	127,2	17,76	297,7	13,74	763,3
	B	19,72	124,0	13,54	225,7	7,24	402,2
	B/C	13,87	87,2	16,25	271,0	10,75	597,2

El agua y la sílice en exceso se calcula restando al total la tomada para caolinita.

Los altos valores de la razón H₂O/Fe₂O₃ hacen pensar ya en la existencia de geles hidratados de sílice. Esta hidratación resulta mayor para las arcillas que para los suelos, ya que existe gran cantidad de agua y menor cantidad de sílice.

De todos modos debe afectar también al suelo, ya que el análisis térmico diferencial pone de manifiesto la presencia de goetita, sobre todo en los horizontes A y H, por el pico endotérmico a 313°-330°. En el horizonte B/C la hidratación de la sílice parece mayor, de acuerdo con la falta de lavado. No queda excluida tampoco la presencia de haloisita más o menos hidratada.

Podemos intentar conocer algo acerca de la naturaleza de la materia orgánica, a partir de los valores de la capacidad de cambio de la arcilla y del suelo. Si suponemos que la capacidad de cambio del suelo viene dada por la expresión

$$\text{Capacidad de cambio} = \alpha, \text{ arcilla} + \beta, \text{ materia orgánica}$$

siendo α y β las capacidades de cambio de arcilla y materia orgánica respectivamente, podemos hallar el valor de β y se obtienen los valores dados en la tabla 12.

T A B L A 12

Valores de la capacidad de cambio de la materia orgánica.

M U E S T R A	H	A	B	B/C
Capacidad de cambio meq. por 100 gr.	289	212	646	301

Considerando los horizontes superficiales vemos que el horizonte H está mejor humificado que el horizonte A.

Resumiendo podríamos indicar que este suelo se ha formado de la siguiente manera: el ataque profundo de la roca madre lleva a la pérdida de bases, sílice y en parte hierro al estado ferroso. Si bien la pérdida de bases es muy acusada, la de sílice no es muy grande por estar hasta cierto punto el lavado impedido, y por el bajo pH del horizonte inferior. En los horizontes superiores la mayor aireación hace que parte del hierro quede al estado de goetita que no pasa a la arcilla o en pequeña cantidad.

La arcilla está constituida preferentemente por caolinita, a la que acompaña quizá algo de ilita, así como sílice hidratada capaz de peptizar algo de hierro. En el suelo parece existir también algo de sílice hidratada y mayor cantidad de ilita que en las arcillas, conjuntamente con los óxidos de hierro poco hidratados de los que hemos hablado. Los horizontes superficiales parecen algo impurificados por aportes de arrastre, constituido en parte por cuarzo.

MUESTRA Ca-3.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 19 horas del día 1 de agosto de 1951.

Localidad: Monte de las Raíces.

Situación: Talud a la izquierda de la carretera.

Formación geológica: Sedimentaria.

Otros datos: Capas alternativas de humus con sedimentos. Las capas de humus se han formado sobre sedimentos que han quedado enterrados por otros sedimentos. Los sedimentos son de limo pardo o rojo. El humus se infiltra un poco y de aquí que se hayan tomado distintas muestras.

Descripción del perfil.

Horizonte A.—35 cm. Capa de humus de tipo mull procedente de amoor. Sobre esta capa existen otras con un espesor de 65 cm., no tomadas, de sedimentos posteriores.

Horizonte A/B.—35 cm. Capa pardo-amarillenta con veta de humus infiltrado.

Horizonte B.—Capa amarillenta con ligerísima impregnación de humus. 40 cm. de espesor.

Descripción visual de los suelos.

A.—Color pardo oscuro, grano grueso pulverizable con los dedos fácilmente, aunque deja entre los mismos unas partículas muy duras; abundante materia orgánica.

A/B.—Color pardo rojizo; granos irregulares fácilmente pulverizables.

B.—Color bastante más claro, o sea más amarillento; partículas más gruesas y bastante más duras.

Examen con la lupa binocular.

A.—Granos muy irregulares de color pardo oscuros, con abundante cantidad como de un polvillo adherido conteniendo partículas blanquecinas y rojizas.

A/B.—Granos de color pardo claro con gran cantidad de manchas negras, pese a lo cual presenta gran uniformidad.

B.—Granos irregulares de color pardo-rojizo con puntos blanquecinos y negruzcos esparcidos por todo el grano. En la fractura del grano presentan una estructura igual al de su superficie.

DATOS ANALITICOS

T A B L A 13

Análisis mecánico.

MUESTRA	H ₂ O %	Ar gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
A	5,47	10,3	24,4	30,0	30,1
A/B	13,63	6,1	26,6	31,3	28,4
B	14,51	6,4	26,4	30,5	28,3

T A B L A 14

Propiedades físicas.

MUESTRA	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Retención de agua %
A	56,75	30,31	26,44	68,0
A/B	47,78	39,91	7,87	69,2
B	57,39	41,67	15,72	74,9

T A B L A 15

Propiedades físico-químicas.

MUESTRA	pH	Capacidad de cambio, meq. por 100 gr.		
		Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
A	6,4	22,08	25,92	23,3
A/B	6,4	29,55	27,03	19,5
B	6,3	35,66	31,40	29,2

T A B L A 16

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

Muestra	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 g ramos en mgr.	K ₂ O por 100 gramos en mgr.
A	2,5	1,47	0,065	22,6	< 5	144
A/B	1,4	0,82	0,024	34,1	< 5	130
B	0,49	0,28	0,017	16,4	< 5	116

T A B L A 17

Análisis químico.

S U E L O S .

Muestra	Perd. desec.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A	6,30	15,99	30,91	22,10	20,18
A/B	7,40	17,62	30,99	20,41	20,38
B	5,96	12,14	32,43	27,23	18,02

Muestra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
A	1,94	0,58	1,21	2,37	1,50	1,71
A/B	1,38	0,38	0,89	2,58	1,57	1,57
B	2,62	0,60	1,36	2,02	1,42	2,37

T A B L A 18
Analisis químico.

ARCILLAS.

Muestra	Per. dsec.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A	4,20	13,70	32,33	26,70	16,00
A/B	4,40	13,50	35,38	14,90	20,40
B	5,30	14,60	33,13	18,75	17,60

Muestra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
A	5,60	—	—	2,05	1,48	2,61
A/B	6,70	2,00	1,56	4,09	3,43	1,14
B	7,80	1,40	1,00	3,00	1,80	1,66

Analisis térmico diferencial.

En la fig. 9 representamos las curvas correspondientes a los distintos horizontes del perfil, colocando en la parte superior los correspondientes a suelos y en la inferior los de las arcillas.

Observaciones.

Sedimentos de arrastre procedentes de un limo pardo, muy terrificados, como lo demuestra la cantidad de arcilla no muy abundante.

Siguiendo un camino análogo al empleado en el perfil anterior, vamos a calcular las pérdidas y ganancias de SiO₂ y Fe₂O₃. Como aquí no existe roca madre, consideraremos el Al₂O₃ del suelo del horizonte B como fijo y estos valores los reproducimos en la tabla 19.

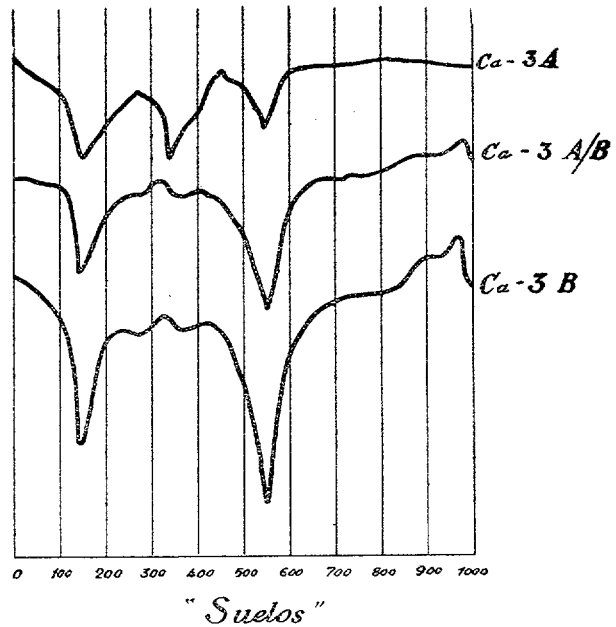
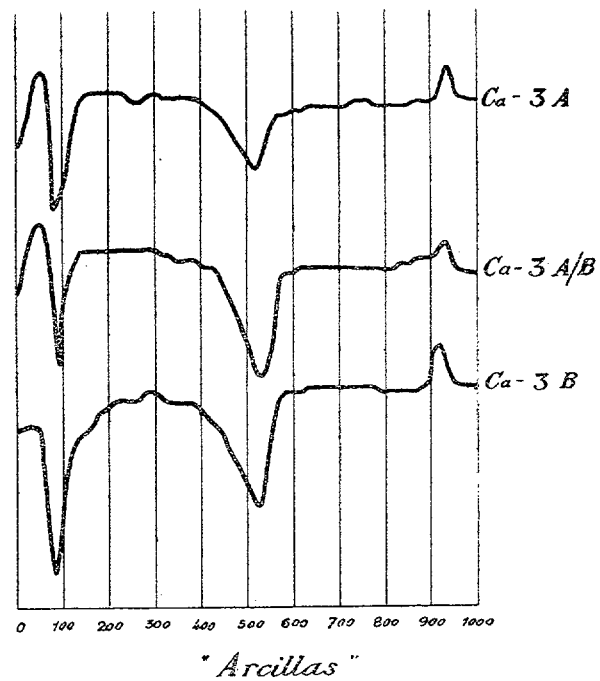


Fig.9



T A B L A 19

Variación de SiO₂ y Fe₂O₃, tomando Al₂O₃ fijo.

Mues- tra	SiO ₂ exis- tente	SiO ₂ calcu- lada	Dife- rencia Δ	SiO ₂ exis. SiO ₂ cal.	Fe ₂ O ₃ exis- tente	Fe ₂ O ₃ calcu- lada	Dife- rencia Δ	Fe ₂ O ₃ exis Fe ₂ O ₃ cal.
S U E L O S .								
B	32,43	32,43	—	1,00	18,02	18,02	—	1,00
A/B	30,99	24,31	6,68	1,27	20,38	13,49	6,89	1,51
A	30,91	26,32	4,59	1,16	20,13	14,61	5,57	1,37
A R C I L L A S .								
B	33,13	22,33	10,80	1,48	17,6	12,39	5,21	1,42
A/B	35,83	17,74	18,09	2,02	20,4	9,85	10,55	2,07
A	32,33	31,80	0,53	1,01	16,00	17,65	1,65	0,90

El hecho de que exista una ganancia de sílice se puede suponer por lavado más intenso de ésta en el horizonte B o por aportación externa en los horizontes superiores, que puede ser debida al lavado del horizonte debajo del cual están enterrados.

Por otra parte, el que el enriquecimiento sea mayor en las arcillas se puede deber al hecho siguiente: la sílice es lavada del suelo, pero no la sílice coloidal hidratada que posee la arcilla.

Calculemos ahora la cantidad de caolinita en las arcillas, suponiendo que todo el aluminio está bajo esta forma (tabla 20).

T A B L A 20

Cálculo de caolinita en arcillas.

MUESTRA	C A O L I N I T A				SiO ₂ en arc. %
	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %	%	
A	31,40	26,70	9,42	67,52	0,93
A/B	17,52	14,90	5,26	37,68	17,86
B	22,05	18,75	6,62	47,42	11,08

Como se ve, y de acuerdo con la suposición anterior, la arcilla debe tener sílice coloidal hidratada, exceptuando quizá la del horizonte A.

Si se tiene en cuenta el tanto por ciento de arcilla en el suelo, tenemos los siguientes valores para la caolinita en el suelo (tabla 21).

T A B L A 21

Cálculo de la caolinita del suelo a partir de la cantidad de arcilla.

Mues- tra	% Caolinita en arcilla	% de arcilla	arcilla % caolinita en suelo	C a o l i n i t a			% Al ₂ O ₃ en exceso	% SiO ₂ en exceso
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O		
A	67,62	30,1	20,32	9,45	8,04	2,83	14,06	21,46
A/B	37,68	28,4	10,70	4,97	4,23	1,50	16,18	26,02
B	47,42	28,3	13,42	6,23	5,31	1,88	26,92	26,20

La presencia de tal cantidad de sílice y alúmina sobrante permite prever la existencia de más caolinita que la existente en la arcilla. Calculando toda la alúmina del suelo como caolinita, los valores que se obtienen los expresamos en la tabla 22.

T A B L A 22

Cálculo de la caolinita total de los suelos.

MUESTRA	C A O L I N I T A				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%	SiO ₂ en exceso
A	25,99	22,10	7,80	55,89	4,92
A/B	24,00	20,41	7,20	51,61	6,99
B	32,02	27,23	9,61	68,86	0,41

Es decir, una pequeñísima cantidad de sílice en el suelo menor que en la arcilla, de acuerdo también con lo ya indicado.

El análisis térmico diferencial, por su parte, indica la presencia de caolinita en gran cantidad, sobre todo en el suelo B. Pudiera haber una pequeña cantidad de gibsita. En el suelo y arcilla A la cantidad de caolinita debe ser menor que la expresada en el cálculo, a juzgar por la intensidad de los picos.

Interesa conocer ahora el balance del agua y su relación con el hierro y sílice que queda libre. Para este cálculo vamos a partir de los datos antes obtenidos para caolinita en arcillas y suelos (tabla 21). De este modo obtenemos la tabla 23. En el cálculo del agua del suelo hay que restar la materia orgánica.

T A B L A 23

Cálculo del grado de hidratación.

Mues- tra	H ₂ O en exceso		Fe ₂ O ₃		SiO ₂ en exceso		H ₂ O	Fe ₂ O ₃
	%	mM	%	mM	%	mM	Fe ₂ O ₃	como goetita %
A R C I L L A S .								
A	8,48	471,1	16,0	100,6	0,93	15,5	4,68	17,9
A/B	12,63	702,2	20,4	128,3	17,86	164,3	5,47	22,8
B	13,28	737,8	17,6	110,7	11,08	184,6	6,66	19,7
S U E L O S .								
A	11,99	661,1	20,18	126,9	5,62	93,6	5,20	22,6
A/B	16,42	912,2	20,38	128,2	6,99	116,5	7,11	22,8
B	8,00	444,4	18,02	113,3	0,41	7,0	3,92	20,2

El cálculo del agua permite ver que deben existir óxidos de hierro muy hidratados y sílice también hidratada. El análisis térmico diferencial no da presencia de minerales cristalizados de hierro más que en el caso del suelo 3 A con una proporción apreciable de goetita y pequeña cantidad en los otros suelos.

Los valores de la capacidad de cambio iguales o mayores para el suelo que para la arcilla nos indican ya que debe haber más caolinita en el suelo que la que corresponde a la cantidad de arcilla. Siguiendo un camino análogo al empleado en el perfil anterior, pero operando con la cantidad de caolinita en el suelo dada por el cálculo, se obtiene como valores para la capacidad de cambio de la materia orgánica los expresados en la tabla 24.

T A B L A 24

Valores de la capacidad de cambio de la materia orgánica.

M U E S T R A	A	A/B	B
Capacidad de cambio meq. por 100 gr.	221,2	203,6	114,3

Resumiendo podríamos decir que estos suelos eran limos pardos que han sufrido una fuerte desilificación. Como consecuencia de ella, parte de la arcilla original ha pasado a fracciones más gruesas que contienen bastante cantidad de caolinita.

MUESTRA Ca-4.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 19 horas del día 1 de agosto de 1951.

Localidad: Como la Ca-3.

Formación geológica: La misma que la de la Ca-3, pero existe un horizonte decolorado.

Descripción del perfil.

Horizonte A₁.—20 cm. Capa humifera, pero no mucho.

Horizonte A₂.—15 cm. Capa decolorada.

Horizonte B.—30 cm. Capa rojiza con gran cantidad de roca embutida.

Horizonte C.—Roca desintegrada y fresca, de la cual es probable que se forme el suelo que se ha tomado.

Observaciones.—Suelo fósil enterrado con otros sedimentos.

Descripción visual de los suelos.

A₁.—Color pardo amarillento; partículas gruesas presentando en el corte colores rojizos y blanquecinos, pulverizables con los dedos, aunque con dificultad.

A₂.—Color blanquecino con partículas gruesas grisáceas e irregulares fácilmente pulverizables con los dedos.

B.—Color francamente rojizo; partículas gruesas pulverizables con los dedos, aunque con bastante dificultad.

C.—Trozo de roca de color rojizo en la parte externa y gris oscuro en el interior con algunos puntos brillantes como si fuesen de pirita. Densidad elevada. En el interior se observan también manchas negras.

Examen con la lupa binocular.

A₁.—Granos muy irregulares de color pardo claros. Se ven partículas de varios colores que le dan al grano un color muy irregular; se observan abundantes partículas brillantes, otras blancas, amarillas, grises, viéndose muy pocas negras. En la fractura de un grano se ven más abundantes las partículas negras y blancas.

A₂.—Granos irregulares de color pardo muy claro, casi blanquecinos, con abundantes manchas grises y negruzcas. En la fractura de un grano el color es algo más oscuro y son más grandes las manchas grises y negras, viéndose también algunos puntos brillantes.

B.—Color pardo oscuro; granos irregulares con algunos puntos blanquecinos y otros brillantes de forma granuda. Reducida a polvo se ve un color algo más oscuro con zonas casi blancas, y otras grises casi negras.

C.—Roca que en su parte externa es de color pardo con algunas irisaciones grises y abundantes puntos brillantes y algunas zonas de color casi negro, viéndose también otras zonas casi blancas. En su parte interna se observa un color gris incrustado de muchos puntos negros y brillantes.

Estudio óptico de la roca.

Piroxenos del grupo de la egrina-augita con disposición zonar. Olivino del grupo de la forsterita y fayalita; con los bordes alterados. El olivino y piroxeno se encuentran también en gránulos pequeños muy difundidos por la masa. Feldespatos de tipo labradorita, cercanos en composición a la bitownita. Se trata de una DOLERITA algo alterada.

DATOS ANALITICOS

TABLA 25
Análisis mecánico.

MUESTRA	% H ₂ O	Ar. gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
A ₁	7,01	10,3	11,2	35,2	41,7
A ₂	8,28	11,4	10,7	41,5	33,8
B	19,34	9,8	12,3	37,0	27,9

TABLA 26
Propiedades físicas.

MUESTRA	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Retención de agua por %
A ₁	53,26	40,02	13,24	61,5
A ₂	45,94	33,02	12,92	62,9
B	43,46	29,29	14,17	54,4

T A B L A 27

Propiedades físico-químicas.

M U E S T R A	pH	Capacidad de cambio, meq. por 100 gr.		
		Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
A ₁	6,3	18,36	25,92	21,92
A ₂	6,8	17,67	59,42	23,10
B	6,4	17,26	20,74	20,20

T A B L A 28

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

MUESTRA	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 g. en mgr.	K ₂ O por 100 g. en mgr.
A ₁	1,7	1,00	0,030	33,3	< 5	71,0
A ₂	0,6	0,34	0,025	13,6	< 5	62,0
B	0,6	0,34	0,022	16,3	< 5	45,0

T A B L A 29

Análisis químico de suelos.

Mues- tra	Perd. dsec.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A ₁	5,29	12,31	43,01	24,73	11,99
A ₂	4,36	10,98	47,00	27,67	8,14
B	4,87	9,23	37,22	19,80	25,07
C	2,68	5,72	41,07	13,46	16,15

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
A ₁	1,03	0,63	0,79	1,95	2,25	2,21
A ₂	0,66	0,95	0,41	2,88	2,42	5,29
B	2,80	0,85	1,01	3,19	1,80	1,26
C	3,84	7,29	8,11	5,19	2,93	0,56

T A B L A 30

Análisis químico de arcillas.

Mues- tra	Perd. dsec.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A ₁	3,70	15,10	37,80	33,90	9,40
A ₂	3,00	12,70	43,00	35,02	5,60
B	4,20	12,90	37,85	32,40	12,80

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃		
A ₁	2,10	—	—	1,90	1,61	5,59
A ₂	0,80	—	—	2,08	1,89	9,80
B	2,20	—	—	1,98	1,59	3,96

Análisis térmico diferencial.

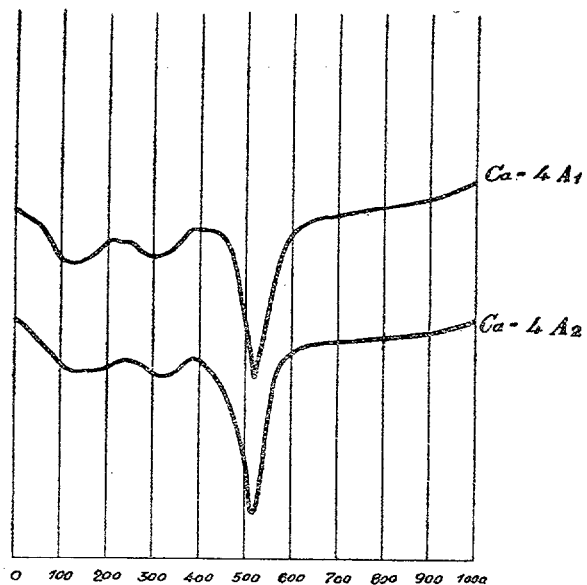
En la fig. 10 hemos representado las curvas correspondientes a los distintos horizontes del perfil, colocando en la parte superior las correspondientes a suelos y en la inferior las de las arcillas.

Observaciones.

Aunque el suelo no es muy arcilloso, tiene gran cantidad de elementos finos, que disminuyen algo con la profundidad, quizá por influencia de la roca madre.

Los límites líquido y plástico varían paralelamente con la cantidad de arcilla, por lo que el índice de plasticidad es próximamente el mismo. En la retención de agua también parece influir la cantidad de arcilla.

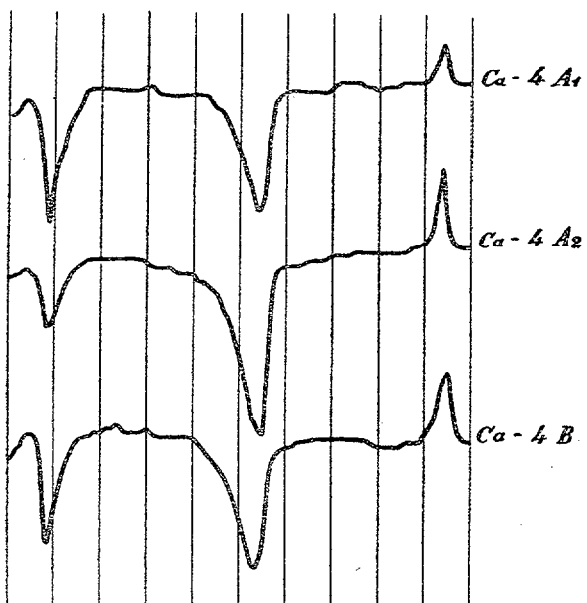
Por el procedimiento ya empleado se calculan las variaciones de SiO₂ y Fe₂O₃, considerando el Al₂O₃ de la roca como fijo y cuyos valores mostramos en la tabla 31.



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

"Suelos"

Fig.10



0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

"Arcillas"

T A B L A 31

Variación de SiO₂ y Fe₂O₃ tomando Al₂O₃ fijo.

Mues- tra	SiO ₂ exis- tente	SiO ₂ calcu- lada	Dife- rencia	SiO ₂ exis SiO ₂ calc.	Fe ₂ O ₃ exis- tente	Fe ₂ O ₃ calcu- lada	Dife- rencia	Fe ₂ O ₃ exis Fe ₂ O ₃ cal.
Roca...	41,07	41,07	—	1,00	16,15	16,15	—	1,00
S U E L O S .								
B	37,22	60,41	— 23,19	0,61	25,07	23,76	— 1,31	1,05
A ₂	47,00	84,42	— 37,42	0,55	8,14	33,20	— 25,06	0,24
A ₁	43,01	75,45	— 32,44	0,57	11,99	29,68	— 17,69	0,40
A R C I L L A S .								
B	37,85	98,55	— 61,00	0,38	12,80	38,88	— 26,08	0,33
A ₂	43,00	106,84	— 63,84	0,40	5,60	42,02	— 36,42	0,13
A ₁	37,80	103,40	— 65,63	0,36	5,40	40,68	— 31,28	0,22

En lo que se refiere a la sílice hay empobrecimiento en todos los horizontes, mínimo en el B suelo, quizá por coagulación de la sílice y mal lavado. De todos modos el proceso conduce a un lavado de sílice. En las arcillas el empobrecimiento es mayor y muy análogo para todas.

En cuanto al hierro, hay empobrecimiento muy fuerte en suelos y arcillas, salvo en el suelo B; también la arcilla de este suelo está menos empobrecida. En cambio, para suelos y arcillas A₂ hay un máximo empobrecimiento; se puede suponer un lavado de hierro a partir de A₂ con acumulación en B, lo que está de acuerdo con la decoloración indicada en la descripción.

En la tabla 32 se calcula la cantidad de caolinita existente en las arcillas, suponiendo que todo el aluminio está como tal mineral.

T A B L A 32

Cálculo de caolinita en arcillas.

Muestra	SiO ₂ exis- tente %	C a o l i n i t a				SiO ₂ sobrante %	Al ₂ O ₃ sobrante %
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%		
A ₁	37,80	37,80	32,13	11,34	81,27	—	1,77
A ₂	43,00	41,18	35,02	12,36	88,56	1,82	—
B	37,85	37,85	32,17	11,36	81,38	—	0,23

Como se puede ver, las cantidades de sílice o alúmina sobrante son tan pequeñas que se puede considerar que prácticamente sólo existe caolinita, sin probabilidad de sílice libre ni gibsita. Además, la cantidad de caolinita es muy alta.

Si se tiene en cuenta el tanto por ciento de arcilla en el suelo, la cantidad de caolinita en éste viene dada en la tabla 33.

T A B L A 33

Cálculo de la caolinita del suelo a partir de la arcilla.

Mues- tra	% caolinita en arcilla	% de arcilla	% caolinita en suelo	Caolinita			% Al ₂ O ₃ en exceso	% SiO ₂ en exceso
				SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %		
A ₁	81,27	41,70	33,88	15,76	13,30	4,73	27,25	11,34
A ₂	88,56	33,80	29,93	13,92	11,83	4,18	34,08	15,84
B	81,38	27,90	22,69	10,55	8,97	3,17	26,67	10,83

El exceso simultáneo de sílice y aluminio en bastante cantidad supone varias posibilidades: presencia de gibsita y cuarzo; formación de mayor cantidad de caolinita, que por ser menos dispersable no pasará a la arcilla y quedase en la fracción limo; presencia de otros minerales que sean silicatos aluminicos, pero no caolinita. La decisión entre estas posibilidades se puede acentuar por los resultados del análisis térmico diferencial y también por el cálculo de la hidratación, en el cual hay que tener en cuenta la cantidad de hierro.

El análisis térmico diferencial de suelos parece indicar que la cantidad de caolinita es mayor que la calculada según la tabla 33, por lo que parte al menos del Al₂O₃ sobrante debe estar bajo esta forma. En el horizonte A₁, sin embargo, parece existir algo de gibsita.

Para el cálculo de la hidratación daremos los análisis en milimoles, los cuales quedan expresados en la tabla 34.

T A B L A 34

Cálculo de la hidratación.

	Milimoles totales				Caolinita	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃
A R C I L L A S .						
A ₁	630,0	332,3	59,12	1.044,4	630,0	315,0
A ₂	716,6	343,3	35,22	872,2	686,6	343,3
B	630,8	317,6	80,50	950,0	630,8	315,4
S U E L O S .						
A ₁	716,8	242,4	75,40	888,2	484,8	242,4
A ₂	783,3	271,2	51,19	818,8	542,4	271,2
B	620,3	194,1	157,67	750,0	388,2	194,1

	Caolinita		SiO ₂ en exc.		Al ₂ O ₃ en exc.		H ₂ O
	H ₂ O	%	mM	%	mM	%	Fe ₂ O ₃
A R C I L L A S .							
A ₁	630,0	81,27	—	—	17,3	1,77	7,0
A ₂	686,6	88,56	—	—	30,0	1,80	5,2
B	630,8	81,38	—	—	2,2	0,23	3,9
S U E L O S .							
A ₁	484,8	62,53	232,0	13,9	—	—	5,3
A ₂	542,4	69,97	240,9	14,4	—	—	5,4
B	388,2	50,08	231,8	13,9	—	—	2,1

Los resultados obtenidos mediante el cálculo para la caolinita de los suelos parecen más de acuerdo con los del análisis térmico diferencial. Por otra parte, no queda excluida la presencia de algo de goetita en los suelos, teniendo en cuenta que puede haber geles de sílices hidratados. En el horizonte A₂ el análisis térmico diferencial parece indicar algo de goetita y seguramente existe en el horizonte B.

La capacidad de cambio de las arcillas está de acuerdo con la cantidad de caolinita. En la capacidad de cambio de los suelos interviene la materia orgánica. Si se calcula la capacidad de cambio de la materia orgánica del suelo A₁, suponiendo que existe la cantidad de caolinita dada en la tabla 34, se obtiene el valor de 88, muy bajo, lo que significa mala humificación.

La formación del suelo se puede suponer del modo siguiente: A partir de una roca básica, las plagioclasas dan origen a caolinita, que en parte queda sin dispersar en el limo. Hay lavado de sílice, pero no en excesiva cantidad, dando origen a cuarzo secundario. Existe en parte un lavado de hierro ferroso, pero también un lavado de hierro, peptizado en parte por la sílice y en parte por la materia orgánica mal humificada del horizonte A₁ que se acumula en el horizonte B en forma de goetita. El hierro de la arcilla parece estar peptizado al estado hidratado.

MUESTRA Ca-5.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 13 horas del día 2 de agosto de 1951.

Localidad: La Esperanza.

Situación: Km. 8,200 de la carretera de La Esperanza a partir de La Laguna.

Formación geológica: Sedimentos de limo rojo con formación "in situ".

Vegetación: Repoblada de pinus, erica, codesa; existen pteridofitas.

Otros datos: Perfil ligeramente enterrado.

Descripción del perfil.

Horizonte A.—Capa parda que corresponde al horizonte A de humus del perfil enterrado; 20 cm. de espesor. Encima de ésta hay unos 10 cm. de tierra no tomada.

Horizonte B.—Espesor indefinido. La muestra se ha tomado de 40-50 cm. Capa muy roja.

Descripción visual de los suelos.

A.—Color francamente rojizo; partículas gruesas irregulares pulverizables por los dedos con dificultad.

B.—Muy parecida a la anterior, aunque de color más rojo y más fácilmente pulverizable.

Examen con la lupa binocular.

A.—De color rojizo con algunos puntos brillantes, otros blancos, con zonas de color pardo muy claro y otras de color negro brillante. Reducido un grano a polvo, se ve un color pardo más oscuro con puntos brillantes y algunas zonas pequeñas de color gris casi blancas y otras negras.

B.—De color rojizo con algunos puntos brillantes; multitud de zonas pequeñas de color gris oscuro y algunos puntos y zonas blanquecinos. En la fractura presentan pocos puntos brillantes, y algunas zonas blancas y otras negras, algunas de ellas brillantes.

DATOS ANALITICOS

TABLA 35

Análisis mecánico.

	% H ₂ O	Ar. gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
A.—	6,51	5,9	17,1	31,0	43,7
B.—	5,64	5,5	19,1	22,4	49,0

TABLA 36

Propiedades físicas.

	Límite líquido	Límite plástico	Ind. de plasticidad	Retención agua %
A.—	74,79	34,85	39,94	61,9
B.—	50,55	39,51	11,04	64,6

TABLA 37

Propiedades físico-químicas.

	CAPACIDAD DE CAMBIO		
	Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
A.—	25,70	35,90	20,5
B.—	18,57	23,56	19,1

T A B L A 38

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

Muestra	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 gr. en mgr.	K ₂ O por 100 gr. en mgr.
A.—	5,2	3,01	0,107	28,1	< 5	59,0
B.—	2,4	1,38	0,056	24,6	< 5	12,0

T A B L A 39

Análisis químicos.

S U E L O S .

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A.—	4,13	15,07	33,24	23,37	19,21
B.—	3,81	10,01	37,50	27,11	20,03

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
B.—	3,87	0,29	0,31	2,41	1,59	1,89
A.—	2,00	0,55	0,60	1,98	1,37	2,10

T A B L A 40

Análisis químicos.

A R C I L L A S .

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A.—	3,20	10,70	36,00	25,35	19,60
B.—	3,50	13,00	35,00	25,95	19,30

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
A.—	5,10	—	—	2,41	1,61	2,00
B.—	2,40	—	—	2,29	1,55	2,10

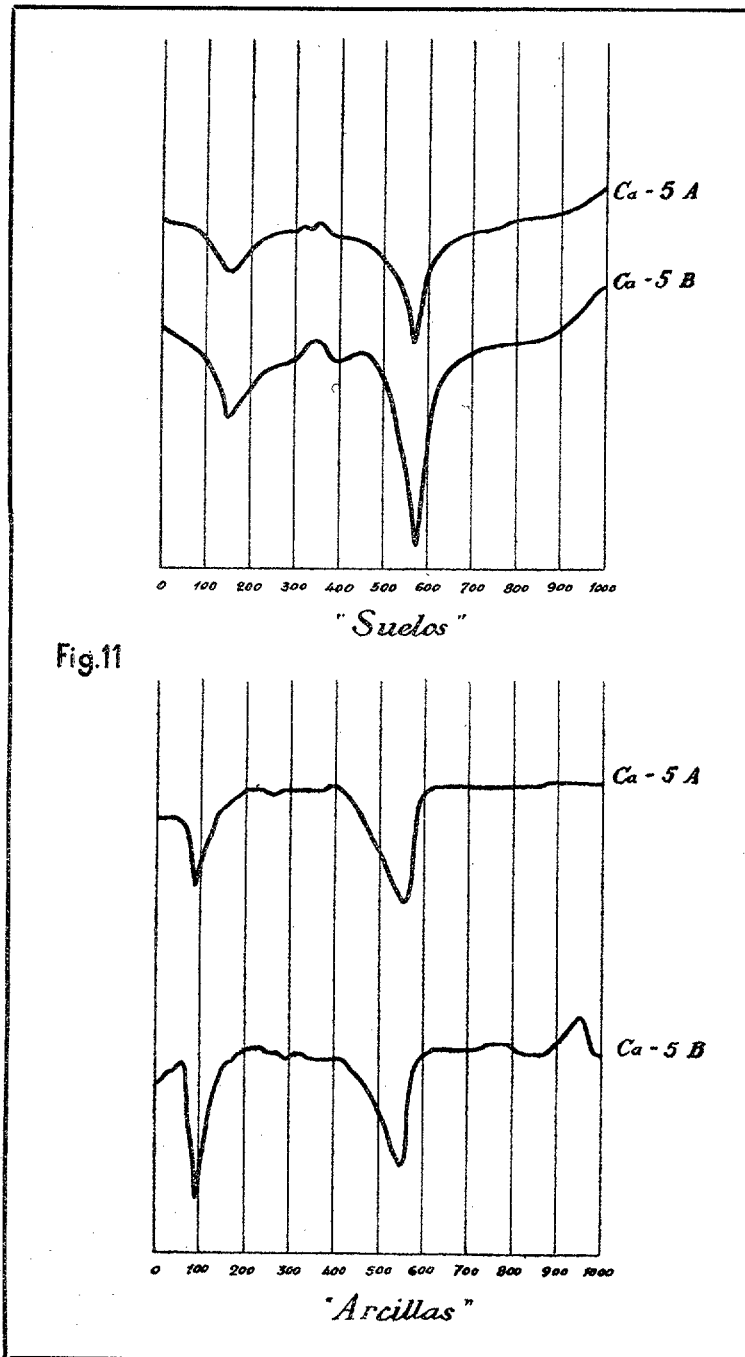


Fig.11

Análisis térmico diferencial.

Las curvas correspondientes a los distintos horizontes del perfil están representadas en la fig. 11, en la que hemos colocado en la parte superior las correspondientes a los suelos y en la inferior las de las arcillas.

Observaciones.

Suelo bastante arcilloso y sobre todo muy poco arenoso, por lo que existe bastante analogía entre suelo y arcilla, como se puede ver en el análisis químico.

La capacidad de cambio llega a ser mayor en el suelo que en la arcilla, debido a la materia orgánica. Esta influye también en el límite líquido, que es muy superior en el horizonte A; mientras que en el límite plástico influye en menor grado la cantidad de arcilla.

El cálculo de la variación de SiO_2 y Fe_2O_3 tomando el Al_2O_3 como fijo a partir del suelo del horizonte B nos dan los valores expresados en la tabla 41.

T A B L A 41

Variación de SiO_2 y Fe_2O_3 , tomando Al_2O_3 fijo.

Mues- tra	SiO_2 exis- tente	SiO_2 calcu- lada	Dife- rencia Δ	SiO_2 exis SiO_2 calc.	Fe_2O_3 exis- tente	Fe_2O_3 calcu- lada	Dife- rencia Δ	Fe_2O_3 exis Fe_2O_3 cal.
S U E L O S .								
B	37,50	37,50	—	1,00	20,03	20,03	—	1,00
A	33,24	32,32	0,92	1,02	19,21	22,74	— 3,53	0,84
A R C I L L A S .								
B	35,00	35,89	— 0,89	0,97	19,30	25,25	— 5,95	0,76
A	36,00	35,06	0,94	1,02	19,60	24,67	— 5,07	0,79

Como se ve, en lo que se refiere a la cantidad de sílice no hay apenas diferencia entre los suelos y arcillas y un horizonte u otro. En el hierro hay una ligera acumulación en el suelo en el horizonte B y una pérdida casi análoga en el otro horizonte y en las arcillas.

El cálculo de la caolinita para las arcillas nos da los valores expresados en la tabla 42.

T A B L A 42
Cálculo de caolinita en arcillas.

Muestra	SiO ₂ existente %	C A O L I N I T A				SiO ₂ sobrante %
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%	
A	36,00	29,81	25,35	8,95	64,11	6,19
B	35,00	3,52	25,95	9,16	65,63	4,48

Existe sílice sobrante en la arcilla, seguramente hidratada y peptizada.

Para los suelos caben dos alternativas: Calcular la cantidad de caolinita a partir del tanto por ciento existente en la arcilla y del tanto por ciento de ésta, o bien ver la cantidad total supuesto todo el aluminio del suelo al estado de caolinita. Esta última parece más lógica, dada la analogía de suelos y arcillas. En la tabla 43 expresamos los resultados.

T A B L A 43
Cálculo de la caolinita del suelo a partir de la cantidad de arcilla.

Muestra	% caolinita en arcilla	% de arcilla	% caolinita en suelo	Caolinita			% Al ₂ O ₃ en exceso	% SiO ₂ en exceso
				SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	H ₂ O %		
A	64,11	43,7	28,01	27,48	23,37	8,25	59,10	5,76
B	65,63	49,0	32,16	31,88	27,11	9,57	68,56	5,62

Como se ve, los valores son muy análogos en arcillas y suelos, tanto en lo que se refiere a la cantidad de caolinita como a la de sílice libre. El análisis térmico diferencial está por otra parte en concordancia con estos resultados.

Conviene calcular la hidratación de los distintos compuestos, y para ello partiremos, como en otras ocasiones, de los milimoles, y los resultados los expresamos en la tabla 44.

T A B L A 4 4
Cálculo de la hidratación.

Mues- tras	Milimoles totales				Caolinita			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%
A R C I L L A S .								
A	600,0	248,5	123,3	772,2	497,0	248,5	497,0	64,11
B	583,3	254,4	121,4	1027,7	508,8	254,4	508,8	65,63
S U E L O S .								
A	554,0	229,1	120,8	777,7	458,2	229,1	458,2	59,10
B	625,0	265,8	126,0	634,4	531,6	265,8	531,6	68,56
Mues- tra	SiO ₂ exc.		H ₂ O exc.		H ₂ O		Fe ₂ O ₃	
	mM	%	mM					
S U E L O S .								
A	103,0	6,19	275,2		2,2			
B	74,5	4,48	518,9		4,2			
A R C I L L A S .								
A	95,8	5,76	319,5		2,8			
B	93,4	5,62	102,8		0,8			

Parecen más hidratadas las arcillas que el suelo, principalmente en el suelo B, en que debe existir cuarzo y además goetita, cosa esta última apreciable ya en el análisis térmico diferencial.

El cálculo de la capacidad de cambio para la materia orgánica da para el horizonte A un valor de 132. Ambos valores no parecen estar muy de acuerdo con otras características, por lo que cabe suponer que la caolinita existente en el suelo queda rodeada por hierro y pierde en parte su capacidad de cambio.

Resumiendo: este suelo parece ser un limo rojo relicto que ha sufrido una ligera terrificación algo mayor en el horizonte A, por la humificación.

* * *

MUESTRA Ca-6.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 13 horas del día 2 de agosto de 1951.

Los datos generales son los mismos que los de la muestra anterior y tomada a un metro de la misma.

Otros datos: Limo rojo; existe una capa de humus debajo de los árboles. Como consecuencia de ello hay una capa empardecida que falta en la muestra anterior. La formación de humus parece actual.

Descripción del perfil.

Horizonte A_F y A_H.—4 cm. Capa de humus.

Horizonte B₁.—30 cm. Capa empardecida.

Horizonte B₂.—Espesor indefinido. Capa roja.

Horizonte B₃.—Trozos muy rojos que serían el final de los rojos.

Horizonte C.—Trozos de roca alterada que aflora allí.

Descripción visual de los suelos.

A_F y A_H.—Color pardo con abundante materia orgánica, lo que hace que tenga gran abundancia de partículas negruzcas; partículas angulosas muy fácilmente pulverizables. Contiene abundancia de raicillas y restos de plantas.

B₁.—Color rojizo; partículas muy irregulares y fácilmente pulverizables.

B₂.—Color muy rojizo; abundante materia orgánica, y sus partículas son muy fácilmente pulverizables.

B₃.—Color enormemente rojo; partículas irregulares fácilmente pulverizables.

C.—Roca de color amarillento de aspecto poroso como si fuese pómez, aunque de bastante densidad. En corte reciente presenta un color gris muy claro con cierta cantidad de partículas brillantes.

Examen con la lupa binocular.

A_F y A_H.—Granos de color pardo rojizos con un polvo amarillo rojizo adherido a su superficie. Se observan algunas zonas más claras con un polvillo brillante y otras bastante oscuras, casi negras; la fractura de un grano es sensiblemente más oscura, distinguiéndose la presencia de puntos blancos no brillantes, además de los puntitos brillantes antes mencionados.

B₁.—Color pardo muy rojizo con gran cantidad de puntos muy brillantes repartidos por toda la masa. También se observan puntos y franjas o zonas pequeñas de color negro y otros puntos más grandes de color gris y blanco. En la fractura el color es sensiblemente igual, pero son más abundantes los puntos negros, siendo su color menos uniforme; también se aprecian puntos más amarillentos.

B₂.—De color pardo rojizo bastante intenso, con gran abundancia de puntos blancos no brillantes y algún que otro puntito negro brillante. Existen trozos de color más amarillento. En la fractura de un grano se observa gran cantidad de puntos blancos y negros no brillantes.

B₃.—Tierra francamente roja, aunque su color, observado a la lupa, no es demasiado homogéneo, ya que en el interior de la masa rojiza se ve gran cantidad de particulitas blancas, amarillentas y negras y otras también muy pequeñas y brillantes. En la fractura de un grano se ve que el color es muchísimo menos homogéneo, ya que las partículas blancas se agrandan considerablemente hasta formar zonas relativamente grandes, en las cuales se ven partículas negras incrustadas.

C.—Roca de color pardo grisáceo con gran cantidad de puntos brillantes en la superficie, viéndose además muchos puntos rojizos y grises. En el interior, en corte reciente, tiene color gris oscuro intenso con muchísima cantidad de puntos negros brillantes, otros blancos y otros acaramelados, siendo estos últimos poco numerosos. En algunos puntos se observan cristales negros, y en el interior de esta masa pequeña cristalina hay otros cristales irregulares de color blanco translúcidos. El corte presenta numerosos orificios o poros de

diferentes tamaño y profundidad, siendo los más abundantes los pequeños.

DATOS ANALITICOS

TABLA 45

Análisis mecánico.

	% H ₂ O	Ar. gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
A _F y A _H	8,56	3,10	21,40	32,50	38,50
B ₁	—	15,35	22,55	20,00	35,00
B ₂	—	21,25	31,25	18,70	17,60

TABLA 46

Propiedades físicas.

	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Retención de agua %
A _F y A _H	66,62	54,45	12,17	92,0
B ₁	53,87	43,06	10,81	—
B ₂	50,05	37,01	13,04	—
B ₃	60,07	45,48	14,59	—

TABLA 47

Propiedades físico-químicas.

Capacidad de cambio, meq. por 100 gr.			
	Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
A _F y A _H	32,24	34,22	29,3
B ₁	27,30	29,25	—
B ₂	30,54	30,31	—
C	28,14	30,10	21,9

TABLA 48

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

Muestra	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 gr. en mgr.	K ₂ O por 100 gr. en mgr.
A _F	6,9	4,06	0,250	16,5	< 5	118
B ₁	3,1	1,62	0,066	24,5	—	—
B ₂	2,4	1,41	0,057	24,4	< 5	24
B ₃	0,8	0,46	0,020	23,0	—	—

T A B L A 49

Análisis químicos.

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
S U E L O S .					
A ₂	9,08	20,46	26,65	17,96	19,51
B ₁	4,61	14,06	33,21	23,37	21,68
B ₂	4,48	13,34	34,54	23,29	21,54
B ₃	4,00	11,29	33,92	19,73	27,55
C	1,02	1,39	47,35	12,35	15,98

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
				Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
A ₂	2,30	0,88	1,00	2,50	1,47	1,43
B ₁	1,60	0,88	0,83	2,41	1,51	1,68
C	2,97	0,73	0,85	2,52	1,59	1,68
B ₂	3,20	0,40	0,59	2,92	1,54	1,11
B ₃	3,04	9,20	5,32	6,52	3,57	1,21

T A B L A 50

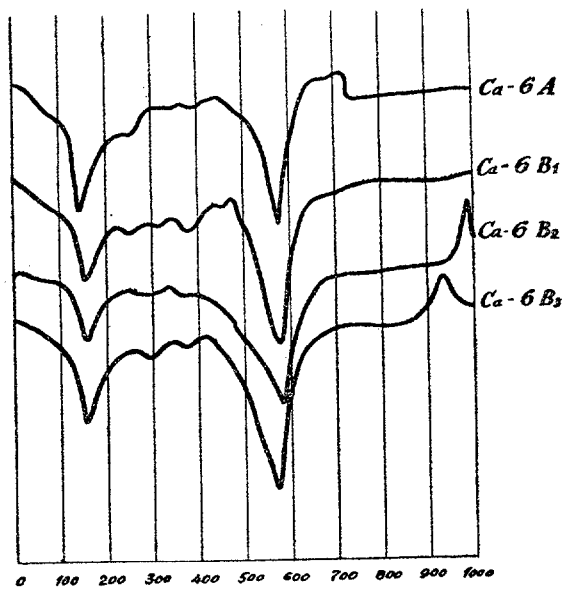
Análisis químicos.

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A R C I L L A S .					
A _F	2,7	11,8	32,19	21,20	21,40
B ₃	3,5	11,1	30,29	12,45	31,60

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
A _F	5,80	2,59	1,92	2,58	1,57	1,55
B ₃	7,20	—	—	4,13	1,57	0,61

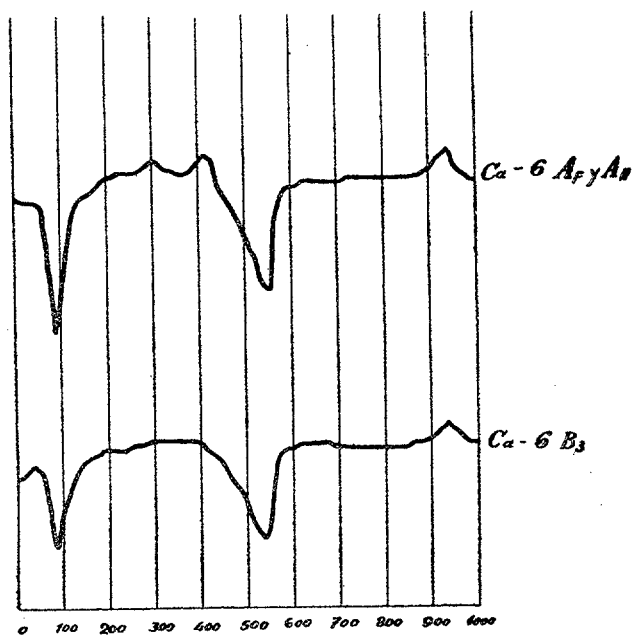
Análisis térmico diferencial.

Las curvas correspondientes a los distintos horizontes de este perfil quedan representadas en la fig. 12, en la cual hemos colocado los suelos en la parte superior de la figura y las arcillas en la inferior.



" Suelos "

Fig.12



" Arcillas "

Observaciones.

La composición mecánica del suelo es la de un limo terrificado. Es de notar la pequeña cantidad de arcilla del horizonte B_3 , que hay que atribuirle a la formación de pseudoarena por la presencia de gránulos cementados en parte por hierro, no dispersables y que se comportan del modo indicado.

Los valores de la plasticidad están de acuerdo con la suposición de que debe haber mayor cantidad de arcilla que la indicada por el análisis mecánico. En los límites líquido y plástico de la muestra A_F y A_H parecen influir en la cantidad de materia orgánica, obteniéndose valores mayores.

La capacidad de cambio también está de acuerdo con la suposición de que el horizonte B_3 tiene mayor cantidad de arcilla que la indicada en la tabla 45.

Para el cálculo de las variaciones de SiO_2 y Fe_2O_3 vamos a tomar como tipo la roca C, si bien está, por lo que se ve en la descripción hecha, algo alterada.

Los resultados los expresamos en la tabla 51.

T A B L A 51

Variación de SiO_2 y Fe_2O_3 , tomando Al_2O_3 fijo.

Mues- tra	SiO_2 exis- tente	SiO_2 calcu- lada	Dife- rencia Δ	SiO_2 exis SiO_2 calc.	Fe_2O_3 exis- tente	Fe_2O_3 calcu- lada	Dife- rencia Δ	Fe_2O_3 exis Fe_2O_3 cal.
Roca C	47,35	47,35	—	1,00	15,98	15,98	—	1,00
S U E L O S .								
B_3	33,92	75,64	— 41,72	0,44	27,55	25,51	2,04	1,07
B_2	34,54	89,68	— 55,14	0,38	21,54	30,24	— 8,70	0,71
B_1	33,21	89,60	— 56,39	0,37	21,68	30,22	— 8,57	0,71
A_F	26,65	68,25	— 42,40	0,39	19,51	23,22	— 3,71	0,84
A R C I L L A S .								
B_3	30,29	47,73	— 17,44	0,63	31,60	40,86	— 9,26	0,77
A_F	32,19	47,73	— 15,54	0,67	21,40	27,67	— 6,27	0,77

En todos los casos hay una pérdida de sílice menos acusada en la arcilla de B₃ y una pérdida de hierro algo más fuerte en el suelo A_F, con un ligero enriquecimiento en el suelo B₃, lo que puede dar cuenta de la anomalía existente en la arcilla de que ya hablábamos.

Aparte de estas variaciones en el análisis químico hay que hacer notar la fuerte pérdida de calcio y magnesio frente a la roca que tiende a ser mínima en el horizonte A (con una arcilla con bastante contenido en estos elementos), probablemente por adición de bases al descomponerse la materia orgánica.

Podemos intentar calcular la cantidad de caolinita existente en suelos y arcillas, suponiendo que todo el aluminio corresponda a este mineral y expresando dichos valores en la tabla 52.

T A B L A 52
Cálculo de caolinita.

Muestra	SiO ₂ exis- tente	C a o l i n i t a				SiO ₂	Al ₂ O ₃
	%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%	en exceso %	en suelo %
A R C I L L A S .							
A _F	32,19	24,93	21,20	7,48	53,61	7,26	—
B ₃	30,29	14,64	12,45	4,39	31,48	15,65	—
S U E L O S .							
A _F	26,65	21,22	17,96	6,34	45,42	5,53	20,64
B ₁	33,21	27,48	23,37	8,24	59,09	5,73	—
B ₂	34,54	27,51	23,39	8,25	59,15	7,03	—
B ₃	33,92	23,20	19,73	6,96	49,89	10,70	5,53

Si se calcula la cantidad de caolinita en el suelo a partir de la cantidad de arcilla y el tanto por ciento de caolinita en la arcilla, se obtiene la última columna de la tabla 52, con valores muy bajos para aquel mineral. El análisis térmico diferencial está más de acuerdo con los datos encontrados en las otras columnas, por lo que hay que suponer que la caolinita forma parte también de otras fracciones que no son arcilla.

Calculando los resultados del análisis en milimoles podemos sacar alguna conclusión acerca de la hidratación del hierro. En la tabla 53 expresamos los resultados, y por razones de espacio desdoblamos

dicha tabla en dos partes, expresando en la primera los milimoles totales y la cantidad de caolinita, mientras que en la segunda expresamos el exceso de sílice y agua y la formación de goetita.

T A B L A 53

Cálculo de la hidratación.

Muestras	Milimoles totales				Caolinita			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%
A R C I L L A S .								
A	536,5	209,8	134,6	805,5	419,6	209,8	419,6	53,61
B ₂	504,8	122,0	198,7	811,1	244,0	122,0	244,0	31,48
S U E L O S .								
A	444,1	174,0	122,7	1.257,7	352,0	176,0	352,0	45,42
B ₁	553,5	229,1	136,4	865,0	458,2	229,1	458,2	59,09
B ₂	575,7	228,3	135,5	856,6	456,6	228,3	456,6	59,15
B ₃	665,3	193,4	173,3	805,5	386,8	193,4	386,8	48,89
A R C I L L A S .								
	SiO ₂ en exc.		H ₂ O en exc.		H ₂ O		Goetita	
	mM	%	mM	%	Fe ₂ O ₃		%	
A R C I L L A S .								
A	116,9	7,26	385,9	6,95	2,86		23,78	
B ₂	280,8	15,65	567,1	10,20	2,85		34,96	
S U E L O S .								
A	92,1	5,53	905,0	16,29	7,37		21,68	
B ₁	95,3	5,73	406,8	7,32	2,98		24,00	
B ₂	119,1	7,03	400,0	7,20	2,95		23,84	
B ₃	178,5	10,70	418,7	7,54	2,41		30,50	

Los valores de la hidratación del hierro indican que puede haber goetita. El análisis térmico diferencial de suelos indica su presencia, pero en pequeña cantidad, y menor aún en las arcillas, lo que no corresponde al cálculo efectuado suponiendo que existe todo el hierro como goetita. La presencia de sílice, por otra parte, tanto en suelos como en arcillas, y en algunos casos en gran cantidad, requiere que exista sílice hidratada, por lo que nos inclinamos a pensar, dado el

color rojo de las muestras, en la presencia de hematites en bastante proporción, pequeña cantidad de goetita y sílice hidratada tanto en suelos como en arcillas, más en éstos que en aquéllos, que tiene peptizado algo de gel de hierro.

La capacidad de cambio de la materia orgánica del horizonte A sería, según cálculos, 303, es decir, estaría bastante bien humificada.

El fenómeno que se produciría sería algo de lavado de sílice a partir del suelo, con formación de hematites que formaría una pseudoarena oseudolimo y una estructura más esponjosa y abierta. La sílice de la arcilla se lavaría con menor intensidad.

El suelo sería un limo relicto formado con otro clima que el actual y que ha sufrido en este clima un proceso de terrificación consistente, en parte, en pérdida de sílice más acusada en el suelo que en la arcilla, y en parte, en la deshidratación acusada de hidróxido de hierro que lleva consigo la formación de pseudoarena y una estructura menos densa y más esponjosa al concrecionar el hierro las partículas finas del suelo.

MUESTRA Ca-10.

Tomada por el Sr. Hoyos a las 15 horas del día 6 de agosto de 1951.

Localidad: Falda de La Laguna de Osorio. Encima de Teror (Gran Canaria).

Situación: Carretera de Teror a Valleseco.

Orientación: Sur.

Inclinación: 15°.

Formación geológica: Basáltica.

Otros datos: Limo pardo ocre. Sedimentos, aunque probablemente formados en la actualidad. Más terroso en la superficie y más denso en el interior.

Descripción del perfil.

Horizonte A.—1 cm. Amarillento con muy poco humus.

Horizonte B.—De espesor indefinido. Color amarillento, pero que al excavar tiene trozos rojizos. Probablemente el horizonte B dé un limo pardo amarillento.

Horizonte B/C.—Amarillento rojizo, con algunos trozos de roca incluídos.

Horizonte C.—Trozos de roca alterada y basalto (probablemente nefelínico) originario bastante fresco.

Descripción visual de los suelos.

A.—Color pardo; partículas muy fácilmente pulverizables por los dedos.

B.—Color más amarillento; escasa materia orgánica; trozos fácilmente pulverizables.

B/C.—Color pardo grisáceo; contienen abundantes partículas muy angulosas y duras.

C.—Roca de color amarillento en su parte externa y muy negruzco en su interior. En corte reciente se observa como irisaciones del gris blanco al negro y del amarillo al rojo.

Examen con la lupa binocular.

A.—Color pardo grisáceo claro, con abundantes partículas blancas y negras. Aspecto poroso, no presentando otras características salientes.

B.—Color pardo oscuro, con gran cantidad de zonas blancas y negras, estando además los granos recubiertos de un polvillo pardo grisáceo con abundante cantidad de partículas brillantes. En la fractura de un grano el color se hace más claro, pero de análogas características al grano entero.

B/C.—Color pardo amarillento, con muchas zonas grisáceas y otras amarillentas, estando todo como salpicado de particulitas brillantes unas, amarillas otras y otras grisáceas. En la fractura toma un color más pardo y son más abundantes las manchas blancas y amarillas.

C.—Roca de color gris intenso, con gran cantidad de partículas negras muy brillantes y otras blancas o blanco-amarillentas no brillantes. Los granos del polvo son durísimos y no se pueden observar al corte.

DATOS ANALITICOS

TABLA 54

Análisis mecánico.

Muestra	% H ₂ O	Ar. gruesa %	Ar. fina %	Limo %	Arcilla %
A	7,26	10,6	25,6	23,9	31,7
B	12,36	10,1	21,2	32,6	29,8
B/C	12,57	13,5	17,8	24,1	36,0

TABLA 55

Propiedades físicas.

Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Retención de agua %
A	52,94	41,67	11,27	—
B	64,11	43,82	20,32	—
B/C	56,62	43,73	12,89	62,8

TABLA 56

Propiedades físico-químicas.

MUESTRA	Capacidad de cambio, meq. por 100 gr.		
	Suelo	Arcilla con materia orgánica	Arcilla sin materia orgánica
A	42,41	91,57	—
B	32,62	28,84	27,1
B/C	20,41	35,56	30,4

TABLA 57

Análisis químico de materia orgánica y fertilizantes.

Muestra	Materia orgánica por 100 gr.	C por 100 gr.	N por 100 gr.	C/N	P ₂ O ₅ por 100 gr. en mgr.	K ₂ O por 100 gr. en mgr.
A	4,2	2,47	0,159	15,5	< 5	70,0
B	2,3	1,35	0,072	18,7	< 5	12,0
B/C	0,6	0,34	0,022	15,4	< 5	116,0

T A B L A 58
Análisis químicos.

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
S U E L O S .					
A	4,09	11,05	36,55	23,06	20,89
B	3,95	12,10	39,43	31,17	17,45
B/C	4,37	12,13	33,71	19,18	23,65
C	2,90	15,19	38,42	15,15	16,54

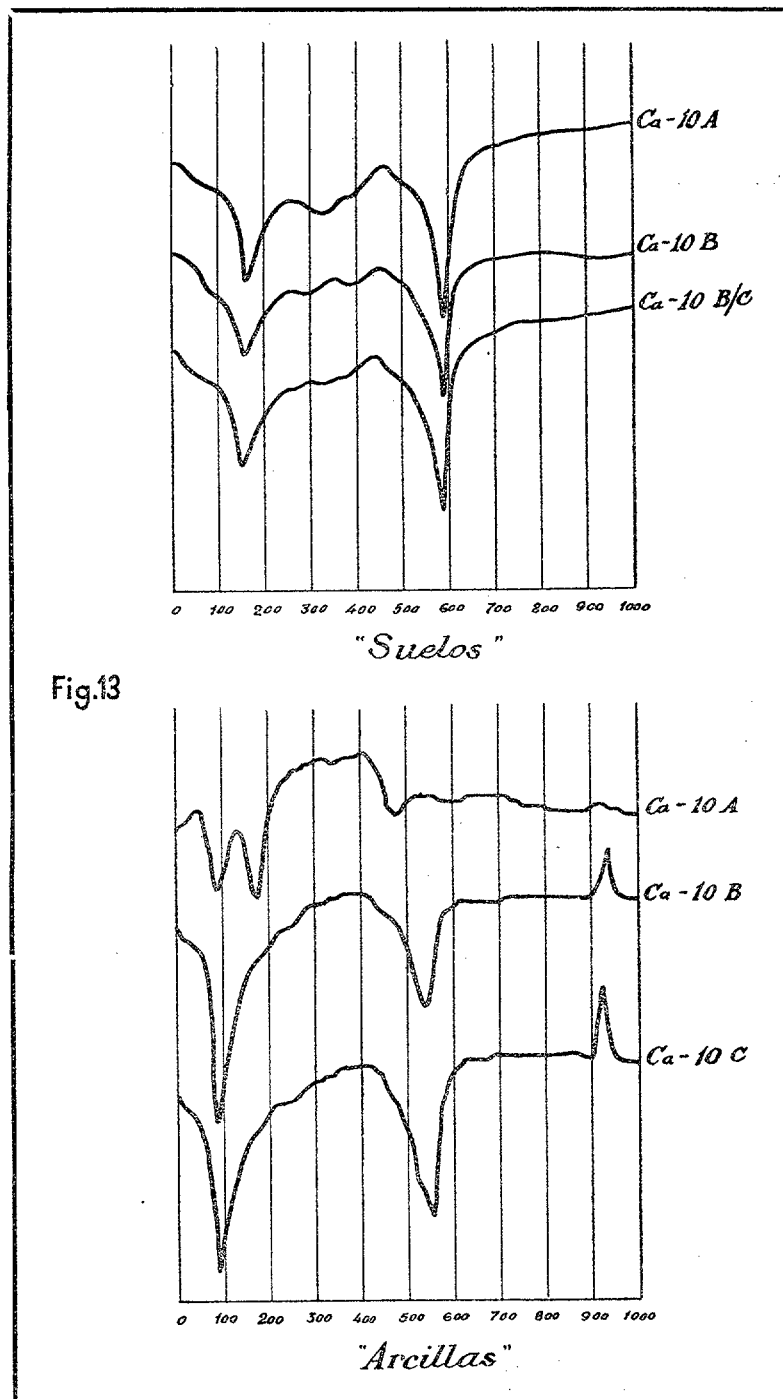
Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
A	1,47	2,61	1,26	2,09	1,70	1,72
B	4,71	—	—	2,15	1,58	2,78
B/C	4,62	0,59	1,62	2,98	1,66	1,26
C	2,16	10,79	4,88	5,31	2,34	0,58

T A B L A 59

Análisis químicos.

Mues- tra	Perd. desecc.	Perd. calc.	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A R C I L L A S .					
B	4,50	13,00	29,98	27,07	17,30
B/C	4,80	14,00	35,31	23,30	16,01

Mues- tra	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ Al ₂ O ₃	SiO ₂ R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃
B	6,50	—	—	1,88	1,33	2,45
B/C	6,00	—	—	2,57	1,79	2,28



Análisis térmico diferencial.

En la fig. 13 representamos las curvas correspondientes a los distintos horizontes del perfil, colocando en la parte superior las correspondientes a suelos y en la inferior las arcillas.

Observaciones.

Es un suelo con una cantidad media de arcilla que cae dentro de la denominación de limos. Los límites líquido y plástico son del orden de otros suelos ya estudiados y no presentan grandes particularidades, salvo quizá el valor del límite líquido del horizonte B, no muy explicable.

La materia orgánica debe ser de color pálido, ya que no se acusa mucho al exterior y, sin embargo, su cantidad es relativamente alta.

El análisis químico de los suelos permite ver en el horizonte B/C la influencia de la roca madre, que también se manifiesta en la arcilla.

La tabla 60 da cuenta de las variaciones de SiO_2 y Fe_2O_3 considerando fijo el aluminio de la roca.

T A B L A 60
Variación de SiO_2 y Fe_2O_3 , tomando Al_2O_3 fijo.

Mues- tra	SiO_2 exis- tente	SiO_2 calcu- lada	Dife- rencia Δ	SiO_2 exis- SiO_2 calc.	Fe_2O_3 exis- tente	Fe_2O_3 calcu- lada	Dife- rencia Δ	Fe_2O_3 exis- Fe_2O_3 cal.
Roca	28,42	38,42	—	1,00	16,54	16,54	—	1,00
S U E L O S .								
B/C	33,71	48,64	— 14,93	0,69	23,65	20,92	2,73	1,13
B	39,43	79,04	— 39,61	0,49	17,45	34,01	— 16,56	0,51
A	36,55	58,48	— 21,93	0,62	20,89	25,16	— 4,27	0,82
A R C I L L A S .								
B/C	35,31	59,09	— 23,78	0,59	16,01	25,42	— 9,41	0,63
B	29,98	68,65	— 38,67	0,43	17,40	29,53	— 12,23	0,58

De acuerdo con lo ya indicado, el mínimo empobrecimiento en sílice se acusa en el horizonte B/C, así como un ligero enriquecimiento

en hierro. El lavado debe ser un poco deficiente y no alcanzar, y limitadamente, a los metales alcalinos y alcalinotérreos. El suelo no muy arcilloso permite la aireación y como consecuencia la oxidación del hierro que no se lava al estado ferroso. La pérdida en las arcillas es un poco superior, pero bastante análoga, lo que significa que el suelo y la arcilla tienen casi análoga composición.

Calculando la caolinita de arcillas y suelos, suponiendo que todo el aluminio está bajo la forma de ese mineral, obtenemos los valores expresados en la tabla 61.

T A B L A 61

Cálculo de la caolinita de suelos y arcillas.

Muestra	SiO ₂ exis.	Caolinita					SiO ₂ en exceso	Al ₂ O ₃ en exceso
		Suelo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%		
A R C I L L A S .								
B	29,98	—	29,98	25,48	8,99	64,45	—	1,59
B/C	36,31	—	27,40	23,30	8,20	58,90	7,91	—
S U E L O S .								
A	36,55	—	27,12	23,06	8,14	58,12	9,43	—
B	39,43	19,21	36,66	31,17	11,00	78,83	2,77	—
B/C	33,71	21,20	22,56	19,18	6,77	48,51	11,15	—

El análisis térmico diferencial está de acuerdo, en líneas generales, con este resultado, si bien parece que los valores de caolinita para el horizonte B, sobre todo en el suelo, es algo alto. De todos modos se pone de manifiesto la analogía entre suelos y arcillas. La sílice excedente está de acuerdo con la falta de lavado que ya habíamos mencionado. En el horizonte B apenas debe haber sílice coloidal ni en suelo ni en arcilla, y esto se manifiesta también en la menor cantidad aparente de arcilla.

La arcilla del horizonte A presenta algunas anomalías.

Resulta interesante el cálculo de la hidratación, para lo cual expresamos los resultados del análisis químico en milimoles en la tabla 62, que separamos en dos partes.

T A B L A 62

Cálculo de la hidratación.

Mues- tra	Milimoles totales				Caolinita			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	%
A R C I L L A S .								
B	500,0	265,4	108,8	972,2	500,0	250,0	500,0	64,45
B/C	588,5	228,4	100,6	1.044,4	456,8	228,4	456,8	58,90
S U E L O S .								
A	609,2	226,0	131,4	607,7	452,0	226,0	452,0	58,12
B	657,2	305,6	109,7	763,8	611,2	305,6	611,2	78,83
B/C	561,8	188,0	148,8	883,3	376,0	188,0	376,0	48,51
Muestra	SiO ₂ en exc.		H ₂ O en exc.		H ₂ O		Goetita	
	mM	%	mM	%	Fe ₂ O ₃		%	
A R C I L L A S .								
B	—	—	472,2	8,50	4,3		19,14	
B/C	131,7	7,91	587,6	10,58	5,8		17,70	
S U E L O S .								
A	157,2	9,40	155,7	2,80	1,2		23,12	
B	46,0	2,77	152,6	2,74	1,4		19,31	
B/C	185,8	11,15	507,3	9,13	3,4		19,20	

Las arcillas deben tener el hierro al estado de gel, y en el caso de la B/C debe haber también una hidratación de la sílice. En los suelos debe haber, en parte, goetita, y quizá hematites con algún gel de hierro; de todos modos, el hierro está menos hidratado que en las arcillas, lo que da cuenta de la pequeña cantidad de arcilla por la acción cementante del hierro con formación de estructura esponjosa y abierta.

DISCUSIÓN.

Vamos a considerar ahora conjuntamente los suelos estudiados para tratar de deducir algunas conclusiones.

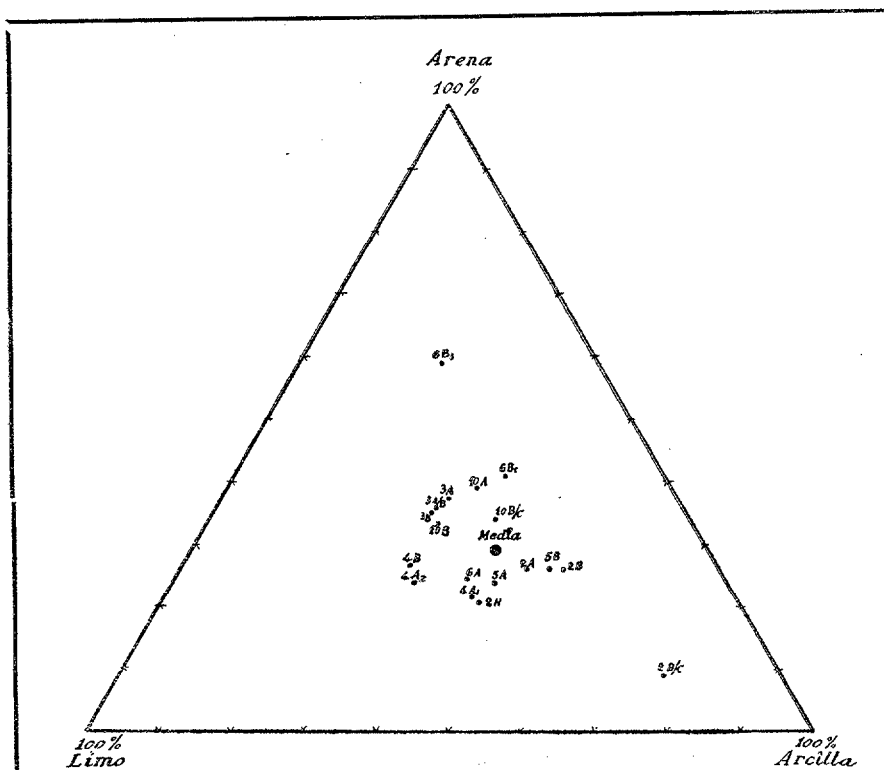


Fig.14

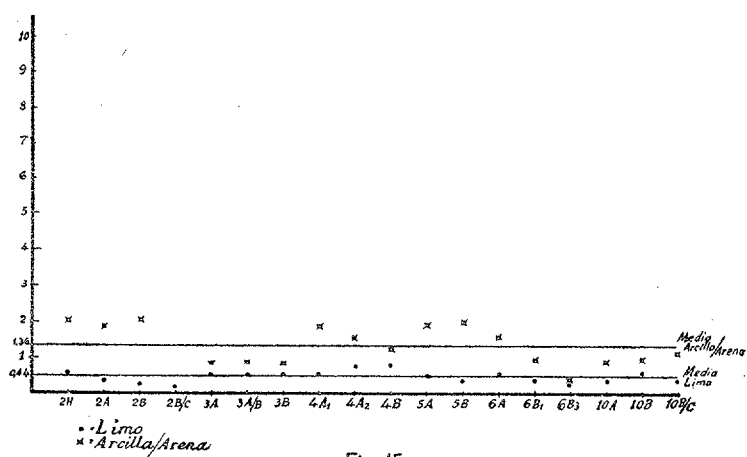


Fig.15

Desde el punto de vista del análisis mecánico, mostramos las relaciones que aparecen en la tabla 63.

T A B L A 63
Análisis mecánico.

Muestra	Arena %	Limo %	Arcilla %	Arena	Limo	Arcilla	Arcilla	Limo	Fe ₂ O ₃ %
							Arena		
2 H	20,2	34,4	42,2	0,58	1	1,22	2,08	0,55	18,75
2 A	25,4	25,5	46,3	1,00	1	1,81	1,82	0,36	20,23
2 B	24,1	20,0	50,0	1,20	1	2,50	2,07	0,27	19,72
2 B/C	7,7	15,6	71,9	0,50	1	4,61	9,33	0,19	13,37
3 A	24,7	30,0	30,1	1,16	1	1,00	0,87	0,45	20,18
3 A/B	32,7	31,3	28,4	1,04	1	0,90	0,86	0,50	20,38
3 B	32,8	30,5	28,3	1,07	1	0,92	0,86	0,50	18,02
4 A ₁	21,5	35,2	41,7	0,61	1	1,18	1,88	0,55	11,99
4 A ₂	22,1	41,5	33,8	0,53	1	0,81	1,53	0,74	8,14
4 B	22,1	37,0	27,9	0,60	1	0,75	1,26	0,74	25,07
5 A	23,0	31,0	43,7	0,74	1	1,41	1,90	0,46	19,21
5 B	24,6	22,0	49,0	1,12	1	2,23	2,00	0,30	20,03
6 A	24,5	32,5	38,5	0,76	1	1,18	1,57	0,51	19,51
6 B ₁	38,1	20,0	35,0	1,91	1	1,75	0,92	0,37	21,68
6 B ₂	52,5	18,7	17,6	2,71	1	0,94	0,33	0,26	27,55
10 A	36,2	23,9	31,7	1,51	1	1,32	0,87	0,35	20,89
10 B	31,3	32,6	29,8	0,96	1	0,91	0,95	0,52	17,45
10 B/C	31,3	23,1	36,0	1,30	1	1,43	1,14	0,35	23,65
Media....	28,0	28,1	38,1	1,00	1	1,36	1,35	0,44	

Las figs. 14 y 15 representan gráficamente los valores obtenidos.

Son suelos algo arcillosos, pero con una proporción análoga de limo, arena y arcilla. Salvo algunas excepciones, los números son suficientemente análogos para poder hallar la media. De todos modos, y atendiendo al carácter de los suelos, se debe pensar que la cantidad de limo es excesivamente alta y que parte de ese limo es arcilla no dispersable por quedar cementada por el hierro, dada la gran cantidad existente. Además, en líneas generales, cuanto mayor es la cantidad de hierro más cantidad de limo, o incluso de arena, existe, si bien no existe una correlación estricta.

En lo que se refiere a las propiedades físicas, expresadas por la plasticidad, tenemos resumidos los números en la tabla 64.

T A B L A 64

Valores de la plasticidad de suelos.

Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Arcilla %	Materia orgánica %
2 H	44,26	31,17	13,09	42,2	4,8
A	61,45	33,00	23,45	46,3	4,2
B	70,38	35,31	35,07	50,0	2,0
B/C	100,86	46,66	54,20	71,9	0,6
3 A	56,75	30,31	26,44	30,1	2,5
A/B	47,78	39,91	7,87	28,4	1,4
B	77,39	41,67	35,72	28,3	0,5
4 A ₁	53,26	40,02	13,24	41,7	1,7
A ₂	45,94	33,02	12,92	33,8	0,6
B	43,46	29,29	14,17	27,9	0,6
5 A	74,79	34,85	39,94	43,7	5,2
B	50,55	39,51	11,04	49,0	2,4
6 A	66,62	54,45	12,17	38,5	6,9
B ₁	60,07	45,48	14,59	17,6	0,8
10 B	64,14	43,82	20,32	29,8	2,3
B/C	56,62	43,73	12,89	36,0	0,6

Los valores del límite plástico son más análogos que los del límite líquido, en los cuales deben influir tanto la arcilla como la cantidad y naturaleza de la materia orgánica. De todos modos resulta una relación compleja en que es difícil hallar irregularidades.

Los valores del análisis químico expresados por las razones moleculares vienen dados en la tabla 65.

T A B L A 65

Razones moleculares.

MUESTRA	SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /R ₂ O ₃		Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
2 H	3,96	2,90	2,39	2,40	1,53	4,80
A	4,06	2,86	2,15	2,21	1,12	3,40
B	3,14	2,43	1,93	2,01	1,60	4,81
B/C	3,48	2,63	2,41	1,99	2,26	3,09
3 A	2,37	2,05	1,50	1,48	1,71	2,61
A/B	2,58	4,09	1,57	3,43	1,57	1,14
B	2,02	2,00	1,42	1,92	2,37	1,66
4 A ₁	2,95	1,90	2,25	1,61	3,21	5,59
A ₂	2,88	2,08	2,42	1,89	5,29	9,80

MUESTRA	SiO ₂ /Al ₂ O ₃		SiO ₂ /R ₂ O ₃		Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
B	3,19	1,98	1,80	1,59	1,26	3,94
5 A	2,41	2,41	1,59	1,61	1,89	2,00
B	1,98	2,29	1,37	1,55	2,10	2,10
6 A	2,50	2,58	1,47	1,57	1,43	1,55
B ₁	2,41	—	1,51	—	1,68	—
B ₂	2,52	—	1,59	—	1,68	—
B ₃	2,92	4,13	1,54	1,57	1,11	0,61
10 A	2,69	—	1,70	—	1,72	—
B	2,15	1,88	1,58	1,33	2,78	2,45
B/C	2,98	2,57	1,66	1,79	1,26	2,28

Se puede ver que la razón SiO₂/Al₂O₃ en los suelos es siempre superior a 2 y tiende a ser mayor en aquellos suelos formados sobre roca básica que en los sedimentos. Se puede suponer que en aquellos suelos la sílice queda en estado coloidal sin lavar, mientras que en los sedimentos parte de ella ha sido lavada, originando una terrificación. Esto hace que, en líneas generales, la relación arcilla/arena sea también mayor en los suelos originados sobre roca que en los sedimentos. En el suelo 10, cuya génesis de la roca es menos aparente, los valores tienden a igualarse con los de los sedimentos.

La razón molecular SiO₂/Al₂O₃ que consideramos, es en las arcillas, en general, más baja que en los suelos cuando proceden de roca, mientras que en los sedimentos es mayor. Esto está de acuerdo con la suposición de que en estos últimos el proceso consiste en un lavado de sílice coloidal que antes peptizaba el suelo y le da a éste una apariencia más terrosa. La sílice de la arcilla se lava con más dificultad; este caso está muy acentuado en el horizonte 6 B₃, sedimento muy antiguo y casi fósil. Los valores de las razones son superiores a dos o próximos a este valor, lo que parece indicar la presencia de minerales de tipo caolín con algo de sílice peptizando a la arcilla. La ligera tendencia a la aluviación de arcilla hacia horizontes inferiores vendría favorecida por esta peptización.

Los valores de la razón SiO₂/R₂O₃ son análogos en suelos y arcillas, con una tendencia a ser superiores en el caso de las arcillas, lo que supone un enriquecimiento del hierro en el suelo. Esto es más acusado en los sedimentos, lo que está de acuerdo con nuestra hipó-

tesis, ya que al desaparecer la sílice peptizante el hierro queda coagulado. Esto mismo se manifiesta en la razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, más alta para arcillas que para suelos.

En la arcilla se acumula el mineral de tipo caolín con bastante aluminio, y en el suelo se enriquece el hierro. Se puede notar en el perfil 4 la decoloración sufrida por el horizonte A_2 , y en parte A_1 , en los altos valores de la razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, y la disminución muy acusada de $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ y $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ en el horizonte B, debido al gran aumento del hierro en este horizonte. Aquí se produciría una acumulación absoluta, según la terminología de D'Hoore ³¹, debido al aporte de hierro en parte peptizado por la sílice.

Otra manera de expresar las variaciones de SiO_2 y Fe_2O_3 es comparar las razones SiO_2 existente/ SiO_2 calculada y análoga para el hierro. Los valores los resumimos en la tabla 66.

T A B L A 66
Razones moleculares.

MUESTRA	SiO ₂ existente		Fe ₂ O ₃ existente	
	SiO ₂ calculada		Fe ₂ O ₃ calculada	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
2 H	0,58	0,42	0,74	0,23
A	0,67	0,42	1,02	0,33
B	0,46	0,36	0,70	0,23
B/C	0,48	0,38	0,47	0,33
3 A	1,16	1,01	1,37	0,90
A/E	1,27	2,02	1,51	2,07
B	1,00	1,48	1,00	1,42
4 A ₁	0,57	0,36	0,40	0,22
A ₂	0,55	0,40	0,24	0,13
B	0,61	0,38	1,05	0,33
5 A	1,02	1,02	0,84	0,79
B	1,00	0,97	1,00	0,76
6 A	0,39	0,67	0,84	0,77
B ₁	0,37	—	0,71	—
B ₂	0,38	—	0,71	—
B ₃	0,44	0,63	1,04	0,77
10 A	0,62	—	0,82	—
B	0,49	0,43	0,51	0,58
B/C	0,69	0,59	1,13	0,63

Para la sílice el fenómeno en los suelos derivados de rocas supone un empobrecimiento en sílice, mientras que en los sedimentos hay un enriquecimiento. Esto parece estar en contradicción con lo apun-

tado hasta ahora de que los sedimentos habían perdido sílice. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes hechos: El proceso general consiste en un lavado de sílice a partir de la roca originaria, y eso es lo que sucede en los perfiles 2, 4 y 10. En el perfil 6 también se ha considerado una roca como originaria, sin que esto sea muy definitivo, y en ese caso se obtiene también un empobrecimiento y más fuerte que en los otros casos, de acuerdo con un mayor lavado. En los perfiles 3 y 5 hay enriquecimiento, pero frente al horizonte inferior, que lógicamente debe estar más lavado por ser más antiguo. Se confirma de este modo la hipótesis hecha. Por otra parte, mientras que en los suelos derivados de un modo seguro de roca el empobrecimiento es mayor en las arcillas, en los sedimentos los valores de las razones son mayores para la arcilla que para el suelo, lo que significa lavado de sílice del suelo y no de la arcilla, como ya habíamos indicado.

Para la razón Fe_2O_3 existente/ Fe_2O_3 calculada, en general, hay empobrecimiento en suelos y arcillas, en éstas mucho más acusadas sobre todo en los suelos derivados de roca. La sílice peptizante que existe en el suelo hace que el hierro pueda permanecer en este estado sin necesidad de encontrarse en la arcilla; la relación Fe_2O_3 en suelo a Fe_2O_3 en arcilla queda favorecida. En cambio, cuando la sílice del suelo ha sido lavada, si bien el hierro del suelo queda coagulado, la

T A B L A 67
Valores de SiO_2 y Fe_2O_3 y razón de suelo a arcilla.

Muestra	% SiO_2		SiO_2 suelo	% Fe_2O_3		Fe_2O_3 suelo
	Suelo	Arcilla	SiO_2 arcilla	Suelo	Arcilla	Fe_2O_3 arcilla
2 H	42,45	45,26	0,94	18,75	8,53	2,19
A	34,70	42,62	0,81	20,23	11,66	1,73
B	37,26	42,19	0,88	19,72	9,50	2,07
B/C	41,00	41,15	0,99	13,87	13,40	1,03
3 A	30,91	32,33	0,95	20,18	16,00	1,26
A/B	30,99	35,33	0,86	20,38	20,40	1,00
B	32,43	33,13	0,98	18,02	17,60	1,02
4 A ₁	43,01	37,80	1,44	11,99	9,40	1,27
A ₂	47,00	43,00	1,09	8,14	5,60	1,45
B	37,22	37,85	0,98	25,07	12,80	1,96
5 A	33,24	36,00	0,91	19,21	19,60	0,98
B	37,50	35,00	1,07	20,03	19,30	1,04
6 A	29,65	32,19	0,88	19,51	21,40	0,91
B ₂	33,92	30,29	1,11	27,55	31,60	0,87
10 B	39,43	29,98	1,31	31,17	27,07	1,15
B/C	33,71	35,31	0,95	19,18	23,30	0,82

proporción de Fe_2O_3 suelo a Fe_2O_3 arcilla es menor porque parte del hierro queda peptizado en la arcilla.

Los valores absolutos de SiO_2 y Fe_2O_3 y las razones de estos valores para suelos y arcillas los expresamos en la tabla 67.

Se puede ver que, en líneas generales, la relación SiO_2 suelo/ SiO_2 arcilla es mayor en los suelos derivados de roca, y lo mismo sucede para la Fe_2O_3 suelo/ Fe_2O_3 arcilla, de acuerdo con lo que venimos diciendo.

La naturaleza y cantidad de los minerales existentes se puede deducir mediante el análisis químico o el análisis térmico diferencial.

Los valores deducidos del análisis vienen expresados en la tabla 68.

T A B L A 68

Valores de caolinita, SiO_2 en exceso e hidratación del hierro.

Muestra	% caolinita			% SiO_2 en exceso			$\text{H}_2\text{O}/\text{Fe}_2\text{O}_3$		
	Suelo	Arcilla	Suelo	Suelo	Arcilla	Suelo	Suelo	Arcilla	Suelo
			Arcilla			Arcilla			Arcilla
10 B/C	36,21	67,00	0,53	21,16	14,11	1,49	2,30	7,05	0,49
A	46,43	64,10	0,72	17,86	12,83	1,39	6,00	6,13	1,04
B	51,01	73,90	0,68	13,54	7,85	1,72	3,24	4,82	0,76
B/C	53,21	67,10	0,79	16,26	9,95	1,63	6,83	3,91	1,86
3 A	55,89	67,50	0,82	4,92	0,93	5,29	5,20	4,68	1,11
A/B	51,61	37,70	1,36	6,99	17,86	0,39	7,11	5,47	1,30
B	68,86	47,40	1,45	0,41	11,08	0,03	3,92	6,66	0,60
4 A ₁	72,53	81,27	0,76	13,90	—	—	5,30	7,00	0,75
A ₂	69,97	88,56	0,79	14,40	1,82	7,91	5,40	5,20	1,00
B	50,08	81,38	0,61	13,90	—	—	2,10	3,90	0,53
B	50,08	81,38	0,61	13,90	—	—	2,10	3,90	0,53
5 A	59,10	64,11	0,92	5,76	6,19	0,93	2,60	2,20	1,18
B	68,56	65,63	1,04	5,62	4,48	1,25	0,80	4,20	0,19
B ₁	59,09	—	—	5,74	—	—	2,98	—	—
B ₂	59,15	—	—	7,03	—	—	2,95	—	—
B ₃	49,89	31,498	1,58	10,70	15,65	0,63	2,41	2,85	0,84
10 A	58,12	—	—	9,43	—	—	1,20	—	—
B	78,83	64,45	1,22	2,77	—	—	1,40	4,30	0,32
B/C	48,51	58,90	0,82	11,15	7,91	1,41	3,40	5,80	0,58

En general, en los suelos procedentes de roca la relación caolinita del suelo/caolinita de la arcilla es menor que en los sedimentos, lo que supondría que en éstos parte de la caolinita queda al estado no disperso, ya que los valores absolutos de caolinita en el suelo son del mismo orden de magnitud. Por otra parte, la razón de sílice en exceso

en el suelo a la de la arcilla es mayor en los suelos que proceden de roca, de acuerdo con la existencia de sílice peptizada en el suelo.

La hidratación del hierro, tanto en suelo como en arcillas, parece indicar que no existe goetita salvo en contadas ocasiones; a pesar de ello, esto no es decisivo, ya que hay que tener en cuenta que la sílice en exceso debe tener un cierto grado de hidratación, y esto se traduce en una menor cantidad de agua para el hierro.

Podemos, pues, indicar que tanto suelos como arcillas están constituidos por caolinita, sílice coloidal y geles de óxidos de hierro hidratados.

Los resultados del análisis térmico diferencial vienen resumidos en la tabla 69 adjunta.

T A B L A 69
Resultados del análisis térmico diferencial.

Muestra	Caolinita		Goetita		Geles hidratados	
	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla	Suelo	Arcilla
10 B/C	++	++++	++	—	+++	++++
A	+++	++++	++		+++	++
B		+++		—		++++
B/C	+++	++++			+++	++
3 A	+	+++	++	+	++	+++
A/B	++	+++	—	—	+++	++
B	+++	+++	—	—	+++	+++
4 A ₁	+++	++++			++	+++
A ₂	+++	++++			++	++
B		++++				++++
5 A	++	+++			++	++
B	+++	+++	+		++	++
6 A	+++	++++	+	+	+++	++++
B ₁	+++		+		++	
B ₂	++		—		++	
B ₃	+++	+++	—		+++	++
10 A	+++	++	—		+++	++++
B	+++	++	—		++	++++
B/C	+++	++++	—		++	++++

++++ = muy abundante; +++ = abundante; ++ = medio; + = escaso;
— = muy escaso.

Estos resultados concuerdan con cierta aproximación con los del análisis químico. En lo que respecta a la hidratación, la concordancia es menor, pero a ello contribuye el que se ha tomado como geles el pico que se presenta a 140-150° C. Entra dentro de lo posible que ese

pico sea en parte de haloisita más o menos hidratada y también que exista algo de ilita.

Los valores de la capacidad de cambio vienen expresados en la tabla 70.

T A B L A 70

Valores de la capacidad de cambio.

Muestra	Suelos	Arcillas
2 H	27,15	22,3
A	19,43	21,6
B	20,09	29,4
B/C	22,98	35,6
3 A	22,08	23,3
A/B	29,55	19,5
B	35,66	24,2
4 A ₁	18,36	21,9
A ₂	17,67	23,7
B	17,26	20,2
5 A	25,70	20,5
B	18,57	19,1
6 B	32,24	29,3
B ₁	27,30	—
B ₂	30,54	—
B ₃	28,14	21,9
10 A	42,41	—
B	32,62	27,1
B/C	20,41	30,4

Los valores para las arcillas son todos del mismo orden, alrededor de 20 meq. por 100 gr. con algunos valores más altos; este valor es un poco alto para caolinita, pero comprensible si existe algo de haloisita y de ilita.

En cuanto en el suelo influye la cantidad de materia orgánica y la presencia de ilita, que caso de existir aparece en mayor proporción en el suelo que en la arcilla.

Los valores para los elementos fertilizantes, fósforo y potasio, los dejamos expresados en la tabla 71.

Son suelos muy escasos en fósforo, a lo que contribuye en parte el pH y sobre todo la cantidad en hierro que fija este elemento, y con cantidades variables de potasio que depende del material original y del lavado sufrido. Hay una tendencia a la disminución del potasio con la profundidad.

T A B L A 71

Cantidades de elementos fertilizantes, fósforo y potasio.

Muestra	P ₂ O ₅ mgr. por 100 gr.	K ₂ O mgr. por 100 gr.
2 H	< 5	—
A	< 5	44
B	< 5	19
B/C	< 5	19
3 A	< 5	144
A/B	< 5	130
B	< 5	116
4 A ₁	< 5	71
A ₂	< 5	62
B	< 5	45
5 A	< 5	59
B	< 5	12
6 A	< 5	118
B ₂	< 5	24
10 A	< 5	70
B	< 5	12,5
B/C	< 5	116

ESTUDIO DE LA MATERIA ORGANICA

Los restos vegetales y animales que quedan en el suelo después de la muerte de los organismos sufren una descomposición, generalmente mediante microorganismos y pequeños animales, que conduce a una serie de compuestos por procesos químicos y bioquímicos. El proceso se denomina *humificación* y el resultado es una mezcla muy compleja de sustancias, lo que impide atribuir a la materia orgánica una forma definida, ya que además el resultado del proceso depende fuertemente de factores intrínsecos: composición y naturaleza de los residuos humificables, y factores extrínsecos: temperatura, humedad, sustancias minerales, etc. Esta materia orgánica de los suelos fué denominada humus total por Schmuziger³². Kubiena³³ designa con el nombre de humus de un suelo la totalidad de las materias orgánicas que por ser difícilmente desintegrables se han acumulado en el mismo.

La complejidad y diversidad de los resultados obtenidos en el proceso de humificación hacen el estudio de la materia orgánica su-

mamente difícil. Por eso son varias las tendencias seguidas para su estudio; unos atienden a sus características morfológicas; otros, a sus propiedades físico químicas; otros, a la naturaleza química de los compuestos existentes.

Kubiena³³ realiza una investigación microscópica y llega a establecer de este modo diversas formas de *humus*: humus bruto, humus tangel, moder, mull. Esta investigación microscópica permite reconocer el desmenuzamiento y desintegración progresiva de los restos vegetales y animales, así como el papel que los animales pequeños han jugado en la formación de un tipo o forma determinada de humus. Quedan, sin embargo, fuera de su estudio la estructura química de las sustancias húmicas acumuladas, causa principal de su eficiencia, y la bioquímica de su formación.

No existe una concordancia absoluta en lo que se considera como humus entre los distintos investigadores; así Pallmann y Frei³⁴ atienden al grado de descomposición y distinguen tres grados: formadores de humus, humoides y materias húmicas. Maiwald³⁵ distingue tres grupos: sustancias orgánicas, materias que acompañan al humus y materias húmicas propiamente dichas. La divergencia en la nomenclatura lleva a intentar la separación.

El punto de partida para el estudio de las sustancias químicas que componen el humus es un trabajo químico-analítico y como tal basado en separaciones de los distintos compuestos. Una parte del humus está formada por una mezcla de diferentes combinaciones orgánicas, de magnitud molecular distinta: unas grandes y otras pequeñas. De esta mezcla sólo es posible separar algunos compuestos, y aun así de composición química no muy definida.

El primer problema que se presenta a esta separación de compuestos estriba en la elección del agente separador. No puede ser excesivamente débil, ya que sólo una parte muy pequeña de la materia orgánica podría solubilizarse, ni muy fuerte, pues puede modificar la naturaleza de las sustancias extraídas. Page³⁶ utiliza para ello NaOH, camino seguido por Scheffer³⁷. Souci³⁸ propone el bromuro de acetilo, que no disuelve el humus estricto y le diferencia de este modo del humus en sentido amplio; sin embargo, Laatsch³⁹ indica que el procedimiento no es bueno, pues altera fuertemente las sustancias, así como tampoco el empleado por Springer de tratamien-

to con ácido clorhídrico caliente y extracción posterior con lejía de sosa a ebullición.

Emplea para la separación disolventes débiles, que sólo afectan al 25 por 100 de la materia orgánica, tales como fluoruro o pirofosfato de sodio. A partir de esta solución se pueden precipitar, mediante ácidos, los ácidos húmicos de elevado peso molecular, permaneciendo disueltos los ácidos fúlvicos que se pueden separar por filtración y de los cuales, por medio de adsorción por carbón y elución fraccionada, ha conseguido Forsyth ⁴⁰ cuatro grupos de materia, cuyo estudio arroja cierta luz acerca de la composición de la materia orgánica y ha permitido a otros investigadores, entre ellos Flaig ⁴¹, partir de sustancias análogas, sustancias modelos, para investigar la bioquímica de la formación del humus.

La parte disuelta y precipitada por los ácidos la constituyen los ácidos húmicos. Para su estudio conviene precipitarlos, volverlos a disolver, volver a precipitar, centrifugar y electrodializar con objeto de purificarlos. Principalmente se pueden diferenciar entre ácidos humínicos de carácter tánico, con nitrógeno en combinaciones heterocíclicas y precipitables por una solución gelatinosa salada, y ácidos húmicos no precipitables por esta solución, sin carácter tánico, que a su vez pueden tener el nitrógeno en forma heterocíclica o polipeptídica como aminonitrógeno.

Flaig ⁴² define los ácidos humínicos como sustancias que pueden ser extraídas del suelo por soluciones alcalinas débiles, soluciones que forman con el calcio sustancias difícilmente solubles y con soluciones de sales neutras; insolubles en alcohol, dispersables por álcalis y precipitables por ácidos.

La investigación de estas sustancias puede seguir varios caminos: Flaig ⁴³ indica que en estos compuestos de elevado peso molecular tiene gran importancia la forma y el tamaño de las partículas, así como la carga y el potencial redox.

La forma la determina mediante medidas de viscosidad fundándose en las ecuaciones de Einstein ⁴⁴ y Staudinger y Husemann ⁴⁵, que relacionan esta medida con la forma de las partículas. Este camino de medidas de viscosidad se había seguido esporádicamente por Sven Oden ⁴⁶ y Ostwald y Steiner ⁴⁷ para los ácidos húmicos. Flaig, de sus medidas llega a la conclusión de que las medidas de viscosidad de

suspensiones de ácidos humínicos indican que éstos constan de partículas esféricas. Basándose en esta consideración creyó posible determinar su tamaño mediante el microscopio electrónico, llegando a la conclusión de que tienen un diámetro de 60-80 Å ⁴⁸, de acuerdo con las investigaciones de Jung ⁴⁹ por sorpeón de ácidos humínicos sobre montmorillonita. También estudia Flaig, mediante el microscopio electrónico, la influencia de la acidez en la configuración de los ácidos humínicos y en su adsorción por coloides inorgánicos.

Otro camino a seguir para la identificación de las materias húmicas consiste en identificar las que se producen en el laboratorio por la acción de los microorganismos a partir de sustancias orgánicas conocidas y trabajando en principio con cultivos puros; una vez conocido esto se puede ya trabajar con cultivos mixtos.

La utilización del colorímetro para el estudio de la materia orgánica se basa en que los extractos son coloreados y el color depende de la cantidad y naturaleza del humus. La naturaleza del extractor influye en la cantidad de materia orgánica extraída y en la estabilidad del color. Springer ⁵⁰ utiliza NaOH de diferentes concentraciones; Simon ⁵¹, fluoruro y oxalato sódico; Martín Retortillo ⁵², hidróxido sódico al 0,5 por 100 y oxalato sódico al 1 por 100; Pozdena ⁵³ estudia la influencia del anión; Hoyos y González ⁵⁴, la influencia de aniones y cationes; también Scheffer y Halfter ⁵⁵ y Scheffer y Speidel ⁵⁶ han mostrado cómo influyen algunos cationes en la intensidad del color de las materias húmicas.

Hock ⁵⁷ establece el tono de color, utilizado también por otros autores ⁵⁸ ⁵⁹, que consiste en determinar el coeficiente de extinción para una longitud de onda determinada y compararle con el obtenido con otra longitud de onda tomada como unidad. De la pendiente de la curva se sacan conclusiones acerca del grado de transformación y humificación de la materia orgánica.

La presencia de determinados cationes que saturan el humus del suelo puede hacer recomendable el tratamiento previo por otras soluciones. Springer ⁶⁰ utiliza el ácido clorhídrico para separar el calcio y el hierro, y Hock ⁵⁷ establece su factor de estabilidad, definido por el cociente de los coeficientes de extinción para extractos con oxalato sódico e hidróxido sódico, de gran interés cuando se trata de suelos saturados con calcio.

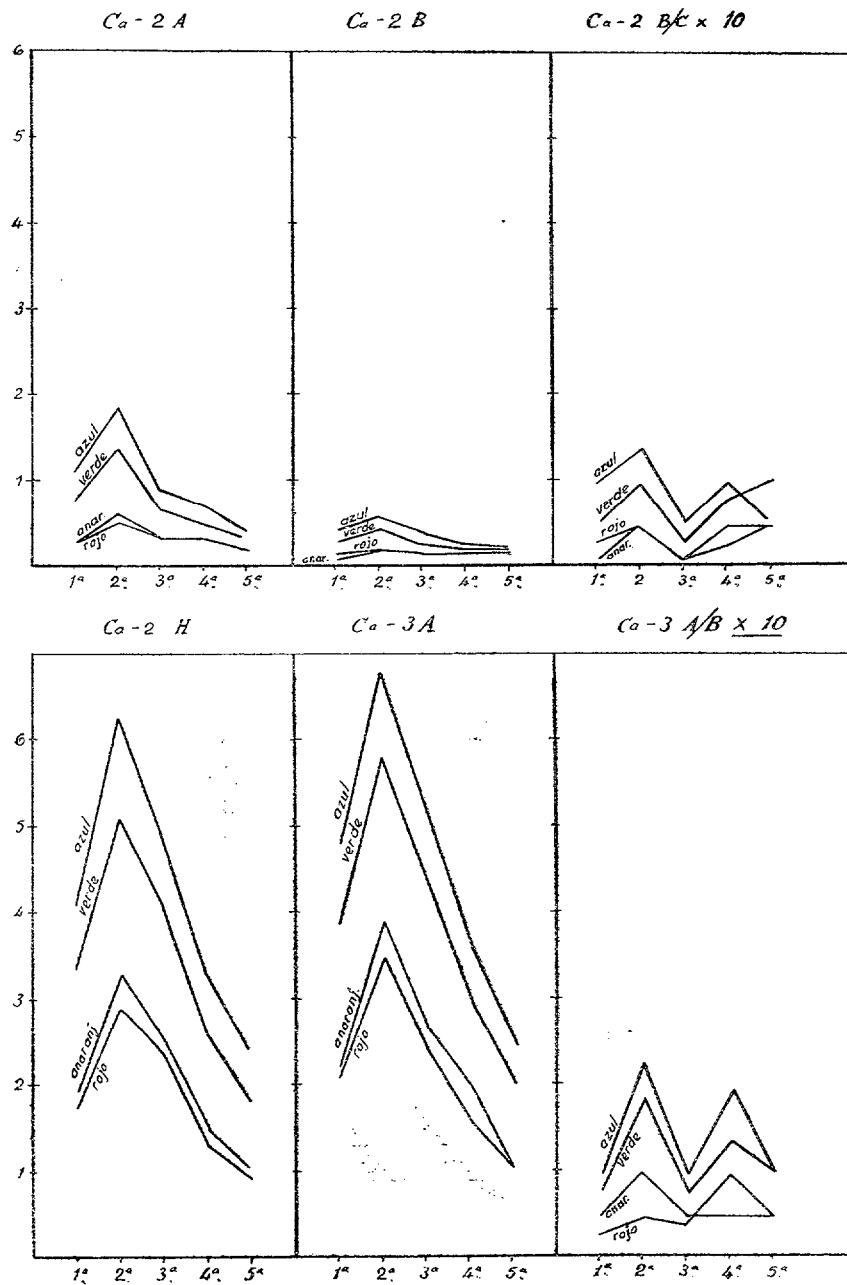


Fig.16

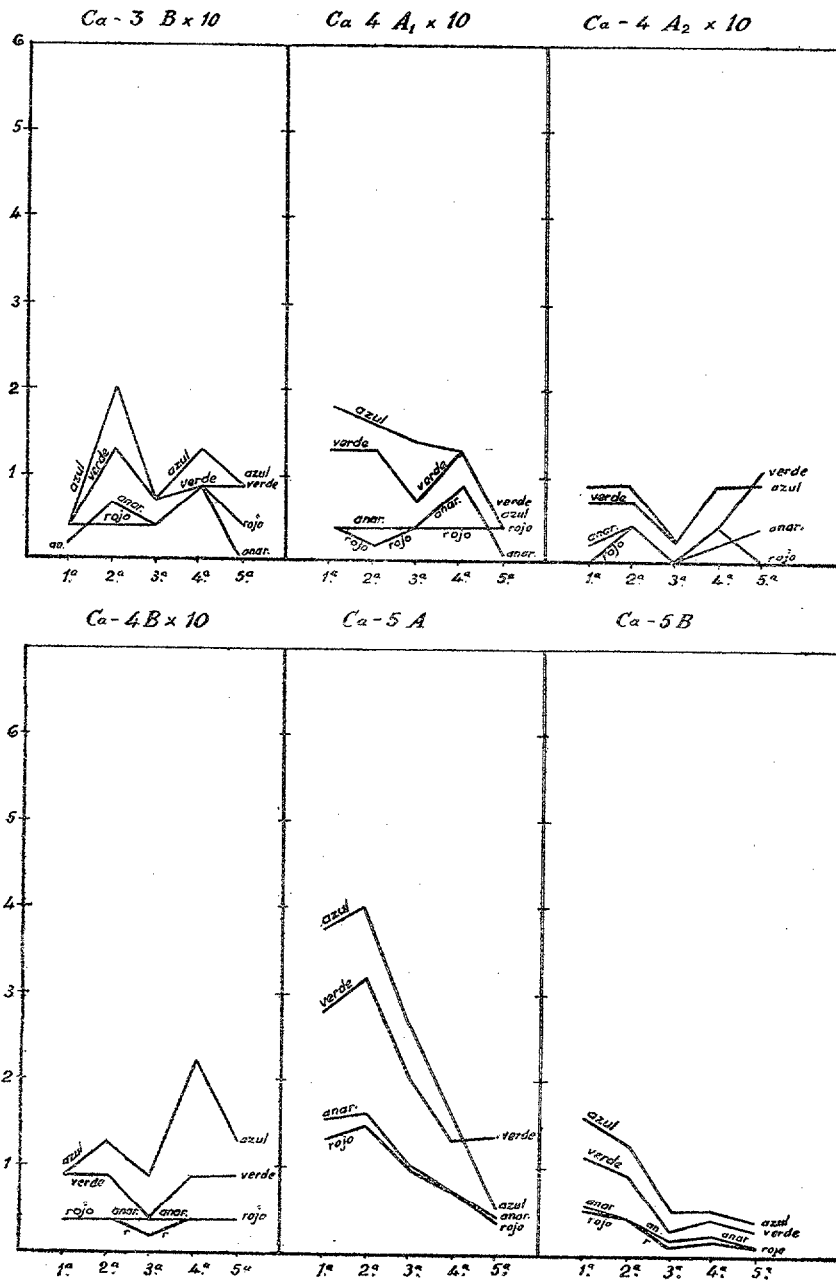


Fig.17

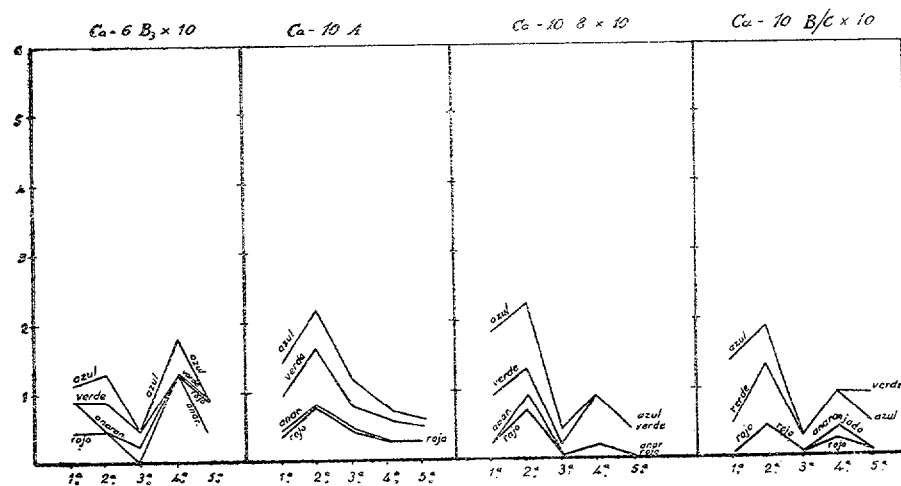
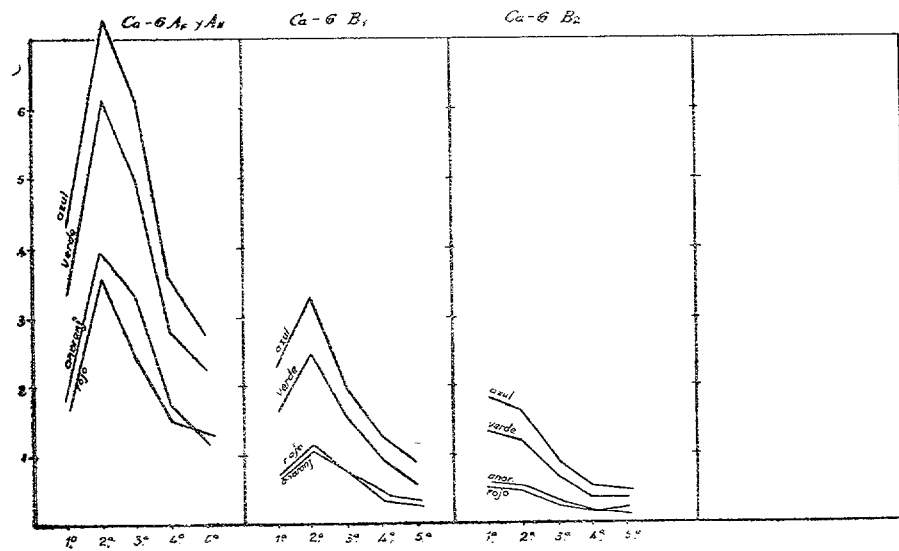


Fig.18

PARTE EXPERIMENTAL.

Se han hecho extractos con NaOH al 5 por 100 sin y con tratamiento previo por clorhídrico, siguiendo una técnica ya empleada por otros autores^{31 32}, y que consiste en lo siguiente:

Un gramo de suelo, exactamente pesado, se trata con 20 c. c. de solución de NaOH al 5 por 100, se agita y se deja reposar durante 24 horas. Se decanta el líquido que sobrenada y se colorimetra, repitiendo las extracciones según la técnica hasta cinco veces.

El tratamiento previo con clorhídrico se verifica del siguiente modo: se parte de 1 gr. de tierra y se trata con 50 gr. de ClH 1 : 1. Se deja en reposo, se decanta el líquido sobrenadante y se lava la tierra con agua destilada hasta que no dé reacción de cloruros. Una vez conseguido esto se trata con NaOH de la manera antes indicada.

De acuerdo con las normas indicadas se intentó hacer la dispersión con NaOH 0,25 N, pero los resultados obtenidos no tenían validez, ya que se dispersaba la arcilla y no se podían hacer medidas colorimétricas. Por eso se prescindió del empleo de esta concentración y sólo se hizo con NaOH al 5 por 100, sin y con tratamiento previo con ClH.

Los resultados de la dispersión con NaOH al 5 por 100, sin tratamiento previo con ClH, vienen dados para todas las muestras en las tablas 72 a y 72 b y representados gráficamente en las figuras 16 a 18.

T A B L A 72 a

Valor de las absorciones en el tratamiento con NaOH al 5 por 100 para las muestras Ca-2, Ca-3 y Ca-4.

	Ca-2				Ca-3			Ca-4		
	H	A	B	B/C	A	B/C	B	A ₁	A ₂	B
1.ª extracción.										
Rojo	1,68	0,22	0,09	0,02	2,01	0,02	0,04	0,04	0,00	0,04
Anaranjado	1,87	0,22	0,04	0,00	2,15	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
Verde	3,28	0,71	0,22	0,04	3,77	0,07	0,04	0,13	0,07	0,09
Azul	3,98	1,02	0,36	0,09	4,69	0,09	0,04	0,18	0,09	0,09

	Ca-2				Ca-3			Ca-4		
	H	A	B	B/C	A	B/C	B	A ₁	A ₂	B
2.ª extracción.										
Rojo	2,84	0,46	0,13	0,04	3,42	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04
Anaranjado	3,19	0,56	0,13	0,04	3,77	0,09	0,07	0,04	0,04	0,04
Verde	5,09	1,39	0,36	0,09	3,75	0,18	0,13	0,13	0,07	0,09
Azul	6,20	1,81	0,51	0,13	6,74	0,22	0,20	0,13	0,09	0,13
3.ª extracción.										
Rojo	2,28	0,27	0,09	0,00	2,37	0,03	0,04	0,04	0,00	0,02
Anaranjado	2,44	0,27	0,09	0,00	2,60	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04
Verde	3,98	0,61	0,18	0,02	4,32	0,07	0,07	0,07	0,02	0,04
Azul	4,90	0,86	0,32	0,04	5,09	0,09	0,07	0,14	0,04	0,09
4.ª extracción.										
Rojo	1,25	0,27	0,09	0,02	1,55	0,09	0,09	0,04	0,04	0,04
Anaranjado	1,43	0,27	0,09	0,04	1,68	0,04	0,09	0,09	0,02	0,04
Verde	2,52	0,46	0,13	0,07	2,88	0,13	0,09	0,13	0,04	0,09
Azul	3,19	0,66	0,18	0,09	3,57	0,18	0,13	0,13	0,09	0,22
5.ª extracción.										
Rojo	0,86	0,13	0,09	0,04	0,97	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04
Anaranjado	0,97	0,13	0,09	0,04	0,97	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04
Verde	1,74	0,27	0,09	0,09	1,94	0,09	0,09	0,04	0,11	0,09
Azul	2,29	0,36	0,13	0,04	2,44	0,09	0,04	0,04	0,09	0,13

Tanto en uno como en los otros se echa de ver que para todas las muestras y todas las extracciones el valor de la absorción sigue la secuencia creciente rojo → anaranjado → verde → azul, presentándose pequeñas diferencias entre el rojo y el anaranjado y máxima entre este último y el verde; por otra parte, en líneas generales, para los horizontes superficiales y sobre todo cuando los valores son altos, la máxima absorción se presenta en la segunda extracción para todos los filtros.

Sobre los líquidos extraídos en cada caso se añadió CIH para comparar el grado de precipitación. Se obtuvo de este modo la tabla 73.

Como era de esperar, se presentan las precipitaciones máximas coincidiendo con las mayores absorciones, llegando a ser nulas en aquellos casos en que la absorción es muy pequeña, índice de pequeña cantidad de materia orgánica.

Los valores obtenidos con el tratamiento previo para CIH vienen dados en las tablas 74 a y b.

T A B L A 72 b

Valor de las absorciones en el tratamiento con NaOH al 5 por 100 para las muestras Ca-5, Ca-6 y Ca-10.

	Ca-5		Ca-6				Ca-10		
	A	B	A _F	B ₁	B ₂	B ₃	A	B	E/C
1.ª extracción.									
Rojo	1,31	0,51	1,64	0,66	0,51	0,04	0,36	0,02	0,00
Anaranjado	1,55	0,56	7,74	0,71	0,56	0,09	0,41	0,02	0,00
Verde	2,84	1,19	3,33	1,61	1,31	0,09	0,92	0,09	0,04
Azul	3,77	1,61	4,25	2,29	1,88	0,11	1,37	0,18	0,13
2.ª extracción.									
Rojo	1,49	0,41	3,62	1,08	0,46	0,04	0,76	0,07	0,04
Anaranjado	1,61	0,41	3,93	1,16	0,51	0,04	0,79	0,09	0,04
Verde	3,23	0,97	6,20	2,48	1,19	0,09	1,61	0,13	0,13
Azul	4,09	1,31	7,33	3,28	1,61	0,13	2,15	0,22	0,18
3.ª extracción.									
Rojo	0,97	0,12	2,48	0,76	0,27	0,00	0,41	0,00	0,00
Anaranjado	1,02	0,18	3,28	0,76	0,32	0,02	0,46	0,00	0,00
Verde	2,08	0,27	5,00	1,55	0,66	0,04	0,76	0,02	0,02
Azul	2,68	0,51	6,09	1,94	0,92	0,04	1,15	0,04	0,02
4.ª extracción.									
Rojo	0,71	0,18	1,51	0,36	0,18	0,13	0,27	0,02	0,02
Anaranjado	0,71	0,22	1,74	0,41	0,18	0,13	0,27	0,02	0,04
Verde	1,34	0,41	2,84	0,92	0,36	0,13	0,56	0,09	0,09
Azul	1,68	0,51	3,57	1,25	0,51	0,18	0,71	0,09	0,09
5.ª extracción.									
Rojo	0,36	0,09	0,34	0,27	0,12	0,09	0,27	0,00	0,00
Anaranjado	0,41	0,13	1,25	0,32	0,18	0,04	0,27	0,00	0,00
Verde	1,37	0,27	2,29	0,56	0,36	0,09	0,46	0,04	0,09
Azul	0,51	0,36	2,76	0,86	0,46	0,09	0,56	0,04	0,04

El comportamiento es análogo al del caso anterior, salvo que en este caso el máximo de absorción se presenta en general para la primera extracción.

Una precipitación con CIH de los líquidos extraídos con sosa al 5 por 100 nos dan los valores que expresamos en la tabla 75.

Los resultados tienen analogías con los obtenidos anteriormente.

Tiene interés el comparar los resultados obtenidos por tratamiento previo con CIH y sin dicho tratamiento, pero para ello sólo vamos

T A B L A 73

Grado de precipitación de las extracciones con NaOH tratadas con ClH.

Muestras	1.ª extrac.	2.ª extrac.	3.ª extrac.	4.ª extrac.	5.ª extrac.
Ca-H	Buena.	Intensa.	Intensa.	Buena.	Buena.
A	Intensa.	Intensa.	Buena.	Mediana.	Nula.
B	Nula.	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.
B/C	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-3A	Mediana.	Intensa.	Intensa.	Intensa.	Buena.
A/B	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
B	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca4A ₁	Buena.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
A ₂	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
B	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-5A	Buena.	Buena.	Buena.	Mediana.	Mediana.
B	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Nula.
Ca-6A _F	Buena.	Muy int.	Intensa.	Buena.	Mediana.
B ₁	Mediana.	Buena.	Buena.	Buena.	Mediana.
B ₂	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Nula.	Mediana.
B ₃	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-10A	Mediana.	Buena.	Buena.	Mediana.	Nula.
B	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
B/C	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.

T A B L A 74 a

Valor de las absorciones en el tratamiento con NaOH de muestras previamente tratadas con ClH para los suelos Ca-2, Ca-3 y Ca-4.

	Ca-2				Ca-3			Ca-4		
	H	A	B	B/C	A	A/B	B	A ₁	A ₂	B
1.ª extracción.										
Rojo	10,27	1,37	0,09	0,02	15,69	0,22	0,09	0,03	0,02	0,02
Anaranjado ..	11,27	1,55	0,18	0,04	16,58	0,22	0,07	0,04	0,02	0,04
Verde	12,37	2,68	0,32	0,09	16,78	0,41	0,13	0,09	0,04	0,07
Azul	13,01	3,37	0,51	0,09	16,99	0,51	0,18	0,11	0,09	0,09
2.ª extracción.										
Rojo	10,97	1,43	0,18	0,09	8,70	0,13	0,09	0,09	0,04	0,04
Anaranjado ..	11,15	1,49	0,18	0,09	9,47	0,18	0,13	0,09	0,09	0,09
Verde	12,68	2,52	0,32	0,13	10,97	0,32	0,13	0,09	0,09	0,09
Azul	13,01	3,28	0,51	0,18	11,15	0,32	0,22	0,13	0,09	0,13
3.ª extracción.										
Rojo	4,17	0,41	0,09	0,02	2,80	0,00	0,04	0,04	0,00	0,04
Anaranjado ..	4,95	0,46	0,09	0,04	3,10	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04
Verde	6,99	0,86	0,13	0,09	4,63	0,09	0,04	0,09	0,07	0,04
Azul	7,96	1,19	0,18	0,09	5,47	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

	Ca-2				Ca-3			Ca-4		
	H	A	B	B/C	A	A/B	B	A ₁	A ₂	B
4.ª extracción.										
Rojo	2,22	0,27	0,09	0,04	1,31	0,04	0,04	0,04	0,00	0,04
Anaranjado ..	2,29	0,27	0,04	0,09	1,37	0,09	0,04	0,04	0,00	0,04
Verde	3,57	0,51	0,04	0,09	2,08	0,13	0,09	0,09	0,04	0,09
Azul	4,20	0,66	0,13	0,13	2,63	0,13	0,09	0,09	0,04	0,09
5.ª extracción.										
Rojo	0,81	0,13	0,02	0,00	0,18	0,04	0,04	0,04	0,00	0,02
Anaranjado ..	0,97	0,18	0,04	0,02	0,22	0,04	0,04	0,04	0,00	0,02
Verde	1,49	0,27	0,09	0,09	0,27	0,09	0,09	0,09	0,04	0,07
Azul	1,81	0,41	0,09	0,09	0,36	0,09	0,13	0,09	0,04	0,09

TABLA 74 b

Valor de las absorciones en el tratamiento con NaOH de muestras previamente tratadas con ClH para los suelos Ca-5, Ca-6 y Ca-10.

	Ca-5		Ca-6				Ca-10		
	A	B	A _F	B ₁	B ₂	B ₃	A	B	B/C
1.ª extracción.									
Rojo	5,85	0,86	5,56	1,94	0,51	0,02	0,27	0,04	0,02
Anaranjado	6,38	0,97	6,09	2,08	0,56	0,02	0,27	0,04	0,04
Verde	8,39	1,68	8,10	3,47	1,08	0,04	0,51	0,09	0,09
Azul	9,14	2,15	9,10	4,20	1,49	0,09	0,66	0,09	0,09
2.ª extracción.									
Rojo	2,22	0,46	4,82	1,14	0,36	0,04	0,56	0,04	0,04
Anaranjado	2,37	0,75	5,23	1,25	0,41	0,04	0,76	0,04	0,04
Verde	3,87	1,02	7,21	1,44	0,81	0,13	0,97	0,09	0,09
Azul	4,82	1,34	8,10	3,01	1,25	0,18	0,86	0,13	0,04
3.ª extracción.									
Rojo	0,97	0,21	2,08	0,61	0,32	0,04	0,27	0,04	0,09
Anaranjado	1,08	0,36	2,18	0,66	0,36	0,04	0,61	0,09	0,09
Verde	2,01	0,71	3,82	1,25	0,71	0,09	0,66	0,09	0,09
Azul	2,52	0,86	4,69	1,61	0,92	0,09	0,97	0,09	0,09
4.ª extracción.									
Rojo	0,51	0,18	0,91	0,27	0,18	0,04	0,13	0,04	0,04
Anaranjado	0,56	0,18	0,97	0,27	0,18	0,04	0,13	0,04	0,04
Verde	1,02	0,22	1,74	0,56	0,27	0,09	0,22	0,09	0,09
Azul	1,25	0,27	2,22	0,66	0,36	0,09	0,27	0,09	0,09
5.ª extracción.									
Rojo	0,27	0,09	0,36	0,13	0,09	0,02	0,07	0,04	0,02
Anaranjado	0,66	0,13	0,36	0,18	0,13	0,02	0,07	0,04	0,04
Verde	0,56	0,18	0,81	0,27	0,32	0,07	0,09	0,07	0,07
Azul	0,66	0,18	1,08	0,32	0,37	0,09	0,09	0,09	0,09

T A B L A 75

Grado de precipitación con ClH de las extracciones con NaOH al 5 por 100.

Muestra	1.ª extrac.	2.ª extrac.	3.ª extrac.	4.ª extrac.	5.ª extrac.
Ca-2 A	Intensa.	Intensa.	Buena.	Mediana.	Mediana.
B	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Nula.	Nula.
B/C	Muy inten.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
H	Muy inten.	Muy inten.	Muy inten.	Intensa.	Buena.
Ca-3 A	Mediana.	Muy inten.	Muy inten.	Muy inten.	Mediana.
A/B	Nula.	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.
B	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-4 A ₁	Muy inten.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
A ₂	Buena.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
B	Muy inten.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-5 A	Intensa.	Intensa.	Intensa.	Buena.	Mediana.
B	Buena.	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Mediana.
Ca-6 A _p	Buena.	Muy inten.	Muy inten.	Intensa.	Buena.
B ₁	Nula.	Buena.	Buena.	Mediana.	Mediana.
B ₂	Nula.	Mediana.	Mediana.	Mediana.	Mediana.
B ₃	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
Ca-10 A	Nula.	Mediana.	Nula.	Nula.	Nula.
B	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.
B/C	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.	Nula.

a escoger las muestras pertenecientes a los horizontes superiores y en algunos casos otros horizontes.

En ellos estudiaremos los valores comparados de las absorciones para los distintos filtros sin y con tratamiento previo con ClH, que representamos respectivamente con NaOH y ClH en las tablas. Además hallamos el valor de la razón de estas absorciones.

Por otra parte, un índice de la transformación de la materia orgánica viene expresado por la razón de las absorciones por los distintos

T A B L A 76

Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1.ª	0,22	1,37	0,22	1,55	0,71	2,67	1,02	3,37
2.ª	0,46	1,43	0,56	1,49	1,39	2,52	1,81	3,28
3.ª	0,27	0,41	0,27	0,46	0,61	0,86	0,86	1,19
4.ª	0,27	0,27	0,27	0,27	0,46	0,51	0,66	0,66
5.ª	0,13	0,13	0,13	0,18	0,27	0,27	0,36	0,41

filtros referidos al rojo como unidad, cociente que será tanto más pequeño cuanto más oscuro sea el color, lo que a su vez es una expresión de dicho grado de transformación. La razón de estos cocientes viene también expresada en otras tablas.

Para la muestra Ca-2 A tenemos las tablas 76-79.

T A B L A 77

Absorción con ClH
Razón $\frac{\text{Absorción con ClH}}{\text{Absorción con NaOH}}$

Extracciones	Rojo	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	6,23	7,04	3,77	3,30
2. ^a	3,11	2,66	1,81	1,81
3. ^a	1,52	1,70	1,41	1,00
4. ^a	1,00	1,00	1,11	1,00
5. ^a	1,00	1,38	1,00	1,14

T A B L A 78

Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,00	1,12	3,23	1,95	4,64	2,45
2. ^a	1,21	1,03	3,02	1,76	3,93	2,29
3. ^a	1,00	1,12	2,26	2,10	3,18	2,90
4. ^a	1,00	1,00	1,70	1,88	2,44	2,44
5. ^a	1,00	1,38	2,07	2,07	2,77	4,00

T A B L A 79

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	1,12	0,60	0,52
2. ^a	0,85	0,58	0,58
3. ^a	1,12	0,92	0,91
4. ^a	1,00	1,10	1,00
5. ^a	1,38	1,00	1,44

Observaciones.

Con NaOH la máxima absorción se presenta en la segunda extracción. En general no hay mucha diferencia entre ellas, con tendencia a la disminución. Siempre la máxima absorción corresponde al azul. Anaranjado y rojo son bastante análogas.

Con ClH la máxima absorción corresponde en general a la primera extracción para todos los colores. Las dos primeras son altas, y luego hay una disminución fuerte para todos los colores. La máxima absorción corresponde siempre al azul, siendo anaranjado y rojo bastante análogos.

La relación ClH/NaOH es máxima para todos los colores en la primera extracción, disminuye bastante en la segunda y tiende a 1 a partir de ésta, siendo siempre igual o superior a ese número. Es máxima para el rojo o el anaranjado y disminuye hacia el azul.

T A B L A 80

Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,68	10,27	1,87	11,25	3,28	12,37	3,98	13,01
2. ^a	2,84	10,97	3,19	11,15	5,09	12,68	6,20	13,01
4. ^a	2,28	4,17	2,44	4,95	3,98	6,99	4,90	7,96
4. ^a	1,25	2,22	1,43	2,29	2,52	3,57	3,19	4,20
5. ^a	0,86	0,81	0,97	0,97	1,74	1,49	2,29	1,81

T A B L A 81

Absorción con ClH
Razón —————
Absorción con NaOH

Extracciones	Rojos	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	6,11	6,01	3,77	3,26
2. ^a	3,86	3,49	2,49	2,09
3. ^a	1,82	2,02	1,75	1,62
4. ^a	1,77	1,69	1,41	1,31
5. ^a	0,94	1,00	0,85	0,79

La relación de absorción con el rojo como unidad crece del anaranjado al azul, tanto para NaOH como ClH, y en todas las extracciones, siendo mayor para la NaOH que para el ClH. Por esto los cocientes ClH/NaOH son menores que la unidad y disminuyen hacia el azul para las primeras extracciones, tendiendo luego a 1.

Para la muestra Ca-2 H los valores vienen dados en las tablas 80-83.

T A B L A 82

Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,11	1,09	1,95	1,20	2,37	1,26
2. ^a	1,12	1,01	1,79	1,15	2,18	1,18
3. ^a	1,07	1,18	1,74	1,67	2,14	1,90
4. ^a	1,14	1,03	2,01	1,60	2,55	1,89
5. ^a	1,12	1,19	2,02	1,83	2,66	2,23

T A B L A 83

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

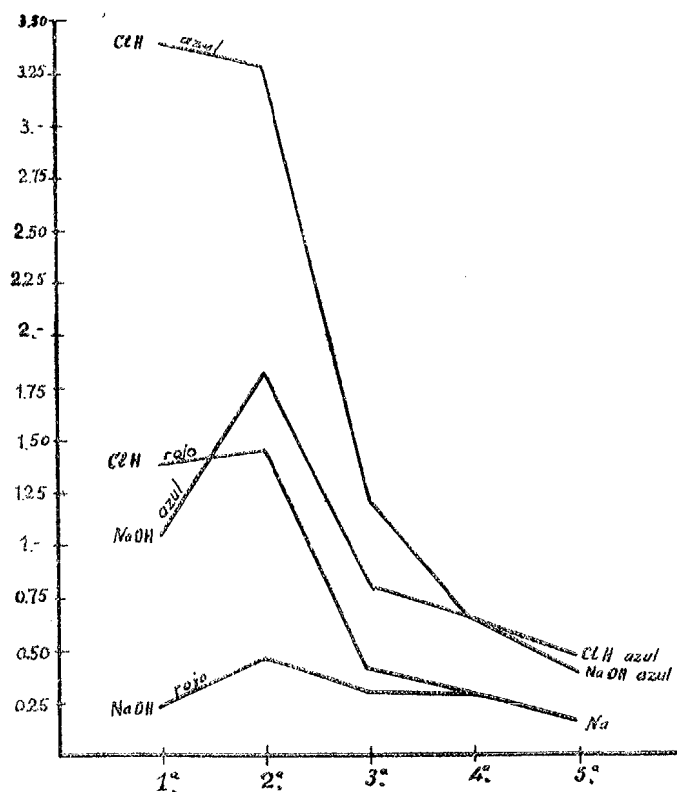
Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	0,98	0,61	0,53
2. ^a	0,90	0,64	0,54
3. ^a	1,10	0,95	0,88
4. ^a	0,90	0,79	0,74
5. ^a	1,06	0,90	0,83

Observaciones.

Las consideraciones son prácticamente iguales que en 2 A.

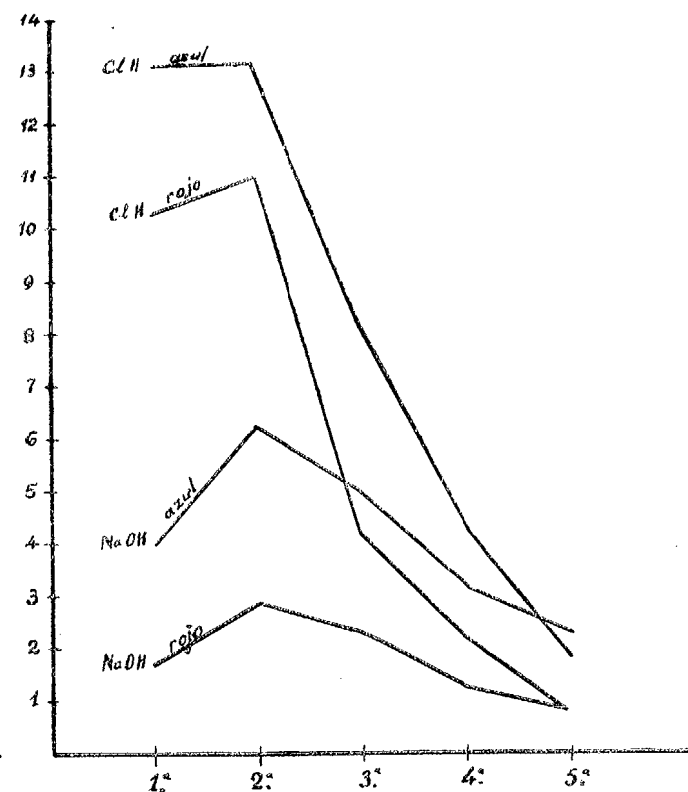
Los gráficos 19 y 20 representan los valores de las absorciones para los filtros extremos, azul y rojo, de ClH y NaOH para las muestras Ca-2 A y Ca-2 H; en ellos se manifiestan bien las diferencias.

El gráfico 21 se refiere al cociente de las absorciones expresadas por las tablas 77 y 81 para las dos primeras extracciones.



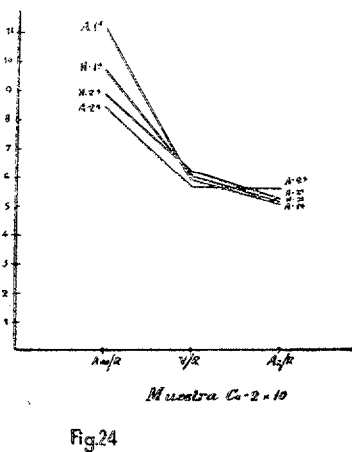
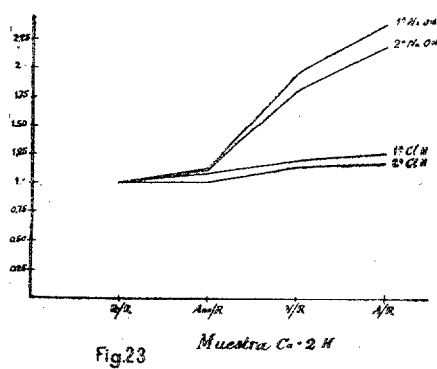
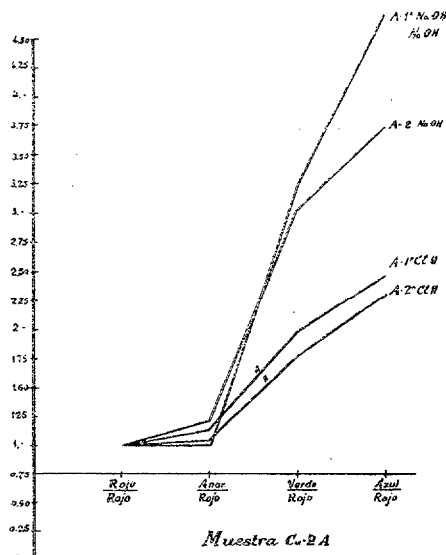
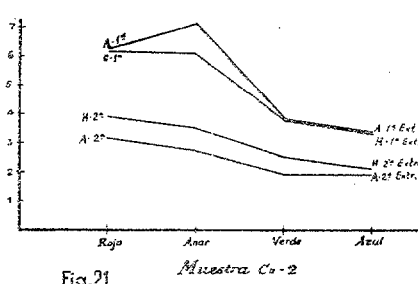
Muestra Ca-2 A

Fig.19



Muestra Ca 2 H

Fig.20



Los gráficos 22 y 23 muestran los valores de los cocientes de las absorciones para los distintos filtros y las dos primeras absorciones; se aprecia que resulta bastante mayor para la extracción con NaOH, y superiores tanto en ese tratamiento como en el otro para la primera extracción.

T A B L A 84
Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	2,01	15,69	2,15	16,58	3,77	16,78	4,69	16,99
2. ^a	3,42	8,70	3,77	9,47	5,75	10,97	6,74	11,15
3. ^a	2,37	2,80	2,60	3,10	4,32	4,63	5,09	5,47
4. ^a	1,55	1,31	1,68	1,37	2,88	2,08	3,57	2,68
5. ^a	0,97	0,18	0,97	0,22	1,94	0,27	2,44	0,36

T A B L A 85
Razón $\frac{\text{Absorción con ClH}}{\text{Absorción con NaOH}}$

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
1. ^a	7,80		7,71		4,45		3,62	
2. ^a	2,54		2,51		1,90		1,65	
3. ^a	1,18		1,19		1,07		1,07	
4. ^a	0,84		0,83		0,72		0,74	
5. ^a	0,18		0,22		0,13		0,14	

T A B L A 86
Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,07	1,05	1,87	1,06	2,33	1,08
2. ^a	1,10	1,08	1,68	1,26	1,97	1,28
3. ^a	1,09	1,10	1,82	1,65	2,14	1,95
4. ^a	1,08	1,04	1,85	1,58	2,30	2,04
5. ^a	1,00	1,22	2,00	1,50	2,51	2,00

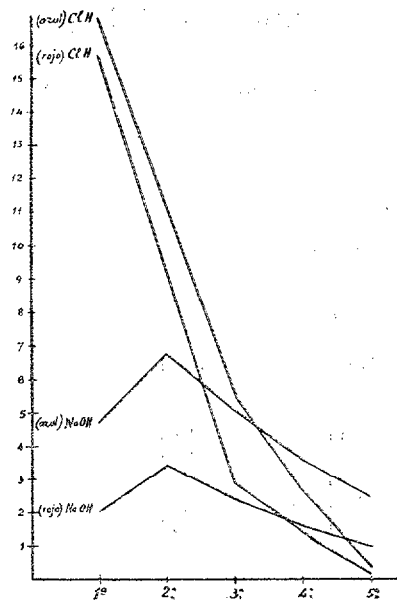


Fig. 25 Muestra Co-3A

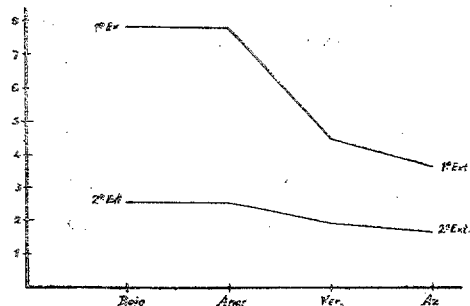


Fig. 26 Muestra Co-3

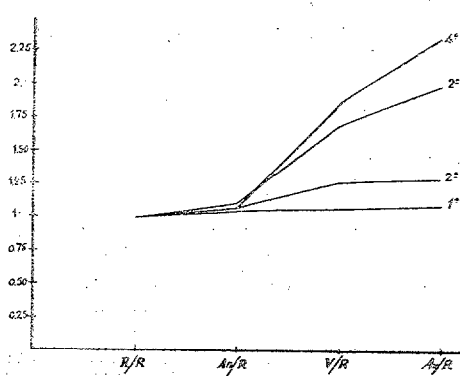


Fig. 27

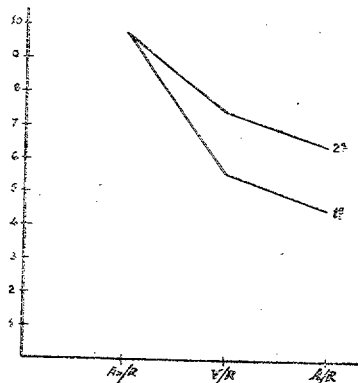


Fig. 28 Muestra Co-3 x 10

El gráfico 24 da idea de los valores de las razones de los cocientes anteriores y se puede leer cómo disminuye fuertemente hacia el azul, más para la primera extracción.

Las tablas 84-87 que exponemos a continuación expresan los resultados para la muestra Ca-3 A.

T A B L A 87
Tabla de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	0,98	0,56	0,16
2. ^a	0,98	0,75	0,65
3. ^a	1,01	0,90	0,91
4. ^a	0,96	0,85	0,88
5. ^a	1,22	0,75	0,80

Observaciones.

Los valores de las absorciones son altos, tanto para el ClH como para el NaOH, de manera que los cocientes ClH/NaOH tienen casi los mismos valores que para las muestras anteriores. Únicamente el ClH agota mucho antes que la NaOH y por eso los valores de los cocientes en las últimas extracciones son muy bajos.

En lo que respecta a los cocientes anaranjado/rojo, etc., se ve

T A B L A 88
Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	0,04	0,03	0,04	0,04	0,13	0,09	0,18	0,11
2. ^a	0,02	0,09	0,04	0,09	0,13	0,09	0,13	0,13
3. ^a	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,09	0,14	0,09
4. ^a	0,04	0,04	0,09	0,04	0,13	0,09	0,13	0,09
5. ^a	0,04	0,04	0,00	0,04	0,04	0,09	0,04	0,09

que con ClH y para la primera extracción se obtienen valores bajos, lo que parece indicar buena humificación. Los valores son más altos para NaOH, y los más pequeños se obtienen en la segunda extracción, que por otra parte presenta la máxima humificación.

Los gráficos 25-28 dan cuenta de los resultados numéricos de las tablas anteriores y de la analogía en el comportamiento con las muestras del perfil 2.

Para las muestras 4-A₁ tenemos las tablas 88-91.

T A B L A 89
Absorción con ClH
Razón —————
Absorción con NaOH

Extracciones	Rojo	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	0,75	1,00	0,65	0,61
2. ^a	4,50	2,50	0,69	1,00
3. ^a	1,00	1,00	1,28	0,64
4. ^a	1,00	0,44	0,69	0,69
5. ^a	1,00	—	2,50	2,50

T A B L A 90
Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,00	1,33	3,25	3,00	4,50	3,66
2. ^a	2,00	1,00	6,50	1,00	6,50	1,44
3. ^a	1,00	1,00	1,75	2,50	3,50	2,50
4. ^a	2,50	1,00	3,25	2,50	3,25	2,50
5. ^a	—	1,00	1,00	2,50	1,00	2,50

Observaciones.

Los valores de las absorciones son muy bajos e irregulares; como son muy análogos, tiene poco valor el establecer máximos, y el valor de los cocientes tampoco es significativo. Los valores de anaranjado/rojo, etc., suelen ser altos a partir del verde, también con alguna irregularidad que se manifiesta asimismo en los cocientes de estos valores para ClH/NaOH. Tiene muy poco interés y no se puede sacar conclusión alguna.

T A B L A 91

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	1,33	0,92	0,81
2. ^a	0,50	0,15	0,22
3. ^a	1,00	1,42	0,71
4. ^a	0,40	0,76	0,76
5. ^a	—	2,50	2,50

Los gráficos 29-32 corresponden asimismo a esta muestra.

La muestra 5 A, por su comportamiento y valores, es intermedia entre la 3 A y la 2 A, como lo indican las tablas 92-95.

T A B L A 92

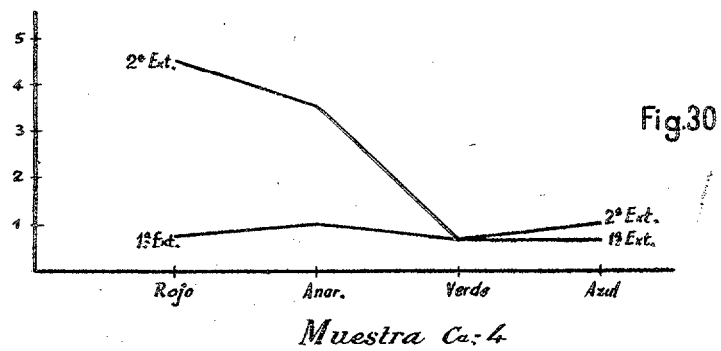
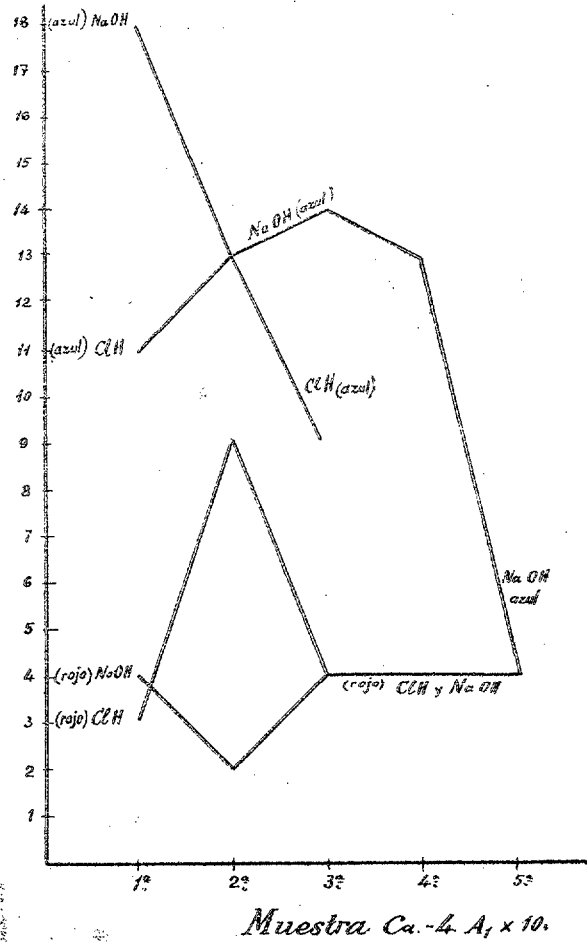
Valores para las absorciones.

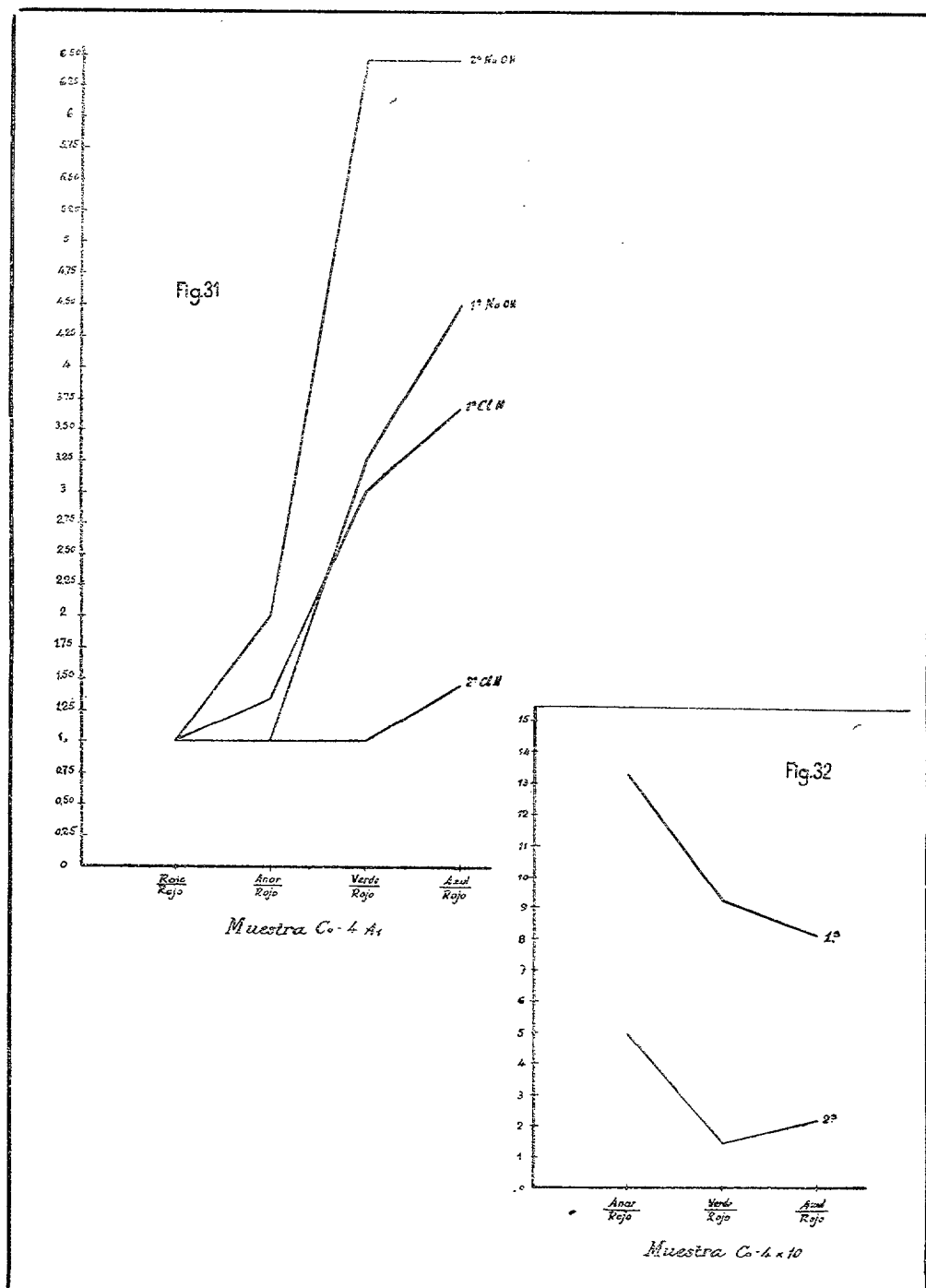
Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,31	5,85	1,55	6,38	2,84	8,39	3,77	9,14
2. ^a	1,49	2,22	1,61	2,37	3,23	3,87	4,09	4,82
3. ^a	0,97	0,97	1,02	1,08	2,08	2,01	2,68	2,52
4. ^a	0,71	0,51	0,71	0,56	1,34	1,02	1,68	1,25
5. ^a	0,36	0,27	0,41	0,66	1,37	0,56	0,51	0,66

T A B L A 93

Razón — *Absorción con ClH*
Absorción con NaOH

Extracciones	Rojo	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	4,46	4,11	2,95	2,45
2. ^a	1,49	1,48	1,19	1,18
3. ^a	1,00	1,06	0,96	0,94
4. ^a	0,71	0,80	0,76	0,74
5. ^a	0,75	1,60	0,40	1,29





T A B L A 94
Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,18	1,09	2,16	1,43	2,87	1,56
2. ^a	1,08	1,06	2,17	1,74	2,74	2,17
3. ^a	1,05	1,11	2,14	2,07	2,76	2,59
4. ^a	1,00	1,09	1,88	2,00	2,36	2,45
5. ^a	1,14	2,44	3,80	2,07	1,41	2,44

T A B L A 95
Razón de los cocientes ClH/NaOH.

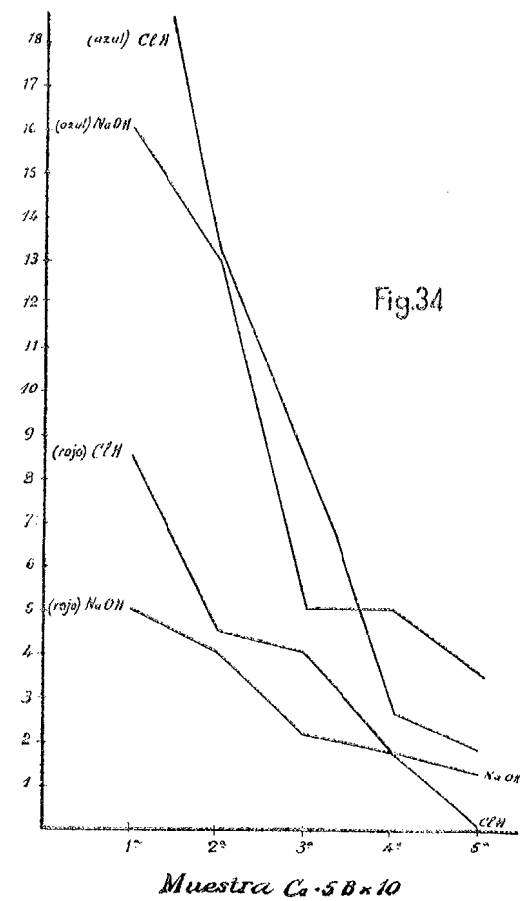
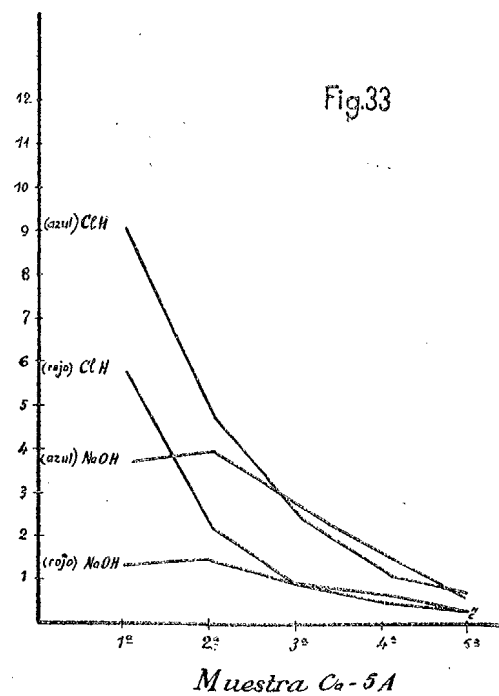
Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Roj o	Roj o	Roj o
1. ^a	0,92	0,66	0,54
2. ^a	0,89	0,80	0,79
3. ^a	1,05	0,96	0,94
4. ^a	1,09	1,06	1,03
5. ^a	1,26	0,54	1,73

T A B L A 96
Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	0,51	0,86	0,56	0,97	1,19	1,68	1,61	2,15
2. ^a	0,41	0,46	0,41	0,75	0,97	1,02	1,31	1,34
3. ^a	0,12	0,21	0,18	0,36	0,27	0,71	0,51	0,86
4. ^a	0,18	0,18	0,22	0,18	0,41	0,22	0,51	0,27
5. ^a	0,13	0,09	0,13	0,13	0,27	0,18	0,36	0,18

Observaciones.

En cuanto a la 5 B es también análoga, pero la diferencia estriba en que aquí la absorción para la NaOH es máxima en la primera extracción, en vez de en la segunda, como sucedía en las anteriores, y disminuye mucho de la segunda y tercera y restantes. Por eso el valor de los cocientes ClH/NaOH en la primera extracción es menor



que en otras muestras, y en extracciones sucesivas aumenta irregularmente. Las tablas 96-99 y los gráficos 33 y 34 dan cuenta de estos hechos. Se puede notar que el valor de las absorciones es bastante bajo.

T A B L A 97

Extracciones	<i>Razón</i>			
	<i>Absorción con ClH</i>		<i>Absorción con NaOH</i>	
	Rojó	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	1,68	1,73	1,41	1,33
2. ^a	1,12	1,83	1,05	1,02
3. ^a	1,75	2,00	2,63	1,68
4. ^a	1,00	0,81	0,53	0,52
5. ^a	0,69	1,00	0,66	0,50

T A B L A 98

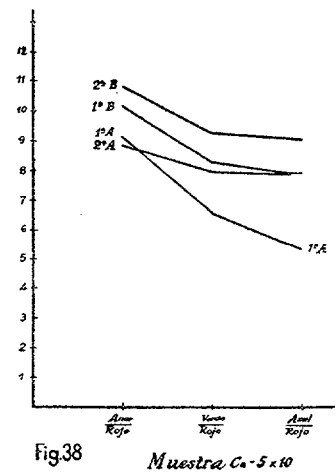
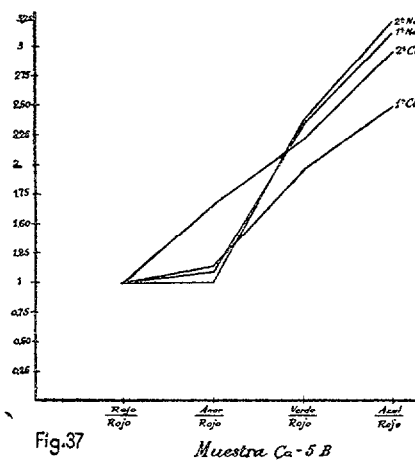
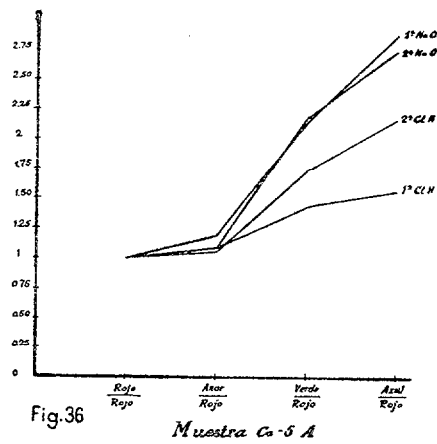
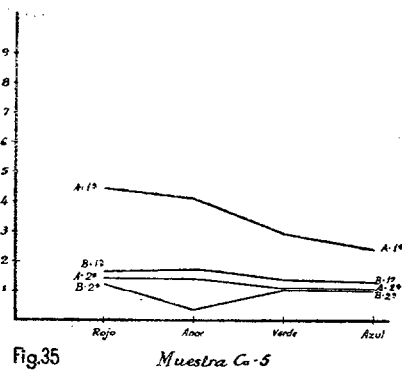
Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojó		Rojó		Rojó	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,09	1,12	2,33	1,95	3,15	2,50
2. ^a	1,50	1,63	2,63	2,21	3,19	2,91
3. ^a	0,81	1,71	1,22	1,73	2,31	2,09
4. ^a	1,22	1,00	2,27	1,22	2,83	1,50
5. ^a	1,00	1,44	2,07	2,00	2,76	2,00

T A B L A 99

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojó	Rojó	Rojó
1. ^a	1,02	0,82	0,79
2. ^a	1,08	0,93	0,91
3. ^a	1,07	1,41	0,90
4. ^a	0,82	0,83	0,53
5. ^a	1,44	0,96	0,72



Observaciones.

Las diferencias con la 2 A es que aquí la absorción para la NaOH es máxima para todos los colores en la primera extracción y disminuye mucho de segunda a tercera, más incluso que para el ClH. Por lo demás, las analogías son grandes.

Los gráficos 35-38 dan cuenta de los valores deducidos de las tablas.

T A B L A 100
Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,64	5,56	1,74	6,09	3,33	8,10	4,25	9,10
2. ^a	3,62	4,82	3,93	5,23	6,20	7,21	7,33	8,10
3. ^a	2,48	2,08	3,28	2,18	5,00	3,82	6,09	4,69
4. ^a	1,51	0,92	1,74	0,97	2,84	1,74	3,57	2,22
5. ^a	1,31	0,36	1,25	0,36	2,29	0,81	2,76	1,08

T A B L A 101

Extracciones	<i>Razón</i> $\frac{\text{Absorción con ClH}}{\text{Absorción con NaOH}}$			
	Rojo		Verde	
	Anaranjado		Azul	
1. ^a	3,39	3,50	2,43	2,15
2. ^a	1,33	1,33	1,16	1,10
3. ^a	0,83	0,66	0,76	0,77
4. ^a	0,60	0,55	0,61	0,62

T A B L A 102
Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,06	1,09	2,03	1,45	2,59	1,63
2. ^a	1,08	1,08	1,71	1,49	2,02	1,69
3. ^a	1,32	1,04	2,01	1,83	2,45	2,25
4. ^a	1,15	1,05	1,88	1,89	2,36	2,41
5. ^a	0,95	1,00	1,74	2,25	2,10	3,00

También las muestras 6 A_F y A_H y 6 B_I se comportan de igual manera, si bien en la última los valores son más bajos. Las tablas 100-103 corresponden a la primera muestra y las 103-106 a la 6 B_I.

T A B L A 103

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	1,02	0,71	0,62
2. ^a	1,00	0,87	0,83
3. ^a	0,78	0,91	0,91
4. ^a	0,91	1,00	1,02
5. ^a	1,05	1,29	1,49

Observaciones.

Se comporta de un modo análogo a la 2 A.

T A B L A 104

Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	0,66	1,94	0,71	2,08	1,61	3,47	2,39	4,20
2. ^a	1,08	1,14	1,16	1,25	2,48	1,44	3,28	3,01
3. ^a	0,76	0,61	0,76	0,66	1,55	1,25	1,94	1,61
4. ^a	0,36	0,27	0,41	1,27	1,92	0,56	1,25	0,66
5. ^a	0,27	0,13	0,32	0,18	0,56	0,27	0,80	0,32

T A B L A 105

Absorción con ClH

Razón

Absorción con NaOH

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
1. ^a	2,94		2,92		2,25		1,84	
2. ^a	1,05		1,08		0,58		0,92	
3. ^a	0,80		0,86		0,80		0,82	
4. ^a	0,65		0,60		0,60		0,52	
5. ^a	0,48		0,56		0,48		0,37	

T A B L A 106

Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,07	1,07	2,43	1,79	3,46	2,16
2. ^a	1,07	1,09	2,29	1,26	3,03	2,64
3. ^a	1,00	1,09	2,03	2,04	2,57	2,63
4. ^a	1,13	1,00	2,55	2,07	3,47	2,44
5. ^a	1,19	1,38	2,07	2,07	3,13	2,46

T A B L A 107

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojos	Rojos	Rojos
1. ^a	1,00	0,73	0,62
2. ^a	1,00	0,73	0,62
3. ^a	1,08	1,00	1,02
4. ^a	0,88	0,81	0,70
5. ^a	1,15	1,00	0,77

Observaciones.

Se comporta como la muestra 6 A, pero con valores más bajos.

Las tablas 108-111, pertenecientes a la muestra 6 B₂, indican análogo comportamiento, y sobre todo que aquí el tratamiento con ClH no influye o incluso lo hace negativamente.

T A B L A 108

Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	0,51	0,51	0,56	0,56	1,31	1,08	1,88	1,49
2. ^a	0,46	0,36	0,51	0,41	1,19	0,81	1,61	1,25
3. ^a	0,27	0,32	0,32	0,36	0,66	0,71	0,81	0,92
4. ^a	0,18	0,18	0,18	0,18	0,36	0,27	0,51	0,36
5. ^a	0,12	0,09	0,18	0,13	0,36	0,32	0,46	0,37

T A B L A 109

Extracciones	<i>Razón</i> $\frac{\text{Absorción con ClH}}{\text{Absorción con NaOH}}$			
	Roj o	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	1,00	1,00	0,82	0,79
2. ^a	0,78	0,80	0,68	0,77
3. ^a	1,18	1,12	1,07	1,00
4. ^a	1,00	1,00	0,75	0,70
5. ^a	0,75	0,72	0,88	0,80

T A B L A 110

Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	R o j o		R o j o		R o j o	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,09	1,09	2,56	2,11	3,68	2,92
2. ^a	1,10	1,13	2,58	2,25	3,50	3,47
3. ^a	1,18	1,12	2,44	2,21	3,40	3,40
4. ^a	1,00	1,00	2,00	1,50	2,83	2,00
5. ^a	1,50	1,44	3,00	3,55	3,83	4,11

T A B L A 111

Razón de los cocientes ClH/NaOH.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Roj o	Roj o	Roj o
1. ^a	1,00	0,82	0,79
2. ^a	1,02	0,85	0,99
3. ^a	0,98	0,90	1,00
4. ^a	1,00	0,75	0,70
5. ^a	0,96	1,80	1,07

Observaciones.

Las gráficas 39-46 corresponden a estas muestras.

En el caso de la muestra 10 A, tanto el tratamiento con NaOH

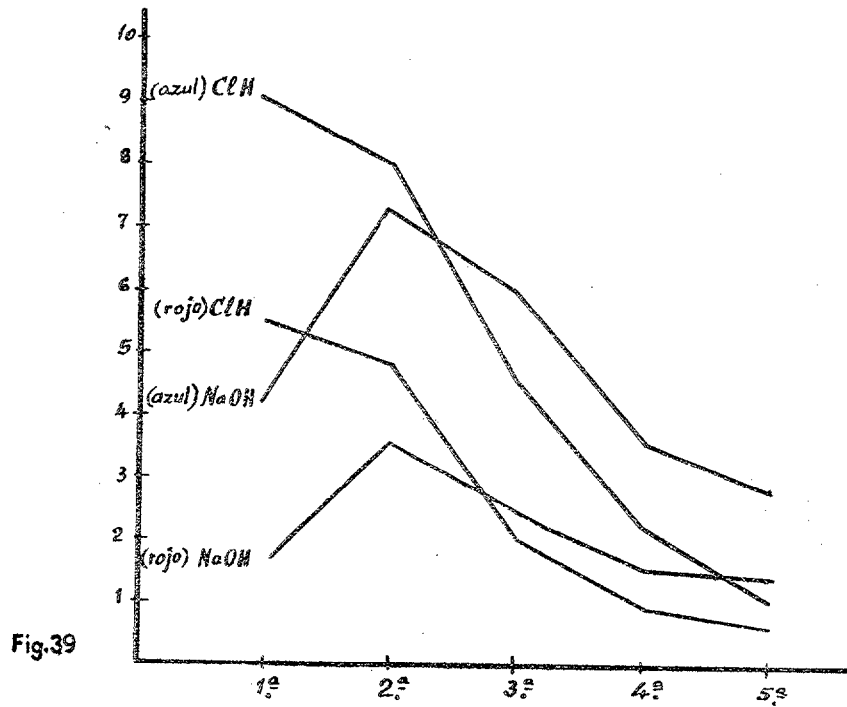
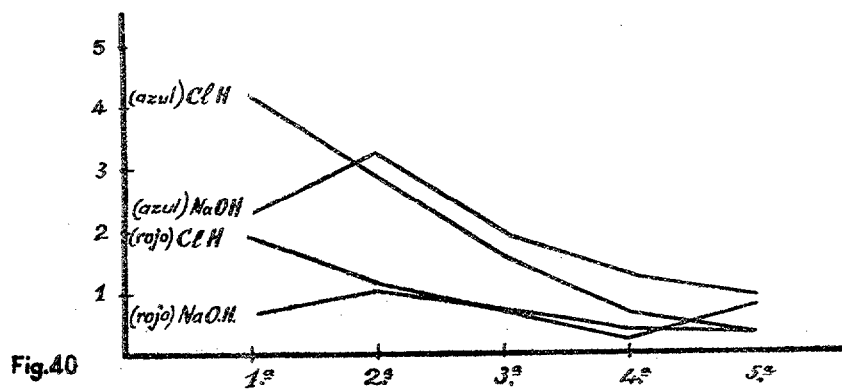
Muestra Ca-6 A_r y A_HMuestra Ca-6 B₃

Fig.41

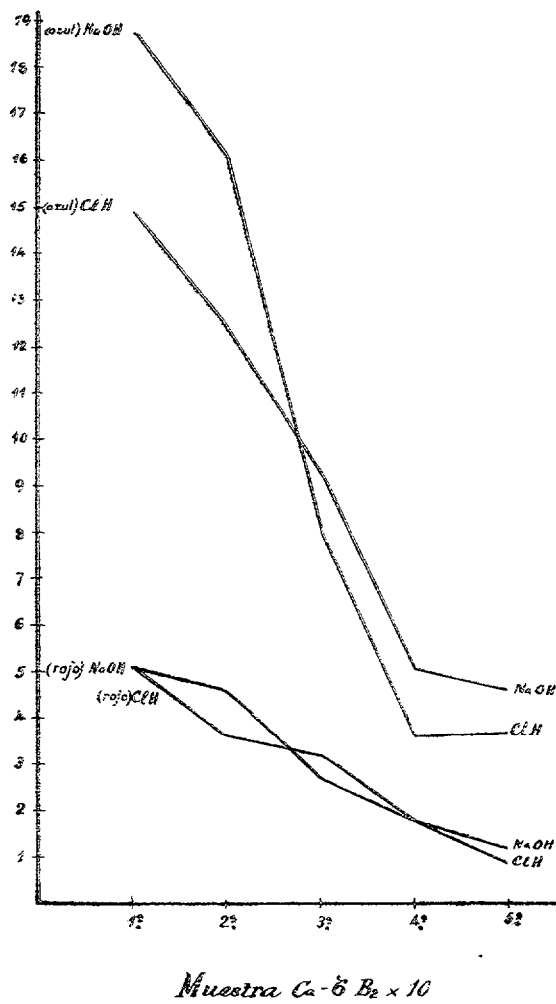
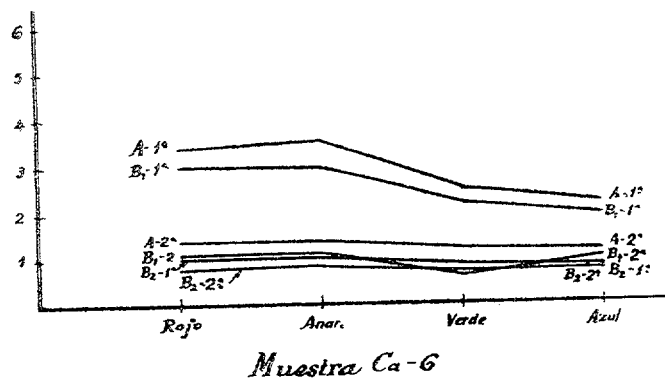
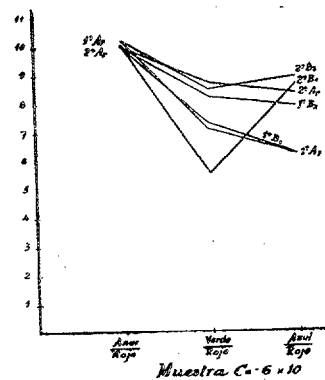
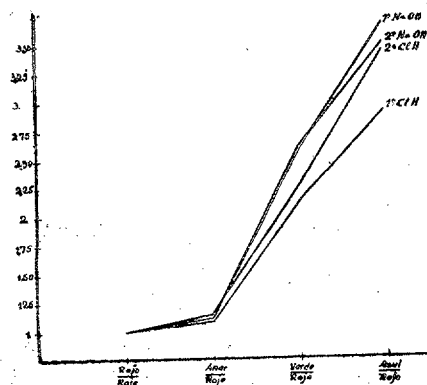
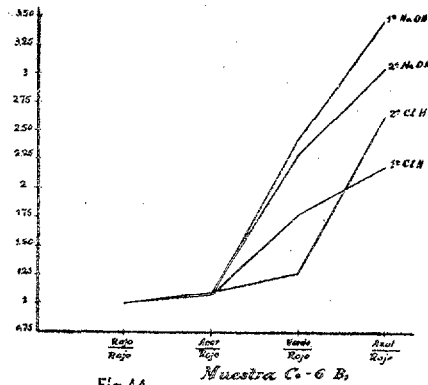
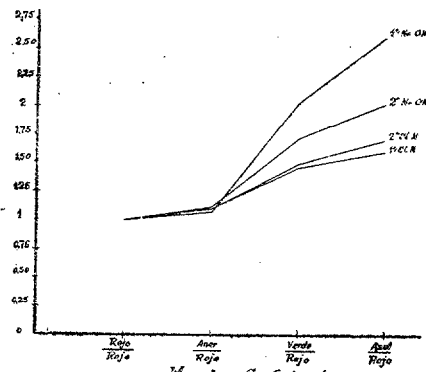


Fig.42





como el tratamiento previo con ClH se comportan de la misma manera, pero según se puede ver en las tablas 112-115 las absorciones con NaOH son mayores que con ClH. De todas maneras, los valores son bajos y existen por eso numerosas irregularidades en el comportamiento.

T A B L A 112

Valores para las absorciones.

Extracciones	Rojo		Anaranjado		Verde		Azul	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	0,36	0,27	0,41	0,27	0,92	0,51	1,37	0,66
2. ^a	0,76	0,56	0,79	0,76	1,61	0,97	2,15	0,86
3. ^a	0,41	0,27	0,46	0,61	0,76	0,66	1,14	0,97
4. ^a	1,27	0,13	0,27	0,13	0,56	0,22	0,71	0,22
5. ^a	0,27	0,07	0,27	0,07	0,46	0,09	0,56	0,09

T A B L A 113

Absorción por ClH

Razón

Absorción con NaOH

Extracciones	Rojo	Anaranjado	Verde	Azul
1. ^a	0,75	0,65	0,55	0,48
2. ^a	0,73	0,96	0,60	0,40
3. ^a	0,65	1,32	0,86	0,85
4. ^a	0,48	0,48	0,39	0,38
5. ^a	0,25	0,25	0,19	0,16

T A B L A 114

Valores de los cocientes.

Extracciones	Anaranjado		Verde		Azul	
	Rojo		Rojo		Rojo	
	NaOH	ClH	NaOH	ClH	NaOH	ClH
1. ^a	1,13	1,00	2,55	1,88	3,80	2,44
2. ^a	1,03	1,35	2,11	1,73	2,82	1,53
3. ^a	1,12	2,26	1,85	2,44	2,78	3,59
4. ^a	1,00	1,00	2,07	1,69	2,62	2,07
5. ^a	1,00	1,00	1,70	1,28	2,07	1,28

T A B L A 115
Razón de los cocientes $ClH/NaOH$.

Extracciones	Anaranjado	Verde	Azul
	Rojo	Rojo	Rojo
1. ^a	0,88	0,73	0,64
2. ^a	1,31	0,81	0,54
3. ^a	2,01	1,32	1,29
4. ^a	1,00	0,81	0,79
5. ^a	1,00	0,75	0,61

Observaciones.

Las extracciones con ClH y $NaOH$ se comportan de igual manera, siendo no obstante mayor para $NaOH$ que para ClH . Por dar números bajos se presentan ciertas irregularidades.

Los gráficos 47-50 expresan claramente estos resultados.

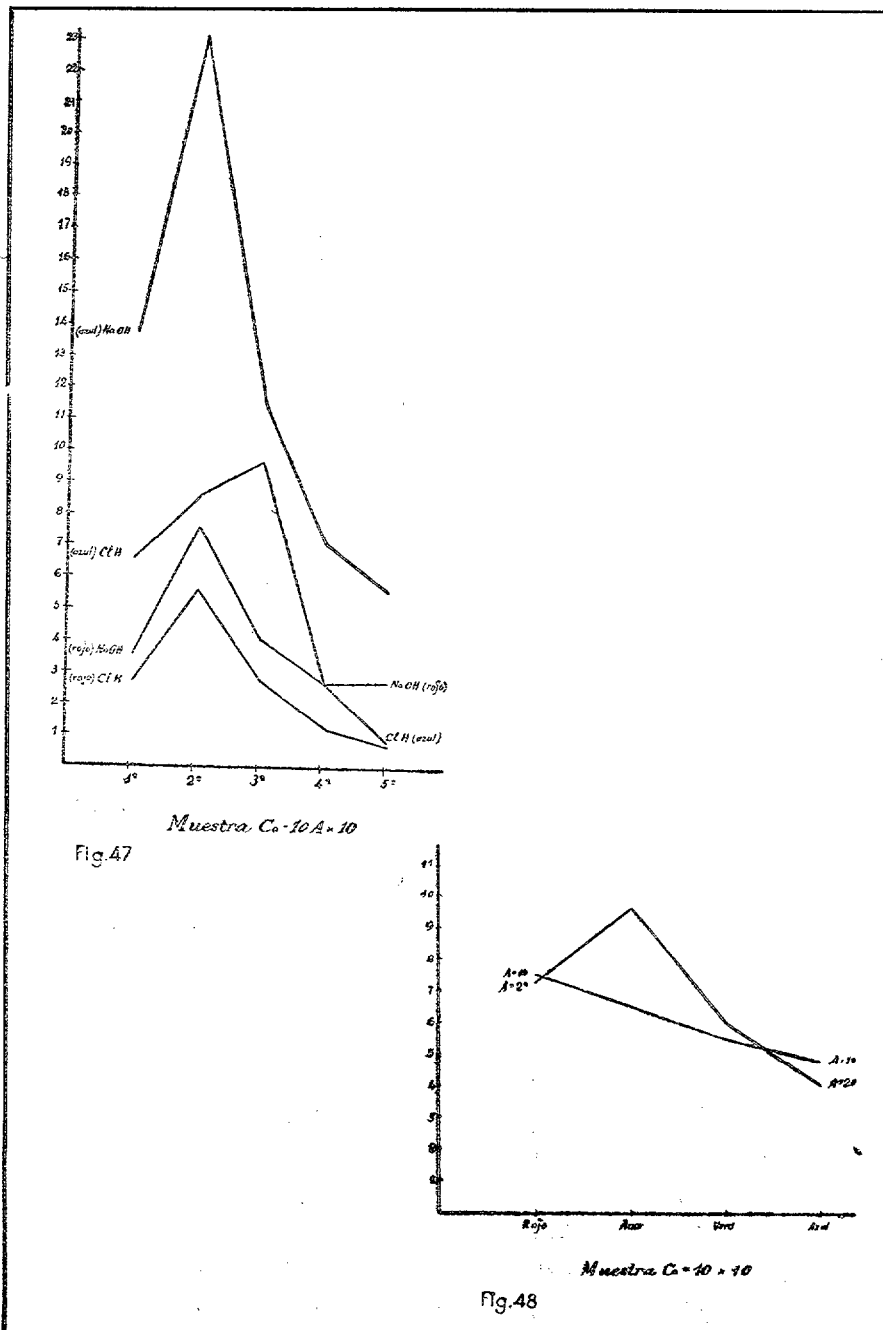
* * *

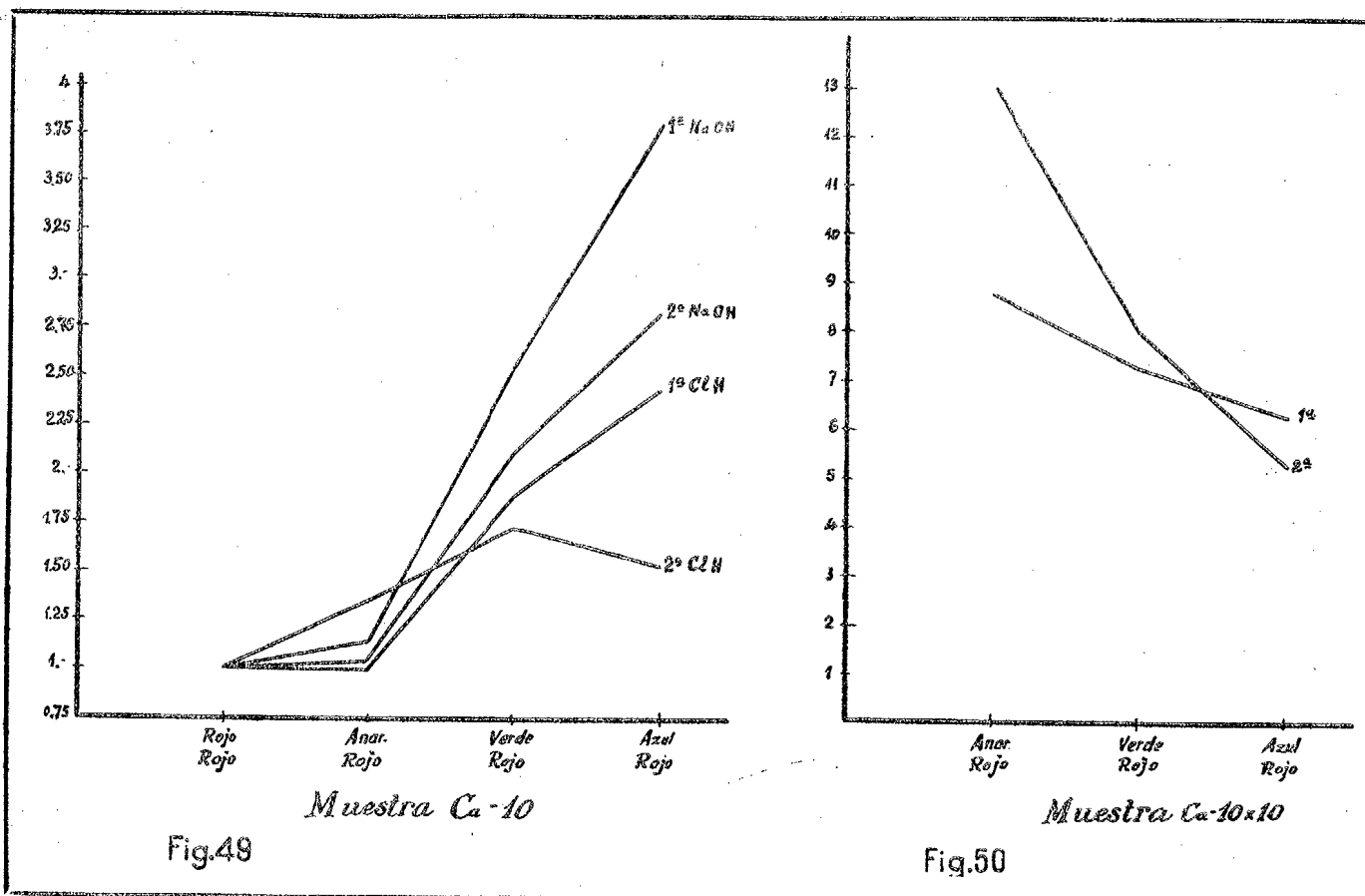
El estudio de los datos expresados en las tablas y gráficos anteriores permiten poner de manifiesto ciertos hechos que vamos a resumir para su posible interpretación; al mismo tiempo intentaremos deducir las conclusiones que de ellos se derivan.

En la tabla 116 resumimos los valores para las absorciones máximas con sosa y ClH y los cocientes máximos para las absorciones. También se indica la cantidad de materia orgánica, Fe_2O_3 y $CaO + MgO$.

T A B L A 116
Valores máximos para las absorciones y cocientes $ClH/NaOH$.

Muestra	Absorciones máximas			
	NaOH		ClH	
	Valor	N.º extr.	Valor	N.º extr.
10 A 2	1,28	2. ^a	12,91	1. ^a
2 A	1,81	2. ^a	3,37	1. ^a
2 H	6,20	2. ^a	13,01	1. ^a
3 A	6,74	2. ^a	16,99	1. ^a
4 A ₁	0,18	1. ^a	0,13	2. ^a
5 A	4,09	2. ^a	9,14	1. ^a
5 B	1,61	1. ^a	2,91	2. ^a
6 A _r	7,32	2. ^a	9,10	1. ^a
6 B ₂	3,28	2. ^a	4,20	1. ^a
6 B ₁	1,88	1. ^a	1,49	1. ^a
10 A	2,15	2. ^a	0,97	3. ^a





Muestra	Cocientes ClH/NaOH			Mater. Org. %	Fe ₂ O ₃ %	CaO+MgO %
	Valor	Color	Núm. de extr.			
10 A _F	1,32	Anar.	3. ^a	4,2	20,89	3,87
2 A	7,04	Anar.	1. ^a	4,2	20,23	3,95
2 H	6,11	Rojo	1. ^a	4,8	18,75	2,14
3 A	7,80	Rojo	1. ^a	2,5	20,18	1,79
4 A ₁	4,50	Rojo	2. ^a	1,6	11,99	2,69
5 A	4,46	Rojo	1. ^a	5,2	19,21	0,60
5 B	1,73	Anar.	1. ^a	2,4	20,03	1,15
6 A _F	3,50	Anar.	1. ^a	6,9	19,51	1,88
6 B ₁	2,94	Rojo	1. ^a	3,1	21,68	1,71
6 B ₂	1,00	Rojo	1. ^a	2,4	21,54	1,58
10 A	1,32	Anar.	3. ^a	4,2	20,89	3,87

El primer hecho que resalta es que, en general, los valores de las absorciones máximas son mayores para el ClH que para la NaOH. La secuencia en cada caso es como sigue:

ClH	3 A	2 H	5 A	6 A	6 B ₁	2 A	5 B	6 B ₂	10 A	4 A ₁
	16,99	13,01	9,14	9,10	4,20	3,37	2,15	1,49	0,97	0,13
NaOH	6 A	3 A	2 H	5 A	6 B ₁	10 A	6 B ₂	2 A	5 B	4 A ₁
	7,32	6,74	6,20	4,09	3,28	2,15	1,88	1,81	1,61	0,18

La secuencia para las muestras cuyas absorciones son grandes es análoga para el ClH y para la NaOH. Únicamente cambia la posición de la 6 A. Es de notar también el alto valor de las absorciones para las muestras 3 A, que no está muy de acuerdo con la cantidad de materia orgánica. Pasa lo contrario con la muestra 2 A, que con gran cantidad de materia orgánica presenta valores bajos para las absorciones.

Otro hecho interesante es que las absorciones máximas se presentan para el ClH en la primera extracción, mientras que para la NaOH es en la segunda. Hacen excepción la 4 A₁ y 5 B para la NaOH y estas mismas y la 10 A para el ClH.

Los valores máximos para los cocientes ClH/NaOH se presentan para los colores rojo o anaranjado y corresponden a la primera extracción, salvo en el caso de la 10 A y en el de la 4 A₁. Tomando para ésta el valor en la primera extracción tenemos como secuencia:

3 A 2 A 2 H 5 A 6 A 6 B₁ 5 B 10 B 6 B₂ = 4 A₁

es decir, prácticamente la misma secuencia que para la absorción con el tratamiento por ClH.

En el gráfico 51 se representan gráficamente estos resultados.



Fig. 51

Consideremos ahora los cocientes de las absorciones tomando el rojo como unidad. Hemos tomado los valores correspondientes a las extracciones máximas, y los resultados los dejamos expresados en el gráfico 52. Tomando los valores para el cociente azul/rojo se obtiene la secuencia siguiente:

ClH	3 A	2 H	4 A ₁	5 A	6 A	6 B ₁	2 A	6 B ₂	5 B	10 A
NaOH	6 A	2 H	3 A	5 A	10 A	6 B ₁	5 B	6 B ₂	2 A	4 A ₁

Prácticamente se obtiene una secuencia inversa a la de las absorciones y eso en ambos casos, ClH y NaOH .

De estos resultados parece deducirse que las muestras mejor humificadas son las 3 A, 2 H, 5 A y 6 A; 2 A, 4 A₁ y 10 A se comportan más irregularmente.

Teniendo en cuenta los hechos experimentales, vamos a intentar

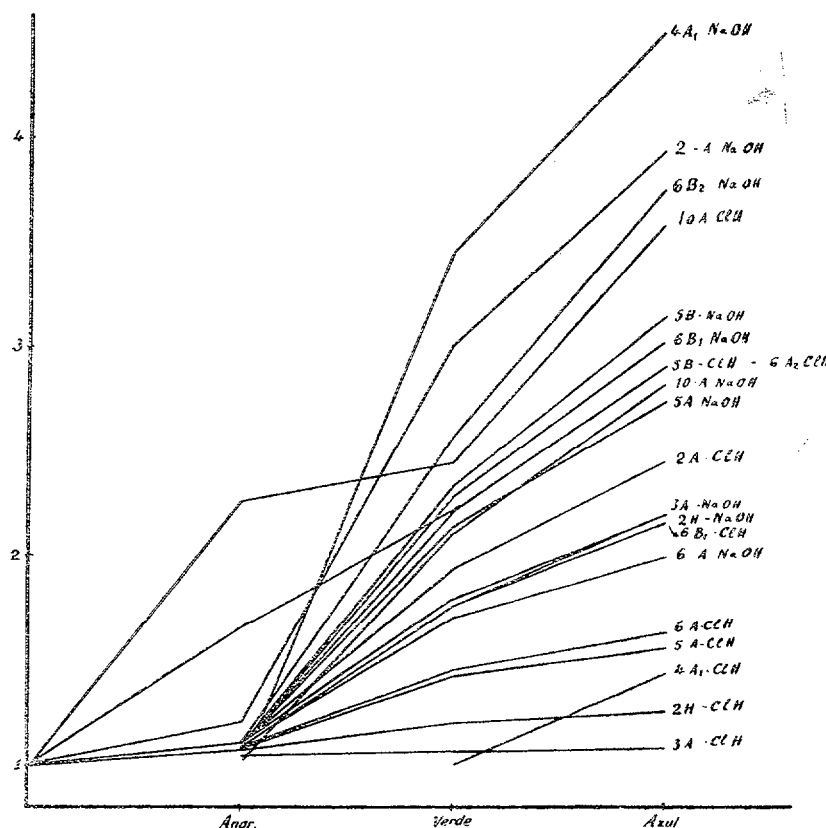


Fig. 52

una interpretación que dé cuenta del comportamiento de las muestras. Ante todo vemos que son muestras que contienen gran cantidad de hierro. Se puede pensar que la materia orgánica está más o menos saturada con metales alcalinotérreos y hierro; en parte también coagulada por este elemento. Cuanto mejor humificada esté la ma-

teria orgánica más posibilidades hay de que se una con el hierro. En ese caso el tratamiento con NaOH es capaz de desplazar, al menos en parte, a los cationes alcalinotérreos, pero no al hierro. No se dispersa, por tanto, toda la materia orgánica existente. Por otra parte, el primer tratamiento no es suficiente para conseguir la dispersión, y el máximo se alcanza en la segunda extracción y continúa posteriormente sin que haya gran diferencia entre los valores. Se trata de

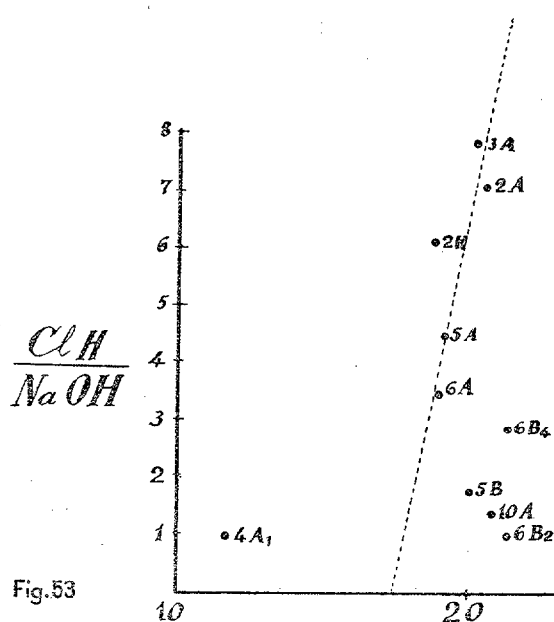


Fig. 53

un equilibrio que se establece en cada tratamiento. De todos modos las muestras bien humificadas se dispersan más que las otras, explicándose el valor alto para la 3 A por su gran humificación y el de 6 A por su gran contenido en materia orgánica.

El tratamiento por ClH es capaz de desalojar al hierro y a los metales alcalinotérreos. De este modo el tratamiento posterior con NaOH dispersa mayor cantidad de lo que lo hacía el tratamiento simple con NaOH. Por eso los valores son mayores para el ClH que para la NaOH. Por otra parte, como la materia orgánica es ya ácida, dispersa bien con la NaOH y en la primera extracción se obtiene el máximo de absorción.

La segunda es todavía bastante fuerte porque el primer trata-

miento no es suficiente para tratar toda la acidez; en cambio, la tercera disminuye mucho.

Si la conjetura es válida, los valores máximos para los cocientes $CIH/NaOH$ deben guardar cierta relación con la cantidad de hierro, si las muestras están bien humificadas, y en cambio la influencia del hierro no se dejará notar en las mal humificadas. En el gráfico 53 hemos representado los valores máximos de los cocientes en función de la cantidad de hierro. Se puede ver que efectivamente existe una relación para las bien humificadas, y no las guarda para aquellas en que el grado de humificación es menor.

El hecho de que los valores máximos de los cocientes se presente para el color rojo o anaranjado, se puede explicar del modo siguiente: Hemos dicho que el tratamiento previo por CIH pone en libertad la parte de materia orgánica mejor humificada y que está coagulada por el hierro, mientras que el $NaOH$ sólo dispersa la parte peor humificada. De este modo, en este último caso, la materia orgánica dispersa tendrá color rojizo y absorberá poco en el rojo y anaranjado. Por otra parte, en el tratamiento previo por CIH se pone en libertad materia orgánica mejor humificada, más oscura y la absorción para el filtro rojo o anaranjado será bastante fuerte; la relación de absorciones debe ser, pues, máxima para este color.

Resumiendo, podemos decir: La materia orgánica está saturada en su parte peor humificada por metales alcalinotérreos y en la parte mejor humificada por hierro. El tratamiento por $NaOH$ permite desplazar a los cationes alcalinotérreos, pero no al hierro, mientras que el tratamiento previo por CIH permite desplazamiento de todos. Por eso el tratamiento previo por CIH afecta poco a las muestras poco humificadas y fuertemente a las bien humificadas y puede servir en estos suelos como índice de la humificación de su materia orgánica.

CONCLUSIONES

Del estudio detallado de los datos obtenidos mediante diversas técnicas, en suelos de Tenerife y Gran Canaria (Islas Canarias), se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- 1.ª Existe una diferencia perceptible entre suelos que podemos

considerar derivados de una roca madre, "in situ", y suelos que proceden de sedimentos.

2.^a Ambos tipos de suelos no corresponden al clima actual, sino que han debido formarse en clima más húmedo. Se pueden considerar, por tanto, como suelos relictos, existiendo en algunos casos un horizonte seguramente fósil.

3.^a El carácter relicto de estos suelos se manifiesta en una proporción excesiva de la fracción limo del análisis mecánico; esto supone una terrificación del tipo de suelo primitivo, limo pardo o rojo.

4.^a La diferencia entre los suelos derivados de roca original o los sedimentos se acusa por los siguientes hechos:

a) La razón $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de las arcillas de los suelos sobre rocas es menor que la de los respectivos suelos, mientras que en los suelos derivados de sedimentos es mayor.

b) La razón $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ es mayor para las arcillas que para los suelos, y este resultado es más acusado en los suelos derivados de sedimentos.

c) La razón $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ es más alta para las arcillas que para los suelos.

d) El cálculo de la razón SiO_2 existente/ SiO_2 calculada, tomando el aluminio como fijo, da valores mínimos para arcillas de suelos derivados de la roca original; lo mismo sucede para la razón Fe_2O_3 existente/ Fe_2O_3 calculada.

e) Las relaciones SiO_2 suelo/ SiO_2 arcilla y Fe_2O_3 suelo/ Fe_2O_3 arcilla son máximas para los suelos derivados de roca original.

5.^a Todos estos hechos se pueden explicar del modo siguiente: en los suelos derivados de roca original existe sílice coloidal en el suelo y en la arcilla, mientras que en los derivados de sedimentos parte de la sílice coloidal del suelo ha sido lavada, permaneciendo la de la arcilla. Al desaparecer la sílice coloidal del suelo aumenta la relación arena/arcilla y la cantidad de hierro en el suelo.

6.^a Este distinto comportamiento y la explicación indicada se refuerza considerando los resultados que se expresan a continuación:

a) La relación caolinita en el suelo/caolinita en la arcilla es menor en los suelos derivados de roca original que en los de sedimentos, lo que supone que al desaparecer la sílice coloidal del suelo parte de la caolinita aparece como no dispersable y se acumula en fracciones menos finas.

b) La relación SiO_2 en exceso del suelo/ SiO_2 en exceso de arcilla es mayor en los suelos que proceden de roca original por falta de lavado.

7.^a Del análisis químico se deduce que la composición mineralógica de suelos y arcillas contiene, en mayor o menor proporción, caolinita, sílice coloidal y geles de hierro más o menos hidratados. En algún caso puede existir hematites.

8.^a Los resultados del análisis térmico diferencial acusan la presencia de un mineral de tipo caolín, goetita en algunos horizontes, principalmente en el suelo y no en la arcilla, geles de hierro y quizá algo de illita, basándose para esta última deducción en el valor del pico exotérmico de alta temperatura.

9.^a Los valores de la capacidad de cambio son algo altos para caolinita y permiten suponer la presencia de algo de illita, pudiendo haber también haloisita algo hidratada.

10.^a Existe fósforo asimilable en muy pequeña cantidad, como corresponde a los valores de pH y a la gran cantidad de hierro. El potasio asimilable es bastante variable y tiende a ser mayor con la cantidad de materia orgánica para un mismo suelo, es decir, disminuye con la profundidad. En general, están bastante bien provistas de este elemento en la capa superficial.

11.^a El grado de humificación de la materia orgánica se ha deducido de las medidas colorimétricas realizadas con NaOH al 5 por 100, con y sin tratamiento previo con ácido clorhídrico.

12.^a En las muestras bien humificadas el tratamiento previo con ácido clorhídrico hace que se extraiga más y en la primera extracción. En las muestras poco humificadas dicho tratamiento tiene poca influencia.

13.^a Además de los hechos citados existen estos:

a) Los valores máximos para los cocientes de las absorciones previo tratamiento por ácido clorhídrico y sin tratamiento presentan su máximo para el color rojo o anaranjado.

b) Los cocientes de las absorciones, tomando el rojo como unidad, para las extracciones máximas, indican la influencia del tratamiento previo con ácido clorhídrico en las muestras mejor humificadas.

c) Para las muestras bien humificadas existe una relación entre

los cocientes de las absorciones con y sin tratamiento previo con ácido clorhídrico y la cantidad de hierro existente en el suelo.

14.^a La explicación de estos hechos experimentales se puede hacer suponiendo que la materia orgánica en su parte mejor humificada está saturada por hierro y en la parte peor humificada por metales alcalinotérreos. El tratamiento por NaOH al 5 por 100 dispersa casi únicamente esta fracción, mientras que el tratamiento previo por ClH desaloja al hierro y a los metales alcalinotérreos. De aquí que el tratamiento previo afecte fuertemente a las muestras bien humificadas y poco a las mal humificadas.

BIBLIOGRAFIA

1. FERNÁNDEZ NAVARRO, L.: *Erupción volcánica del Chinyero*. "Anales de la Junta para Ampliación de Estudios", t. V, 1906.
2. GENTIL: *Le Maroc et ses richesses naturelles*. 1910.
3. MARTEL, M.: *Génesis del Archipiélago canario*. "Estudios Geológicos", 13, 69, 1951.
4. SOLER, V.: *Estudio de tierras pardas y ranker canarios en relación con la naturaleza de la roca madre*. Tesis doctoral. Granada, 1955.
5. BENÍTEZ, S.: *Obras hidráulicas en Gran Canaria*. Memoria. Las Palmas, 1957.
6. HOYOS, A.: *Condiciones de formación de los suelos canarios*. "An. Inst. Exp. Edaf. Ecol. y Fís. Veg.", IV, 3, 1945.
7. HOYOS, A.: *Relaciones entre el análisis mecánico y las condiciones de formación de suelos españoles*. "An. Inst. Exp. y Fís. Veg.", IV, 251, 1945.
8. HOYOS, A.: *La presencia de titanio en suelos de las Islas Canarias*. "An. Fís. Quím.", XLI, 1.067, 1945.
9. HOYOS, A.: *Contribución al estudio de los suelos canarios*. "An. Inst. Exp. Edaf. y Fís. Veg.", VII, 257, 1948.
10. SOLER, V., y HOYOS, A.: *Developement des terres brunes dans les pays subtropicaux (Iles Canarias, Espagne)*. "Sixième Congr. de la Sci. du Sol.",
11. SOLER, V., HOYOS, A., RODRÍGUEZ, J., y DEL PINO, C.: *Etude comparative des sols tropicaux et subtropicaux*. Ibid., V, 371, 1956.
12. SÁNCHEZ CALVO, M.: *Chemische und boden mineralogische Studien über den Typus Braunlehm der Kanarischen Inseln und dessen gegenwärtige Umwandlungstendenz*. Ibid., V, 439, 1956.
13. KUBIENA, W.: *Über die Braunlehmrelikte des Atahor*. "Erdkunde", IX, 115, 1955.
14. KUBIENA, W.: *Material zur Geschichte der Bodenbildung auf den Watkanaren*. "Sixième Congr. de la Sci. du Sol.", V, 247, 1950.
15. KUBIENA, W.: *Die Entwicklungslehre des Bodens*. Viena, 1948.
16. KUBIENA, W.: *Zur Mikromorphologie der braunen und roten Tropenböden*. "Trans. Fonsth. Est. Congr. Soil Sci.", I, 304, 1950.
17. KUBIENA, W.: *Sobre el método de la Paleoedafología*. "An. Edaf. y Fís. Veg.", XIII, 523, 1954.

18. ROBINSON, G. W.: *A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions*. "J. Agric. Sci.", 14, 625, 1924.
19. VILAS, L.: *La razón molecular $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ en la caracterización de suelos*. II. "An. Fis. Quím.", XXXIX, 491, 1943.
20. JIMÉNEZ SALAS, J. A.: *La mecánica del suelo, una nueva rama de la Edafología*. "An. Edaf. Fis. Veg.", V, 123, 1946.
21. JACOB, J.: *Guía para el análisis químico de rocas*. Trad. esp. E. Raurich y M. Castelló. C. S. I. C., 1944.
22. KOLTHOFF, I. M., y SANDELL, E. B.: *Tratado de química analítica*. Buenos Aires, 1948.
23. ZOBERLEIN, H.: *Das Sorptions und Pufferungsvermögen organischer Düngemittel*. "Bodenk. u. Pflanzener", 9-10, 211, 1938.
24. SPEIL, S.: *Application of thermal analysis to clays and aluminous minerals*. "U. S. Bur. of Mines. Rept. Inv.", 3.764, 36, 1944.
25. HERR, P. F., y KULP, J. L.: *Multiple differential thermal analysis*. "Am. Mineral", 33, 387-419, 1948.
26. CAILLERE, S., y HENIN, S.: *Sur l'origine de quelques anomalies, présentées par les courbes thermiques de certains montmorillonites*. "C. R. Acad. Sci.", 219, 685-686, 1944.
27. AGAFONOFF, V.: *Etude mineralogique du sol*. Trans. III. "Int. Congr. Soil. Sci.", 3, 74-78, 1935.
28. BURRIEL, E., GUERRA, A., y FÁBREGAS, R.: *Determinación volumétrica de la materia orgánica en suelos de cultivo*. "An. Ed. Fis. Veg.", IX, 3, 251-363, 1950.
29. MALLOL, A.: *Un método rápido de Kjeldhalización por la asociación catalítica selenio-perclórico*. Tesis doctoral. Madrid, 1945.
30. MOHR, E. C., y VAN BAREN, F. A.: *Tropical soils*, p. 353. London, 1954.
31. D'HOORE: *The desintegration and classification of free sesquioxides accumulation zones*. "Trans. Fifth. Int. Congr. Soil. Sci.", IV, 39, 1954.
32. SCHMUZIGER, A.: *Über die Verteilung und der Chemismus der Humusstoff in den Proflen einiger schweizerischer Bodentypen*. "Diss. E. T. H.". Zurich, 1935.
33. KUBIENA, W.: *Clases sistemáticas de suelos*. Madrid, 1953.
34. PALLMANN, H., y FREI, A.: Citado por H. Pallmann: *Entwicklung der Bodenkunde*. Zurich, 1946.
35. MAIWALD, K.: *Handbuch der Boden Lehre* (Blanck), VII, 113, Berlin, 1931; XI, 382, 1939.
36. PAGE, H. J.: *Studies on the carbon and nitrogen cycles in the soil*. "J. Agric. Sci.", 20, 455, 1930; 22, 291, 1932.
37. SCHEFFER, F.: *Agricaulturchemie*. Teil c: Humus u. Humusdüngung. "Enke". Stuttgart, 1941.
38. SOUCI, S. W.: *Die Chemie des Moores*. "Enke". Stuttgart, 1938.
39. LAATSCH, W.: *Modernos conceptos sobre el humus*. Monog. Ciencia Moderna, 35. Madrid, 1952.
40. FORSYTH, W. G.: Citado por W. Laatsch: *Modernos conceptos sobre el humus*, p. 7.
41. FLAIG, W.: "Z. f. Planzener". Düng, Bodenk., 51 (96), 193, 1950.
42. FLAIG, W.: *Contribución al estudio de los ácidos humínicos*. Monografías de Ciencia Moderna, 46. Madrid, 1955.
43. FLAIG, W.: Ibid., p. 15 y sig.
44. EINSTEIN, A.: "Ann. de Phys.", 19, 289, 1906; 34, 591, 1911.

45. STAUDINGER, H., y HUSEMANN, E.: "Ber. Dtsch. Chem. Ges.", 68, 1.691, 1925.
46. ODEN, S.: *Kolloid. Beihette*, 11, 197, 1919.
47. OSTWALD, W., y STEINER, A.: *Kolloid. Chem. Beihette*, 21, 97, 1925.
48. FLAIG, W., y BENTELSPACHER: "Z. f. Pflanzener". Düng. Bodenkunde, 52, 97, 1951.
49. JUNG, E.: "Bodenkunde u. Pflanzener", 32, 325, 1943.
50. SPRINGER, U.: *Farbtiefe und Farbcharakter von Humus extrakten in ihrer Abhängigkeit von der Alkalikonzentration*. "Z. f. Pflanzener", 34, 1, 1934.
51. SIMON, K.: *Über die Vermeidung alkalischer Wirkung bei der Darstellung und Reinigung von Huminsäuren*. "Z. f. Pflanzener". Düng. Bodenk., 14, 252, 1929; 18, 323, 1930.
52. MARTÍN RETORTILLO, A.: *Estudio de las turbas españolas*. "An. Edaf.", "Bodenk. u. Pflanzener", 47, 55, 1936-37; 48, 315, 1937.
53. POZDENA, L.: *Über kolorimetrische Humusuntersuchungen*. "Bodenk. u. Pflanzener", 47, 55, 1936-37; 48, 315, 1937.
54. HOYOS, A., y GONZÁLEZ, F.: *Determinaciones analíticas en la turba del Padul*. "An. Edaf. Ecol. Fís. Veg.", VII, 83, 1948.
55. SCHEFFER, F., y HALFTER, G.: *Einfluss der Kationenbelegung auf die Farbtiefe der Humusstoffe*. "Bodenk. u. Pflanzener", 60, 277, 1939.
56. SCHEFFER, F., y SPEIDEL, B.: *Über den Einfluss der Kationenbelegung der Humuskörper auf Hygroskopisität und Stabilitätsfaktor nach A. Hock*. Forschungsdienst. 12, parte 2.^a, 1940.
57. HOCK, A.: *Farbentiefen und Farbentonwerten als charakteristische Kennzeichen für Humusform und Humustype nach neuen Verfahren*. "Bodenk. u. Pflanzener", 47, 304, 1936-37.
58. SCHULTE, L.: "Bodenk. u. Pflanzener", 59, 297, 1939.
59. GIESEKE, F., MICHEL, G., y MANTEL, E.: "Bodenk. u. Pflanzener", 18, 267, 1940.
60. SPRINGER, U.: *Der heutige Stand der Humusuntersuchungs Methodik*. "Bodenk. u. Pflanzener", 51, 312, 1938.
61. HOYOS, A., y RODRÍGUEZ, J.: *Suelos de Guinea insular española*. "An. Edaf. Fís. Veg.", XV, 33, 1956.
62. HOYOS, A., y SOLER, V.: *Estudio de tierras pardas y ranker canarios en relación con la naturaleza de la roca madre*. "An. Edaf. Fís. Veg.", XVI, 297, 1957.