

CATEDRA DE EDAFOLOGIA DE LA FACULTAD DE FARMACIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA Y SECCION DE GENESIS,
CARTOGRAFIA Y CLASIFICACION DE SUELOS DE LA ESTACION
EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN, C S. I. C.

Prof. Dr. D. MIGUEL DELGADO RODRIGUEZ

FUNDAMENTOS DE UN METODO PARA EL ESTUDIO DE LA
FRACCION ARENA GRUESA DE SUELOS

por

C. DORRONSORO y M. DELGADO

Ars Pharm. XI, 361 (1970).

INTRODUCCION

En el estudio científico del suelo y para la resolución de problemas de génesis, cartografía e incluso de fertilidad han sido siempre empleadas las más diversas técnicas de investigación y que son ajustables a métodos tales, como los químicos, ópticos, térmicos, rayos X, de microscopía electrónica, de infrarrojo, etc..

Dentro de los métodos ópticos, las investigaciones han estado siempre dirigidas, bien al estudio del suelo en bloque, o bien al estudio de la roca madre, de la arena fina, del limo y de la arcilla.

Hay pues una fracción del suelo, que sistemáticamente ha sido dejada a un lado cuando se ha tratado de aclarar algún problema que se relacione con el mismo, ésta ha sido la arena gruesa, aquélla cuyo tamaño de partícula está comprendido entre 2 - 0,2 mm., según la escala de Atterberg.

Al llegar a este punto, nos parece interesante hacer algunas consideraciones acerca de las razones que han podido determinar la falta de interés por el estudio de esta fracción de la arena. Normalmente, en la Edafología clásica, se ha empleado mucho la expresión de que "la arena gruesa está constituida por trozos de la roca madre". Esta definición dada siempre con un carácter muy dogmático, ha podido influir en el abandono a que aludimos, particularmente cuando se dispone o se cree disponer, de la roca original del suelo. Ha debido tener también una gran influencia la gran dificultad que siempre existió para su estudio, mediante el único instrumento capaz de realizarlo, el microscopio de polarización, ya que por su tamaño son, en general, opacos a la luz transmitida.

Nuestro deseo de colaborar a un mejor conocimiento del suelo y de sus fracciones minerales, nos hizo pensar que podría resultar interesante, en muchas ocasiones, disponer del estudio óptico de la fracción arena gruesa. Con el conocimiento de su mineralogía y petrografía podría darse una más avanzada interpretación a algunos de los problemas edáficos existentes.

El primer paso fue la puesta a punto de una técnica que nos permitiera el estudio de esta fracción con el microscopio. Esto sólo fue posible contando con la inestimable

ayuda que nos proporciona la técnica actual con sus materiales plásticos. Con su concurso pudimos obtener preparaciones microscópicas con un espesor que salva el problema de transparencia planteado por esta fracción y que permite su estudio sistemático.

PARTE EXPERIMENTAL

a) *Muestras de arenas estudiadas.*—Se estudian ocho arenas pertenecientes a otros tantos horizontes de suelos. Se han tomado desde suelos poco desarrollados como son los litosuelos hasta las Terras rossas, pasando por los escalones intermedios, en desarrollo, como corresponden a los suelos pardos y rendsina. El total de suelos a que pertenecen las arenas muestreadas es de cinco, con las características y localizaciones que describimos a continuación.

Suelo 1.—Rendsina de Mull.

Arena 1 - A.—Fue extraída del horizonte A (0-10 cm.) de una rendsina de mull tomada en el Torcal de Antequera (Málaga). Este suelo se produce en todos los niveles de esta formación caliza, presentando un especial desarrollo las formas situadas a la máxima altura, particularmente localizadas en las grietas y partes protegidas de la acción directa de los rayos solares. Fue tomado en una grieta en la máxima altura del Torcal y tiene un color pardo muy oscuro.

Arena 1 - B.—Extraída del horizonte B (10-40 cm.) del suelo anterior. Su color es también pardo oscuro, pero se va aclarando hacia la profundidad.

Suelo 2.—Rendsina pardeada y rubificada.

Arena 2 - A.—Extraída del horizonte superficial (0 - 30 cm.) de una rendsina pardeada y rubificada del Torcal de Antequera.

Puede considerarse como un horizonte (B) y la falta de materia orgánica en el mismo, es tan evidente que no se aprecian distintas zonas de color. Este hecho sucede en el Torcal y en los macizos calizos elevados, con las formas de suelo que se encuentran en las Torcas. En ellas no se presenta una vegetación con desarrollo apreciable y, por lo tanto, no se produce un horizonte rico en materia orgánica. La Torca de donde fue tomada esta muestra de suelo, está situada cerca de la carretera de ascenso al Torcal Bajo.

Suelo 3.—Rendsina de mull situada sobre una Terra rossa.

Arena 3 - A.—Extraída de la rendsina de mull que se encuentra en la parte superior. Fue tomado este suelo de la grieta de una roca existente en la parte alta de la carretera que conduce al Torcal Bajo. Aproximadamente a 1.000 m. de altura. Es de color pardo muy oscuro.

Arena 3 - B.—Extraída de la zona de terra rossa que se reconoce en este perfil. La ponemos el símbolo B, pero no creemos que se trate de un genuino horizonte B, pues tenemos más motivos para pensar que sea un horizonte C, o que la rendsina se ha depositado sobre esta capa, sin que entre ambas exista una clara dependencia.

Suelo 4.—Lisotuelo sobre margas.

Arena 4 - A.—Extraída del horizonte superficial (10 - 30 cm.) que se puede reconocer en este suelo. Tampoco se quiere indicar en este caso que se trate de un horizonte A, propiamente dicho. El suelo procede de Teulada (Alicante).

Suelo 5.—Suelo Pardo.

Arena 5 - A.—Corresponde al horizonte A (0 - 10 cm.) de un suelo pardo tomado a la salida de Guadix, en la carretera general Guadix-Murcia. Es de color pardo oscuro.

Arena 5 - B.—Fue extraída del horizonte B o (B) del perfil anterior. La profundidad es de 10-30 cm. y su color es pardo, más claro que el A.

b) *Métodos de separación de fracciones y concentración de minerales.*—Queremos resaltar que para nuestro estudio se pueden utilizar las arenas gruesas separadas del suelo por el método usual de análisis mecánico, ahora bien, como nosotros estudiamos solamente dichas arenas gruesas y no nos interesan las demás fracciones minerales que lo componen, seguiremos el método que a continuación exponemos esquemáticamente en el cuadro N.º 1 y con el que simplificamos las operaciones reduciendo notablemente el tiempo que se requiere si se siguen la técnica tradicional del análisis mecánico.

La fracción tratada solamente con H_2O_2 la reservamos para estudiar en ella los carbonatos. En las tratadas además con ClH 0,2 N eliminamos precisamente estos minerales y en las de ClH concentrado atacamos además de los carbonatos menos solubles, los óxidos e hidróxidos y demás geles que tan frecuentemente recubren a estos granos enmascarando su verdadera naturaleza.

Ahora bien, el hacer tantos tratamientos y separaciones no significa que todos ellos hayan de ser siempre utilizados para el estudio de esta fracción. Nosotros las hemos desarrollado para tratar de averiguar cuales aportan datos útiles. En las conclusiones de este trabajo deduciremos aquéllos que deben seguirse.

c.—*Montaje de las arenas.*

Las arenas las montamos incluyéndolas en una mezcla plástica líquida, formada por una resina de poliéster con monómero de estírol como disolvente, naftenato de cobalto como catalizador y peróxido de ciclohexano como activador, dicha mezcla endurece a temperatura ambiente.

Después de numerosos ensayos, se han utilizado como vasijas para el montaje, unas cápsulas de plástico flexible de dimensiones 3×3 cm y 2,5 de altura y que se ofrecen en el comercio para usos domésticos.

Nos puede interesar disponer en una misma preparación de varias fracciones diferentes sin que se nos mezclen. Para ello dividimos la cápsula en 4 compartimentos mediante unas láminas de cartón, como mostramos en el gráfico núm. 2.

El fondo de estas cápsulas no es totalmente plano y para corregirlo vertemos un poco de la mezcla plástica, una vez endurecida sacamos el bloquecito y desgastamos y pulimentamos su cara superior con lo que al introducirla de nuevo en la cápsula nos proporciona un fondo perfectamente plano.

Sobre esta nueva superficie se colocan los granos, llenamos la cápsula con el plástico y transcurrido el tiempo necesario para que endurezca éste, las arenas quedan engloba-

Suelo 4.—Lisotuelo sobre marga.

Arena 4 - A.—Extraída del horizonte superficial (10 - 30 cm.) que se puede reconocer en este suelo. Tampoco se quiere indicar en este caso que se trate de un horizonte A, propiamente dicho. El suelo procede de Teulada (Alicante).

Suelo 5.—Suelo Pardo.

Arena 5 - A.—Corresponde al horizonte A (0 - 10 cm.) de un suelo pardo tomado a la salida de Guadix, en la carretera general Guadix-Murcia. Es de color pardo oscuro.

Arena 5 - B.—Fue extraída del horizonte B o (B) del perfil anterior. La profundidad es de 10-30 cm. y su color es pardo, más claro que el A.

b) *Métodos de separación de fracciones y concentración de minerales.*—Queremos resaltar que para nuestro estudio se pueden utilizar las arenas gruesas separadas del suelo por el método usual de análisis mecánico, ahora bien, como nosotros estudiamos solamente dichas arenas gruesas y no nos interesan las demás fracciones minerales que lo componen, seguiremos el método que a continuación exponemos esquemáticamente en el cuadro N.º 1 y con el que simplificamos las operaciones reduciendo notablemente el tiempo que se requiere si se siguen la técnica tradicional del análisis mecánico.

La fracción tratada solamente con H_2O_2 la reservamos para estudiar en ella los carbonatos. En las tratadas además con ClH 0,2 N eliminamos precisamente estos minerales y en las de ClH concentrado atacamos además de los carbonatos menos solubles, los óxidos e hidróxidos y demás geles que tan frecuentemente recubren a estos granos enmascarando su verdadera naturaleza.

Ahora bien, el hacer tantos tratamientos y separaciones no significa que todos ellos hayan de ser siempre utilizados para el estudio de esta fracción. Nosotros las hemos desarrollado para tratar de averiguar cuales aportan datos útiles. En las conclusiones de este trabajo deduciremos aquéllos que deben seguirse.

c.—Montaje de las arenas.

Las arenas las montamos incluyéndolas en una mezcla plástica líquida, formada por una resina de poliéster con monómero de estireno como disolvente, naftenato de cobalto como catalizador y peróxido de ciclohexano como activador, dicha mezcla endurece a temperatura ambiente.

Después de numerosos ensayos, se han utilizado como vasijas para el montaje, unas cápsulas de plástico flexible de dimensiones 3×3 cm y 2,5 de altura y que se ofrecen en el comercio para usos domésticos.

Nos puede interesar disponer en una misma preparación de varias fracciones diferentes sin que se nos mezclen. Para ello dividimos la cápsula en 4 compartimentos mediante unas láminas de cartón, como mostramos en el gráfico núm. 2.

El fondo de estas cápsulas no es totalmente plano y para corregirlo vertemos un poco de la mezcla plástica, una vez endurecida sacamos el bloquecito y desgastamos y pulimentamos su cara superior con lo que al introducirla de nuevo en la cápsula nos proporciona un fondo perfectamente plano.

Sobre esta nueva superficie se colocan los granos, llenamos la cápsula con el plástico y transcurrido el tiempo necesario para que endurezca éste, las arenas quedan engloba-

Se toman 100 g de suelo

Se tamizan por tamiz de 0,2 mm.

Se trata con H_2O_2 de 20 vol.

Se dispersa

Se obtiene la fracción ARENA GRUESA al tamizar por 2 y 0,2 mm.

Tratada con
ClH conc.

Con bromoformo

Con bromoformo

Tratada con
ClH 0,2 N

Sin otro
tratamiento

Fracción pesada

Fracción ligera

Fracción pesada

Con un imán

Con un imán

Con un imán

amagnética magnética

amagnética magnética

amagnética magnética

amagnética magnética

ligera

pesada

ligera

ligera

pesada

se monta
en bloque

amagnética magnética

amagnética magnética

amagnética magnética

amagnética magnética

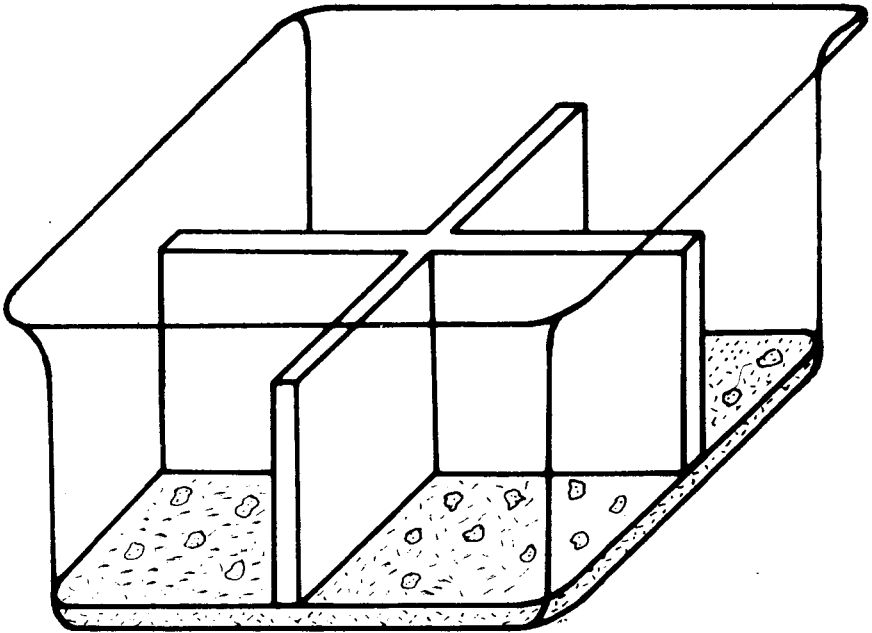


Gráfico n.º 2

das en un bloque compacto, y con él ya se pueden seguir los procesos normales de corte, desgaste, pulido, etc. necesarios para la obtención de preparaciones microscópicas.

d.—Material utilizado.

El estudio óptico de este trabajo ha sido realizado con el microscopio Ultraphot II Pol de Zeiss. Las fotografías de granos totales y formas de relieve se realizaron también con dicho microscopio empleando una técnica especial que describimos en una publicación en prensa y que consiste en privar a los microscopios de sus objetivos, reemplazando la misión de éstos por la de la lente de Bertrand-Amici.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y CONSIDERACIONES GENERALES

A continuación pasaremos a exponer brevemente algunos de los resultados más sobresalientes encontrados en este estudio; si bien deseamos señalar que nuestro propósito no es dar unas relaciones y conclusiones definitivas, ya que no es ese el plan propuesto para esta primera investigación. En general, sólo queremos resaltar el interés que puede tener el estudio de esta fracción, probar la suficiencia del método propuesto para su estudio y, en la medida de lo posible, aportar algunas ideas sobre la génesis de los minerales más frecuentemente encontrados, para tratar de hallar neoformaciones o transformaciones que justifiquen el estudio de esta fracción en las futuras investigaciones edafológicas.

De entre los minerales leucocratos más generalizados en las muestras estudiadas hay dos de ellos de especial importancia, los carbonatos y la sílice.

De los primeros podemos decir que el único representante importante es el carbonato cálcico en sus dos variedades de calcita y aragonito y si tiene algo de Mg formando dolomita. El aragonito sólo lo hemos encontrado en un suelo (el de Teulada) mineralizando a restos orgánicos como son las algas y las conchas de lamelibranquios.

La calcita está ampliamente extendida por todas las muestras del Torcal y Teulada, siendo escasa en las de Guadix. Sus formas de presentarse son diversas:

La micrita es muy abundante y corresponde seguramente a trozos de la roca madre bien conservados. En ella pueden apreciarse numerosos restos orgánicos: radiolarios, protoglobigerinas, globochaetas, cibicides, miliolidos, lagenas, nodosarios, dentalinas, restos de lamelibranquios, placas de saccocoma, gasteropodos y embriones de ammonites (microfotografía I).

La calcita espática la encontramos unas veces de neoformación, granos típicamente secundarios, con una textura en bandas, conteniendo mineralizaciones de hierro y englobando a granos de cuarzo.

Otras veces es heredada de la roca madre en cristales bien conservados (microfotografía II) o erosionados. En este último caso la erosión produce cristales columnares con su máxima dimensión coincidente con la dirección de la diagonal más corta del rombo que forman las direcciones de exfoliación.

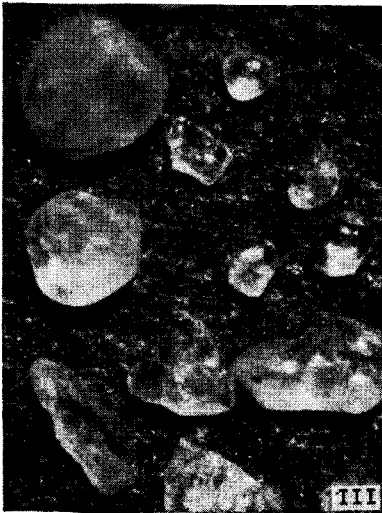
La sílice está representada por cuarzo y calcedonia. Las formas de cuarzo son heterodiosrógeas encontrando desde formas casi completamente esféricas de contornos muy redondeados y con superficies unas veces brillante (microfotografía III) y en otras "mate", hasta formas angulosas, llegándose a encontrar cristales prismáticos terminados en pirámides. Vistos en lámina delgada, unas veces son monocristalinos y otras policristalinos.

Si bien es posible encontrar todas estas formas de cuarzo en un mismo suelo, si hacemos un estudio comparativo tenemos los resultados que exponemos en el cuadro 3. De su examen se desprende que en los suelos en los que predominan las formas monocristalinas son los suelos 1, 2 y 3 o sea los procedentes del Torcal de Antequera, suelos cuya roca madre es caliza. Se concentran en los suelos 2 y 3 que son precisamente los de un mayor desarrollo.

Por el contrario en los suelos 4 y 5 predominan las formas angulosas preferentemente las policristalinas. Estos suelos proceden de rocas no calizas y son de escaso desarrollo.

Si bien en algunos casos parece evidente el origen de los granos de cuarzo, como es el caso del cristal que mostramos en la microfotografía IV, se trata de cristales policristalinos con abundantes láminas de moscovita preferentemente orientadas en una dirección y al que suponemos heredado de la roca madre de origen metamórfico. Normalmente la génesis de estas formas de cuarzo es muy problemática y sobre su origen pueden hacerse toda clase de conjeturas: ¿son heredados de la roca madre y sus formas se deben a diferentes condiciones de transporte y usura?, o, por el contrario, ¿son de neoformación, originados a partir de sílice coloidal y sus diferentes formas y características solamente reflejan distintas condiciones edáficas?

Después de considerar detenidamente las especiales características del macizo del Torcal de Antequera que es donde se dan las formas redondeadas, nosotros nos inclinamos por pensar en que sobre ellos han debido tener una muy especial influencia los procesos edáficos



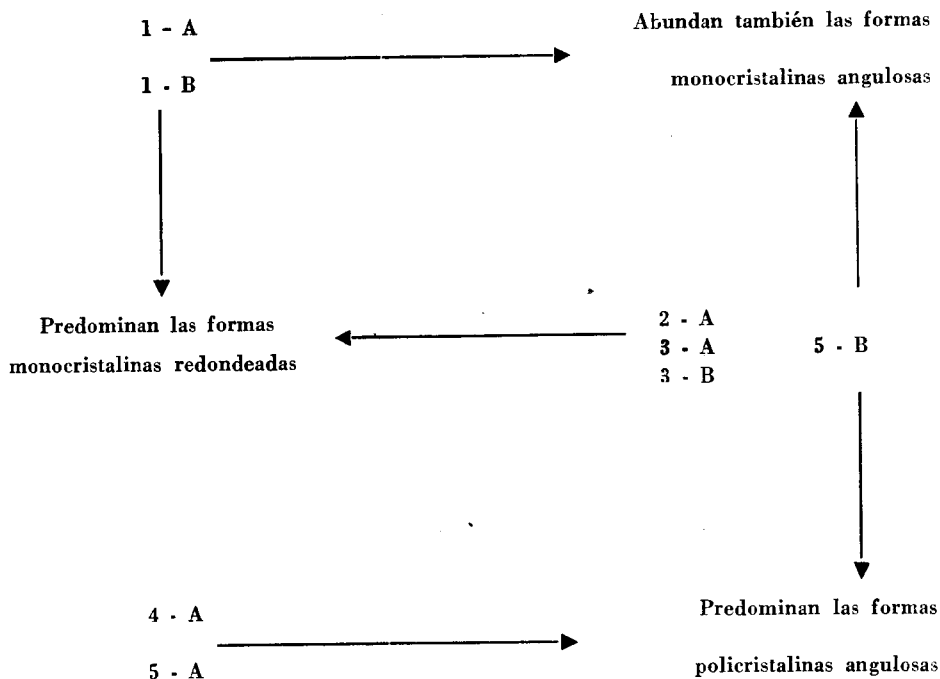
Microfotografía I.—Arena 1-A. Tratamiento H_2O_2 . Lámina delgada. Nicoles (x 20)

Microfotografía II.—Arena 3-A. Tratamiento H_2O_2 . Microscopio utilizado como lupa (x 16)

Microfotografía III.—Arena 2-A. Tratamiento H_2O_2 . Microscopio utilizado como lupa (x 12)

Microfotografía IV.—Arena 5-A. Tratamiento H_2O_2 . Lámina delgada. Nicoles cruzados (x 90)

FORMAS DE CUARZO



Cuadro n.º 3

En cuanto a los melanocratos distinguimos dos grupos fundamentales :

Los agregados que son poliminerale y al ejercer una moderada presión sobre ellos se deshacen.

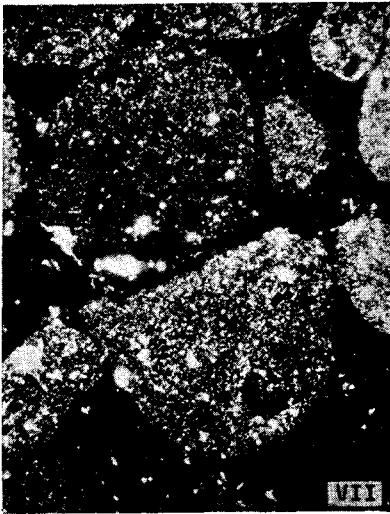
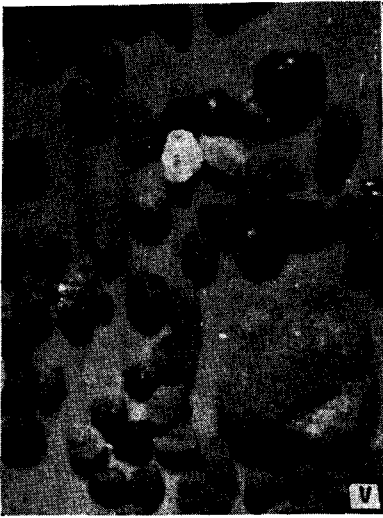
Las concreciones, están formadas por cristales bien diferenciados. Son mono o poliminerale, y no se deshacen por presión.

Las agregaciones amarillas, son de forma esférica, contornos muy redondeados, superficie pulida y brillo céreo, como puede apreciarse en la microfotografía V.

Observados en lámina delgada se comprueba que están constituidos por una masa de pequeñísimos cristales anisótropos de color amarillo, de alto índice de refracción. Conteniendo además, cuarzo, pajitas de moscovita orientadas produciendo una textura fluidal, clorita, turmalina, circón, goethita y hematites (microfotografía VI y VII).

Los agregados de color rojo presentan idénticas características a las descritas para los agregados amarillos variando sólo en el color (microfotografías VI y VII). Aunque resisten bien el ataque ácido débil, el tratamiento con ClH concentrado los ataca, pero no los deshace; en las siguientes microfotografías mostramos uno de estos granos a medio atacar. El ataque no ha llegado a su núcleo que permanece con su color rojo característico, mientras que la perifería se encuentra decolorada.

Las agregaciones se encuentran sólo en los suelos procedentes del Torcal de Antequera y se concentran en las fracciones ligeras, preferentemente en las amagnéticas.



Microfotografía V.—Arena 2-A. Tratamiento H_2O_2 . Microscopio utilizado como lupa (x 12)

Microfotografía VI.—Arena 2-A. Tratamiento H_2O_2 y ClH 0,2 N. Fracción ligera magnética. Lámina delgada. Nícoles paralelos (x 40)

Microfotografía VII.—Arena 2-A. Tratamientos H_2O_2 y ClH 0,2 N. Fracción ligera magnética. Lámina delgada. Nícoles paralelos (x 40)

Microfotografía VIII.—Arena 3-B. Tratamientos H_2O_2 y ClH conc. Lámina delgada. Nícoles paralelos (x 40)

Las concreciones pueden ser de colores amarillos, rojos, blancos y negros. Frecuentemente intervienen en un mismo grano dos tipos diferentes de concreciones.

Las concreciones amarillas y rojas se encuentran generalmente asociadas y observadas en láminas muy delgadas se comprueba que están generalmente constituidos por una matrix de cristales de color amarillo y de aspecto grumoso, englobando a unos cristales bien conformados de color rojo vivo, ambos con índices altos.

Estos granos presentan varios tipos de texturas y organizaciones, las más frecuentes son la maclada y la concrecionada (microfotografías IX, X y XI).

Con luz incidente los granos amarillos, presentan este mismo color, carecen de brillo, y tienen aspecto arcilloso; los rojos-pardos tienen un color rojizo con un brillo rojo-azul acerado y una superficie con pequeñas oquedades (tienen mal pulido). El mineral rojo constituye el interior de los granos y el amarillo se dispone a manera de cubierta externa más o menos gruesa. Debe tratarse de una transformación entre dos minerales de hierro, el núcleo rojo-pardo podría ser goethita o hematites y el de color amarillo debe tratarse de limonita.

Este tipo de concreciones es abundante en las fracciones pesadas de todas las arenas estudiadas.

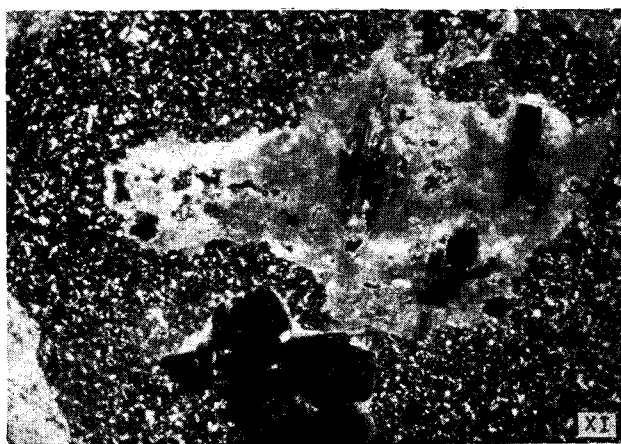
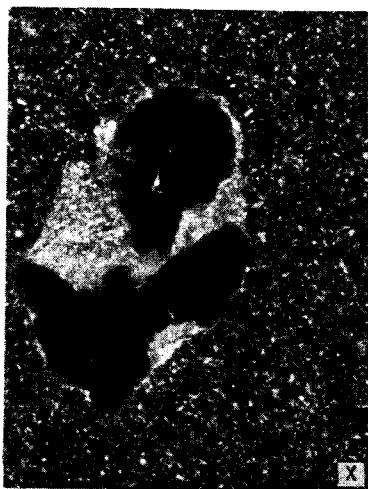
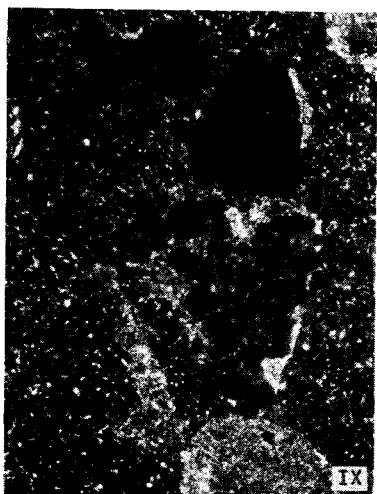
A continuación haremos algunas consideraciones acerca de los granos blanquecinos-amarillentos de superficie mate y aspecto porcelánico encontrados casi exclusivamente en las arenas de Guadix, en donde son muy abundantes. En lámina delgada son negros, o sea opacos a la luz transmitida (microfotografía XII). Con luz reflejada presentan el color blanco-amarillento (microfotografía XIII), observado ya con la lupa; dentro de ellos se distinguen zonas que siguen siendo negras con luz incidente (microfotografía XIV). Consideramos que el mineral blanquecino es leucoxeno y el negro ilmenita, habiendo encontrado todos los grados de transformación de un mineral a otro, leucoxeno a partir de ilmenita.

Por último, y aunque, como ya hemos dicho, no sea el propósito de este trabajo establecer relaciones entre la mineralogía de las arenas gruesas y los tipos de suelos, si creemos interesante exponer la mineralogía encontrada en los diferentes horizontes de un mismo suelo.

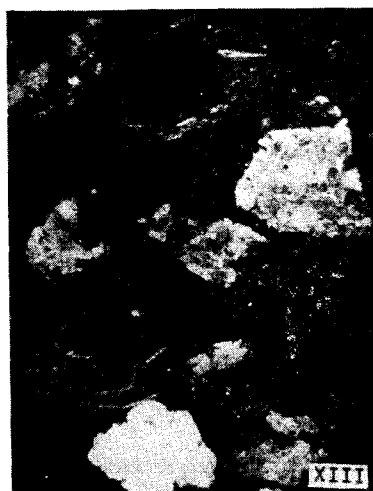
Así en la gráfica núm. 4 mostramos la mineralogía de los dos horizontes del suelo núm. 3 del Torcal de Antequera. En ella se aprecia cómo la caliza ha pasado de un contenido del 43 por ciento en el horizonte A a sólo un 3 por ciento en el B. La calcita espática varía de un 23 por ciento en el A a un 18 por ciento en el B. El cuarzo pasa de un 10 por ciento en el A a un 24 por ciento en el B. Finalmente, los agregados están en un 23 en el A y en un 55 por ciento en el B.

La gráfica núm. 5. corresponde al suelo núm. 5 de Guadix, en el cual también se manifiestan importantes diferencias mineralógicas entre los dos horizontes. El cuarzo policristalino está en proporción del 52 por ciento en el A y del 39 por ciento en el B, mientras que el monocristalino pasa de ser un discreto 11 por ciento en el A a un 45 por ciento en el B. La biotita de un 12 por ciento en el A, a un 4 por ciento en el B. La moscovita, clorita y calcita prácticamente mantienen sus proporciones en los dos horizontes, y los granos opacos pasan de ser el 15 por ciento en el A a ser el 4 por ciento en el B.

Finalmente, deseamos resaltar algunos detalles relacionados con este estudio, ya que como hemos podido apreciar el método de montaje propuesto puede ser de gran interés

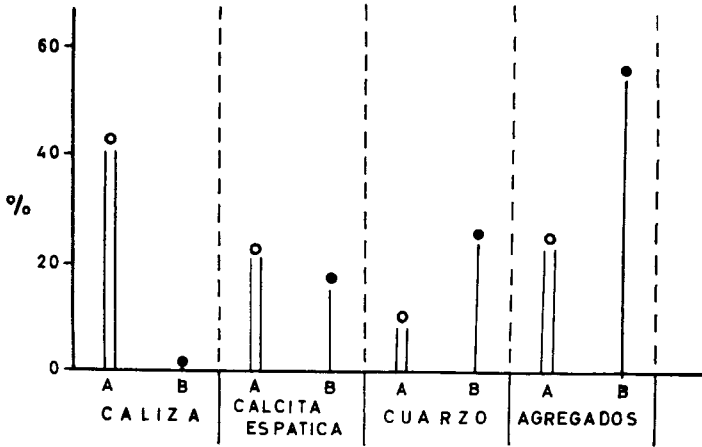


Microfotografía IX, X y XI.—Arena 2-A. Tratamientos H_2O_2 y ClH 0,2 N.
Fracción pesada amagnética. Lámina delgada. Nícoles cruzados (x 90)

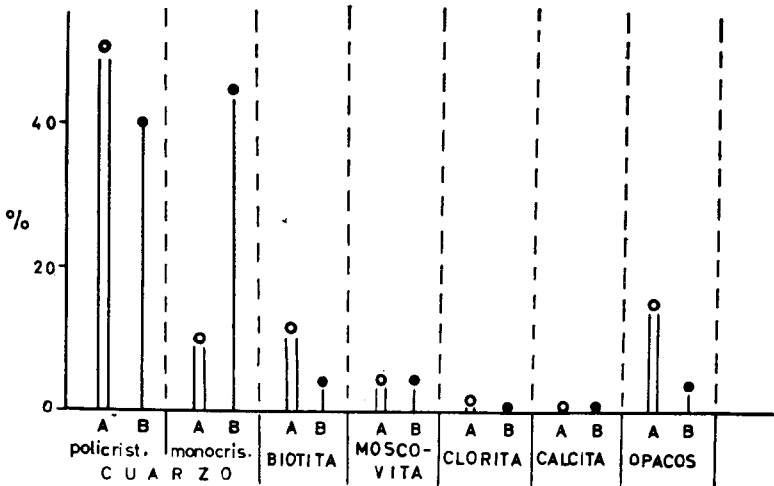


Microfotografía XII.—Arena 5-A. Tratamientos H_2O_2 y ClH conc. Fracción pesada amagnética. Lámina delgada. Nícoles paralelos (x 30)

Microfotografías XIII y XIV.—Arena 5-A. Tratamientos H_2O_2 y ClH conc. Fracción pesada amagnética. Lámina delgada. Luz reflejada (x 30 y 90, respectivamente).



Gráfica nº 4



Gráfica nº 5

para el estudio de los componentes de esta u otras fracciones minerales del suelo, pudiendo ser utilizado en el estudio y caracterización de sedimentos, claro está haciéndolo mucho más simplificado, quizás sin tratamiento con H_2O_2 . También la observación estereoscópica de granos con el microscopio, y el de fotografía con este mismo sistema, dada su gran utilidad y sencillez, pueden ser tenidos en cuenta por los microscopistas para trabajos de esta índole.

Los tratamientos con H_2O_2 , CIH 0,2 N y concentrado son de gran utilidad para la limpieza y disgregación de las partículas de arena, en la preparación para su montaje y estudio. En la separación de fracciones ligeras, pesadas, magnéticas y amagnéticas no resultó de gran utilidad en muchos de los casos estudiados, probablemente debido al carácter polimineral de la mayor parte de los granos, mientras que el carácter magnético de gran parte de las fracciones desaparece con el tratamiento con CIH concentrado, por lo que es de suponer que el mineral atraible por el ímán es soluble en este ácido.

También podríamos añadir que se pueden reconocer y ser perfectamente caracterizados ópticamente los minerales y las rocas originales que intervienen o han podido intervenir en la formación de los suelos.

Si se atiende a las formas de los minerales o agregaciones existentes en estas arenas, pueden ser deducidas consideraciones acerca de la génesis de aquellos suelos a que pertenecen:

- a) Las formas redondeadas pertenecen en general a los suelos más desarrollados.
- b) Las formas angulosas parecen ser predominantes, para ciertos minerales, en los suelos con menos desarrollo.

El cuarzo con acusado carácter monocristalino predominan en los suelos de más desarrollo, mientras que el cuarzo policristalino es la forma más general de este mineral en los suelos con escaso desarrollo.

También la cantidad, existencia o ausencia de determinados granos, su forma, composición, etc., permite en ocasiones distinguir entre sí, los horizontes de un mismo suelo, y hace posible, en algunos casos, hacer importantes deducciones acerca del proceso edáfico fundamental.

Con los granos opacos, se establecen dos tipos fundamentales: las agregaciones y las concreciones. Las primeras son siempre poliminerales, mientras que las concreciones son siempre mono o biminerales. Las agregaciones resultan originadas en los procesos edáficos por el simple acoplamiento de partículas minerales diferentes. El cemento de unión es, en muchos casos, de naturaleza arcillosa y en otros debido a formas de hierro y aluminio que no son fácilmente eliminables con los tratamientos ácidos.

Algunas concreciones presentan el interior rojo (goethita, hematites) y la zona exterior amarilla (limonita), en otras el interior es negro (ilmenita) y el exterior blanco amarillento (leucóxeno). Ambos casos se presentan en grados de transformación muy diferentes.

BIBLIOGRAFIA

- ALIAS, L. J. (1963).—Algunos aspectos de la mineralogía de Terra rossa. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, XXII, 7-8; 277-291.
- CRAMPTON, C. B. (1961).—An interpretation of the micro-mineralogy of certain Glamorgan soils: the influence of ice and wind. *J. of Soil Sci.*, 12, núm. 1; 158-171.

- CHATTERJEA, B. K. (1966).—New technique for preparing polished thin sections of heavy mineral residue. *J. of Sed. Petr.*, 36; 268-269.
- CHILLINGAR, G. U.; BRISSELL, H. J. and FAIRBRIDGE, R. W. (1967).—“Carbonate Rocks”. Elsevier, Amsterdam.
- DOBELL, J. D. and DAY, D. P. (1966).—Preparation of thin section of inconsolidated or friable sediment. *J. of Sed. Petr.*, 36; 254.
- FOIK, R. L. (1959).—Practical Petrographic Classification of limestones. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, 43; 1.
- GINSBURG, R. N., BERNARD, H. A., MOODY, R. A. y DAIGGLE, E. E. (1966).—The Shell Method of Impregnating Cores of Unconsolidated Sediment. *J. of Sed. Petr.*, 36, núm. 4; 118-1.125.
- GRIMBLEY, F. H. (1947).—Laboratory Exercises in Agricultural Chemistry. *Part. 3, Dept. Agr. Chem.*, Univ. Reading.
- KHAN, D. H. (1959).—Profile distribution of the sand minerals in some rendzinas, red-brown soils, and Terra rossas. *Soil Sci.*, 88; 67-76.
- MILNER, M. B. (1940).—Sedimentary Petrography. George Allen and Unwin Ltd. London.
- MUNSELL SOIL COLOR CHART (1954).
- PANEQUE, G. y GONZALEZ GARCIA, F. (1957).—Composición mineralógica y génesis de algunos tipos de suelos calizos béticos. *Anal. Edaf. y Fis. Veg.*, XVI; 907-947.
- PETTIJOHN, F. J. (1949).—Sedimentary Rocks. Harper Brother, New York.
- SEALE, R. S. (1956).—The heavy minerals of some soils from the neighbourhood of Cambridge. England. *J. of Soil Sci.*, 7, n.º 2; 307-318.
- SMITHSON, R. S. (1952).—The micro-mineralogy of North Wales soils. *J. of Soil Sci.* 4, n.º 2; 194-214.
- WILCUS, W. L. (1933).—Heavy minerals of the Dresbach Sandstone of Western Wisconsin. *J. of Sed. Petrol.*, 3; 83-89.
- ZINGG, Th.—Beitrage zur Schotteranalyse. *Schweiz. Min. u. Pet. Mitt.*, 15; 39-140.