

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Anal. Edaf. Tomo XVII. Números 9-10. Págs. 679-784

Madrid, SEPT.-OCT. 1958

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

Publicados por el INSTITUTO DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la colaboración de:

Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.	Laboratorio de Caminos de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos.
Instituto de Aclimatación. Almería.	Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.
Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.	Sociedad Española de Ciencia del Suelo.
Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.	Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

Ejemplar.....	20 pesetas
Suscripción anual (doce números)..	160 »

Toda la correspondencia a

ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL
Serrano, 113. Madrid (España).

Tomo XVII

NÚMEROS 9-10

SUMARIO

	Páginas
Activación de las arcillas sedimentarias de Lebrija, por <i>F. González García</i> y <i>A. Peiró Callizo</i>	679
Micromineralogía de suelos, sedimentos y rocas terciarias del Valle del Genil (Puente Genil, Ecija), por <i>Guillermo Paneque Guerrero</i>	718
Infección de diferentes géneros de leguminosas con una estirpe de <i>Rhizobium</i> procedente de <i>Pisum sativum</i> . III, por <i>E. Cabezas de Herrera Sánchez</i>	755
Sobre las comunidades animales de los suelos de España central (<i>Acarí, Oribatei</i>), por <i>Franc Mihelcic</i>	765

ACTIVACION DE LAS ARCILLAS SEDIMENTARIAS DE LEBRIJA

por

F. GONZALEZ GARCIA y A. PEIRO CALLIZO

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior se ha estudiado la constitución y propiedades de las arcillas sedimentarias de la zona de El Cuervo. Estas arcillas se han caracterizado con materiales sedimentarios de plioceno lacustre y están formadas fundamentalmente por illita y atapulgita en proporciones aproximadas del 50 por 100 de cada uno de estos minerales (1).

Como continuación al trabajo anterior y como fundamento de su aplicación en la mejora del empleo técnico de estos minerales, vamos a estudiar la activación de las tierras de Lebrija.

Entre los adsorbentes sólidos empleados por la industria, las arcillas ocupan el primer lugar, utilizándose en el refinamiento de fracciones de petróleos, de aceites animales y vegetales, grasas, ceras, etc.

Muchos de estos materiales se emplean en su estado natural. Otros muchos se someten antes de su empleo en la industria a determinados tratamientos, que exaltan o mejoran sus propiedades adsorbentes, proceso denominado *activación*. La activación puede realizarse por dos procedimientos generales: 1.º, por tratamiento del material en determinadas condiciones por disoluciones de ácidos fuertes, y 2.º, por calentamiento durante cierto tiempo a temperaturas determinadas.

El modo más usual de activación de arcillas es la activación ácida variando la naturaleza y concentración del ácido empleado, así como la temperatura y tiempo de tratamiento.

El mecanismo de la activación ácida no es bien conocido. Es evidente que en el tratamiento ácido se solubilizan determinados componentes: aluminio, hierro, magnesio, algo de sílice, etc., y que durante este proceso ocurre un ataque parcial del material. Para unos, la actividad adsorbente reside en los geles de sílice que se forman durante el ataque ácido. Para otros en la activación quedan valencias libres sobre las que se fijan las materias colorantes. López González (2) (3) (4) ha comprobado que durante la activación ácida de montmorillonita ocurre un considerable aumento de superficie y ha dado un esquema posible del mecanismo de la activación, durante la cual ocurriría un ataque parcial de algunas láminas del silicato, formándose en las partes atacadas un esqueleto de red muy alterada, con gran energía potencial y sílice libre que queda situada entre las láminas. Para otros materiales el mecanismo de la activación puede ser distinto.

Existen algunos precedentes de activación ácida de arcillas de Lebrija. R. de Borbolla y de Castro (5) han estudiado el poder decolorante en aceites de oliva de algunas arcillas de Lebrija activadas con ClH de concentración variable; y de Castro y Nosu (6) han estudiado la decoloración de aceite de oliva por muestras de estos materiales tratadas con SO_4H_2 N/2, con ClH N/2 y con una mezcla de ambos. No se ha realizado, sin embargo, ningún estudio sistemático de la activación sulfúrica ni del efecto del ataque ácido, y sobre todo, no se ha estudiado en absoluto el proceso de activación en relación con la naturaleza de estas arcillas, completamente desconocida hasta el presente, ni la modificación que el tratamiento ácido produce por ataque preferente de algunos de los materiales que las componen, etc. Tampoco hemos encontrado antecedentes sobre el estudio de su activación térmica.

En la activación ácida hemos empleado el ácido sulfúrico a distintas concentraciones, con el siguiente procedimiento: 40 grs. del material molido y tamizado por 3.600 mallas/cm² se colocan en matraces de fondo redondo provistos de refrigerantes de reflujo

y se tratan con un litro de ácido sulfúrico del 2 %, 5 %, 10 % ó 20 % de concentración, hirviendo la mezcla durante dos horas. En estas condiciones la temperatura es de unos 100°. Pasado este tiempo, se filtra la mezcla y se lava con agua caliente hasta reacción neutra. El líquido filtrado se lleva a un volumen conocido y se analiza para determinar la proporción de componentes solubles. El material activado se seca al aire y se pulveriza y tamiza de nuevo. En una parte de la muestra se realiza el estudio físico-químico del material reservándose el resto para los ensayos de decoloración. Esta activación ácida se ha realizado sobre las muestras 108 N, 109 N, 110 N, 111 N y 116 N, representativas del yacimiento, y sobre las correspondientes fracciones.

La activación térmica se ha realizado por el calentamiento de muestras separadas, en estufa u horno, durante cuatro horas a temperaturas de 100°, 200°, 250°, 300°, 350° y 400°. Se ha realizado este tratamiento con las muestras 108 N y 116 N.

En numerosas ocasiones se ha encontrado que la adsorción del azul de metileno en medio acuoso por arcillas naturales o activadas, que se realizan mediante reacción de cambio iónico y por fuerzas de Van der Waals, es un buen índice de la actividad físico-química del material (superficie específica, propiedades de cambio, etcétera) (2), (3).

Por esta causa hemos creído conveniente elegir la adsorción del azul de metileno en medio acuoso como un proceso adecuado para estudiar la actividad de las arcillas de Lebrija y sus fracciones, naturales o activadas.

Basándonos en los datos de la bibliografía y después de numerosas experiencias realizadas para fijar las condiciones óptimas, hemos elegido las siguientes: 0,5 grs. de arcilla se agitan con 100 c. c. de disolución de azul de metileno al uno por 1000, durante una hora en agitador rotatorio. Pasado este tiempo se vierte el contenido sobre un vaso de 250 c. c. y se deja sedimentar. En experiencias previas se tomaron porciones de este líquido a las dos horas, veinticuatro horas, y a los cuatro días, y se midió su poder absorbente de la luz en un absorciómetro, como se indica a continuación. Estos ensayos demostraron que veinticuatro horas es tiempo suficiente para que se haya realizado una

buena sedimentación, pudiendo tomarse una pequeña porción del líquido para la colorimetría, sin necesidad de filtración, lo cual tiene la ventaja de eliminar la absorción decolorante por el papel de filtro, que es considerable. Al cabo, pues, de veinticuatro horas se toma un c. c. del líquido transparente y se lleva a 100 c. c. En esta solución se hacen las medidas de color con un absorciómetro Speker de la casa Hilger, empleando filtro número 7 correspondiente a 605-m_μ y construyendo para cada serie de medidas una curva de calibrado con disoluciones patrón que contienen 0,625; 1,25; 2,5; 5; 10; 20 y 40 mgrs. por litro de azul de metileno. A partir de las lecturas en el absorciómetro y haciendo uso de la curva de calibrado se calcula el colorante retenido por la muestra, que se expresa en miligramos adsorbidos por 100grs. de material.

Se ha medido la adsorción de azul de metileno en todas las muestras naturales y sus fracciones, así como en las muestras 108 y 116 activadas por tratamiento con ácido sulfúrico al 2 %, 5 %, 10 %, 20 % del modo indicado anteriormente y en las calentadas a 100°, 200°, 250°, 300°, 350° y 400°. Los resultados se comentan más adelante.

DATOS EXPERIMENTALES Y CONSIDERACIONES DE LOS RESULTADOS

Las tablas I a VI contienen la proporción de componentes solubilizados desde estos materiales en el proceso de activación con SO_4H_2 de diversas concentraciones, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. Se han consignado a efectos comparativos los datos de las muestras 108 y 111 compuestas por illita y atapulgita y los de la 116 de naturaleza illítica. Estos resultados se presentan en las figuras 1 a 12. Las restantes muestras presentan un comportamiento semejante a las 108 y 111, por lo que se omiten en este comentario.

TABLA I

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO_4H_2

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO_4H_2				SO_4H_2			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>108 N</i>									
SiO ₂	56,47	2,50	1,70	1,30	0,88	4,43	3,01	2,30	1,56
Al ₂ O ₃	14,98	1,90	3,85	6,10	11,80	12,69	25,7	40,7	76,1
Fe ₂ O ₃	7,84	0,50	0,95	2,16	4,30	6,38	12,1	27,5	54,8
MgO.. .. .	4,39	0,40	1,00	1,60	2,75	9,11	22,8	36,5	62,6
<i>108 G</i>									
SiO ₂	57,51	2,70	1,80	1,69	1,41	4,68	3,13	2,94	2,45
Al ₂ O ₃	10,80	0,77	4,06	6,10	10,50	7,13	37,50	56,48	97,22
Fe ₂ O ₃	9,97	0,48	0,90	1,10	2,25	4,81	9,02	11,03	22,52
MgO.. .. .	5,54	0,70	1,05	1,95	2,45	12,64	18,95	35,20	44,22

TABLA II

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO_4H_2

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO_4H_2				SO_4H_2			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>108 M</i>									
SiO ₂	58,09	2,39	1,45	1,17	0,83	4,11	2,49	2,01	1,43
Al ₂ O ₃	12,12	2,94	4,86	6,10	5,80	24,25	40,05	50,33	47,35
Fe ₂ O ₃	7,96	0,55	1,16	3,10	4,50	6,90	14,57	38,92	54,02
MgO.. .. .	4,58	0,32	1,60	2,00	2,75	6,99	34,93	48,65	60,00
<i>108 F</i>									
SiO ₂	55,02	1,81	1,30	0,89	0,51	3,29	2,36	1,62	0,93
Al ₂ O ₃	20,51	1,71	6,14	6,17	13,40	0,34	29,96	30,08	65,33
Fe ₂ O ₃	8,83	0,60	1,38	3,95	4,48	6,80	15,62	44,73	50,76
MgO.. .. .	3,73	0,73	0,95	1,05	1,70	19,70	26,00	27,61	45,38

TABLA III

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO_4H_2

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO_4H_2				SO_4H_2			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>111 N</i>									
SiO ₂ ...	59,78	2,60	1,77	1,85	1,17	4,34	2,97	2,26	1,95
Al ₂ O ₃ ...	17,96	1,27	2,75	5,36	5,52	7,07	14,19	29,84	32,80
Fe ₂ O ₃ ...	5,48	1,03	1,93	2,04	3,18	13,79	35,22	37,22	58,10
MgO...	3,82	0,08	1,16	1,45	1,73	2,09	30,00	37,90	45,29
<i>111 G</i>									
SiO ₂ ...	61,29	2,86	2,10	1,80	1,25	4,66	3,42	2,98	2,03
Al ₂ O ₃ ...	16,89	0,65	3,85	6,65	11,60	3,85	22,79	39,37	68,68
Fe ₂ O ₃ ...	6,54	0,60	1,00	1,55	2,12	9,17	15,29	23,70	32,41
MgO...	4,82	0,90	1,55	2,23	2,85	18,67	32,16	46,27	59,12

TABLA IV

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO_4H_2

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO_4H_2				SO_4H_2			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>111 M</i>									
SiO ₂ ...	55,52	2,89	2,48	1,96	1,60	5,20	4,46	3,53	2,88
Al ₂ O ₃ ...	15,55	2,50	5,95	5,90	7,00	16,08	38,26	37,94	45,01
Fe ₂ O ₃ ...	4,36	0,90	1,40	2,50	4,00	20,64	32,11	57,34	91,95
MgO...	5,69	0,40	1,75	2,20	3,05	7,02	30,75	38,70	53,60
<i>111 F</i>									
SiO ₂ ...	54,79	2,70	2,60	2,15	1,98	4,93	4,74	3,92	3,61
Al ₂ O ₃ ...	15,46	2,43	5,50	5,80	8,30	15,72	35,57	37,51	53,68
Fe ₂ O ₃ ...	5,44	0,85	1,90	2,85	3,85	15,62	34,92	52,39	70,77
MgO...	1,99	0,80	0,98	1,18	1,52	40,20	27,22	56,28	76,33

T A B L A V

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO₄H₂

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO ₄ H ₂				SO ₄ H ₂			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>116 N</i>									
SiO ₂ ...	60,77	2,57	1,66	1,28	1,05	4,22	2,73	2,11	1,73
Al ₂ O ₃ ...	16,28	4,07	7,10	11,90	16,30	25,00	43,60	73,09	10,00
Fe ₂ O ₃ ...	6,67	0,53	1,90	3,65	6,90	7,94	28,49	54,72	58,49
MgO..	2,77	0,92	1,36	1,89	2,03	33,20	49,50	68,29	73,09
<i>116 G</i>									
SiO ₂ ...	82,43	3,95	2,80	2,55	2,21	4,79	3,39	3,09	2,68
Al ₂ O ₃ ...	1,37	0,20	0,28	0,33	0,39	14,68	20,43	24,09	28,47
Fe ₂ O ₃ ...	2,36	0,21	0,28	0,35	0,51	8,89	11,87	14,83	21,61
MgO..	1,22	0,30	0,41	0,58	0,85	24,59	33,60	47,54	69,67

T A B L A V I

Componentes fundamentales solubilizados en la activación con SO₄H₂

	Presente en nuestra muestra inicial	Solub. en 100 grs. muestra				Solub. sobre inicial = 100			
		SO ₄ H ₂				SO ₄ H ₂			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100	2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
<i>116 M</i>									
SiO ₂ ...	54,74	2,12	1,95	1,43	0,85	3,88	3,56	2,61	1,55
Al ₂ O ₃ ...	22,81	3,18	9,60	12,46	17,59	13,94	42,09	54,68	77,11
Fe ₂ O ₃ ...	5,27	0,40	1,00	3,12	4,56	7,54	18,97	59,20	86,52
MgO..	2,55	0,48	0,82	1,70	2,58	18,82	32,16	66,66	78,43
<i>116 F</i>									
SiO ₂ ...	52,23	2,01	1,80	1,30	0,72	3,84	3,45	2,49	1,38
Al ₂ O ₃ ...	19,96	2,83	5,93	11,46	14,48	14,17	29,70	57,42	72,43
Fe ₂ O ₃ ...	6,34	0,57	1,18	3,42	4,40	8,99	18,61	53,80	69,40
MgO..	3,24	0,57	1,12	1,46	2,20	17,50	34,57	45,06	61,69

Como se deduce del examen de los datos de las tablas I a VI el ataque de la muestra 108 o sus fracciones con SO_4H_2 del 2 %, 5 %, 10 % ó 20 % libera una importante proporción de aluminio, hierro y magnesio que aumenta, como es lógico, al aumentar la concentración del ácido empleado. Esta proporción alcanza para el ácido de mayor concentración, valores del 48 al 97 % del Al_2O_3 ,

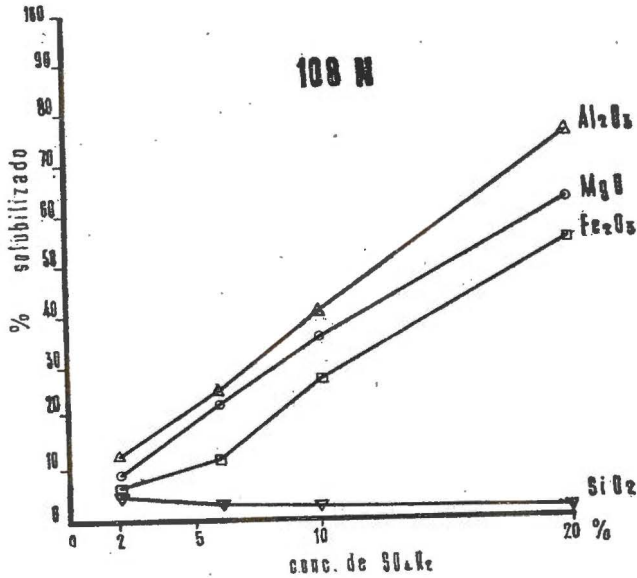


FIG. 1

Componentes solubilizados por ataque ácido.

del 45 al 62 % de MgO y del 50 % de Fe_2O_3 existentes en la muestra original. Estos valores revelan que el tratamiento ácido debe producir una elevada destrucción del material, mayor al aumentar la concentración de aquél. La proporción de sílice existente en los líquidos del tratamiento es siempre pequeña y disminuye al aumentar la concentración ácida. La mayor parte de la sílice liberada en la destrucción parcial del material debe quedar insolubilizada en el medio ácido existente. La naturaleza de esta sílice y la forma de su deposición sobre el material, deben ser un factor importante en la actividad decolorante de estos productos.

La proporción de Al_2O_3 liberada en el tratamiento ácido es en general mayor que la de MgO , considerados ambos respecto al existente en la muestra original como 100. De los 16 tratamientos realizados para esta muestra (4 fracciones por 4 concentraciones de ácido) sólo tres hacen excepción a esta norma general. Si se tiene en cuenta que el fraccionamiento produce

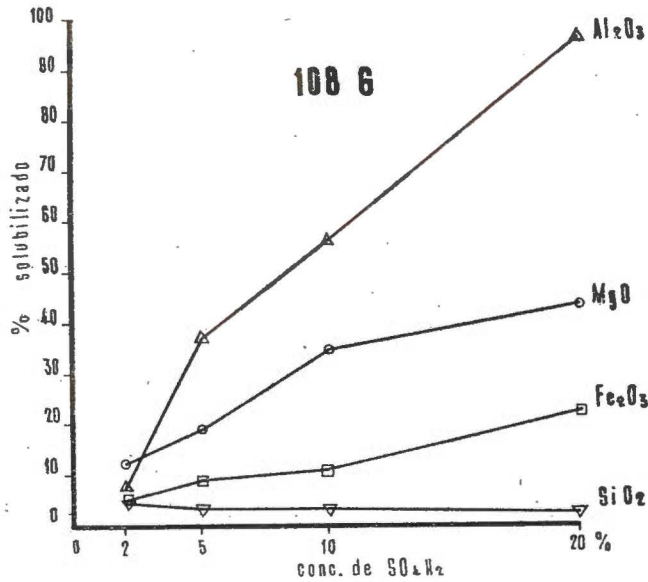


FIG. 2

Componentes solubilizados por ataque ácido.

solamente una separación moderada de illita y atapulguita, componentes fundamentales de esta arcilla, es permisible enjuiciar el efecto general de un tratamiento determinado hallando la media de las proporciones liberadas de ambos componentes por dicho tratamiento en las cuatro muestras 108 (natural y fracciones). Realizado este cálculo, las proporciones de Al_2O_3 y MgO solubilizadas son de 13 y 11 % respectivamente para el ácido del 2 % de concentración, del 33 y 23 % para el de 5 %, del 44 y 33 % para el de 10 % y de 71 y 53 % para el de 20 %, superando en todos los casos la proporción media de Al_2O_3 liberado a la de MgO .

Como se recordará, de todas las determinaciones realizadas sobre esta muestra llegamos a la conclusión de que está compuesta por illita y atapulguita en proporción aproximada del 50 %, con una concentración preferente de mineral fibroso en la fracción gruesa y de illita en la fracción fina.

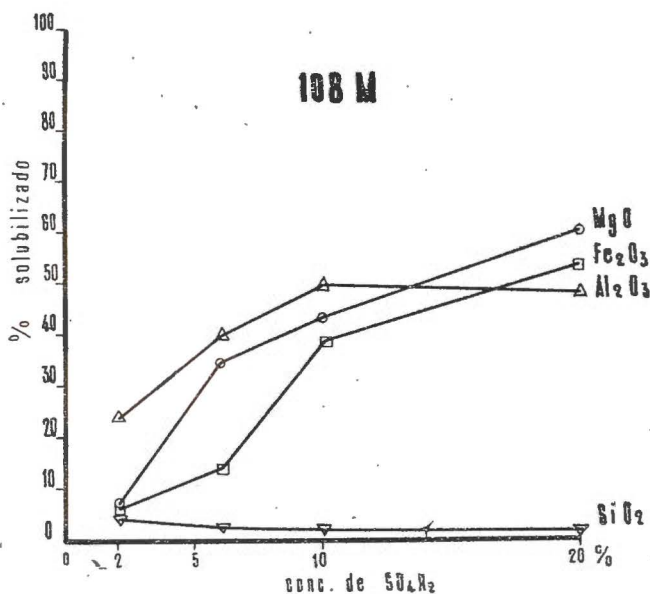


FIG. 3

Componentes solubilizados por ataque ácido.

No conocemos datos de la bibliografía sobre activación ácida de illita o atapulguita. Para otros silicatos con redes de tres capas del grupo de la montmorillonita, han encontrado Gutiérrez Ríos y López González que el ataque con ácido libera una proporción más alta de MgO que de Al_2O_3 . Resultados análogos han encontrado Mayer y González García (7) en la activación de una bentonita de Tidinit para emplearla con fines de catálisis. Es evidente que estos resultados no pueden trasladarse sin reservas al caso de la activación ácida de materiales de naturaleza illítica. La illita, con menor hidratación interlaminar y mucho más redu-

cida superficie interna accesible a la disolución ácida, debe presentar un comportamiento algo diferente y probablemente una mayor resistencia al ataque ácido que la montmorillonita. Sin embargo, para una illita algo alterada, como debe ser la existente en las arcillas de Lebrija, a juzgar por su bajo contenido en potasio, el tratamiento ácido debe conducir a resultados no muy

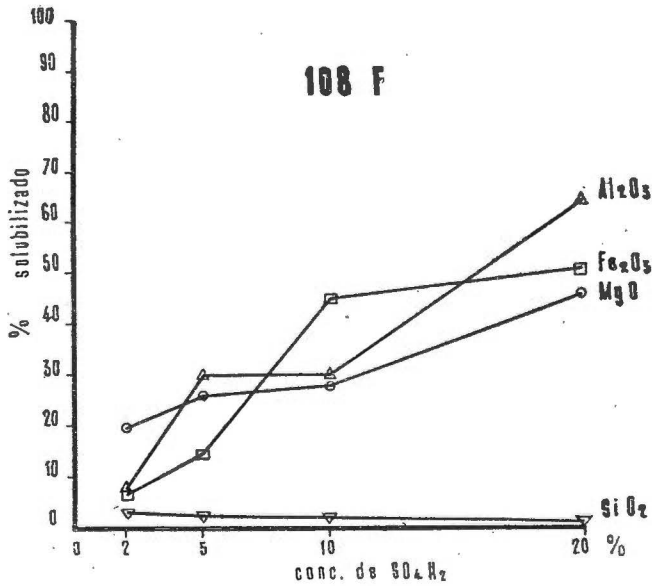


FIG. 4

Componentes solubilizados por ataque ácido.

diferentes de los de la montmorillonita. Un material tal debería en consecuencia solubilizar más fácilmente el magnesio que el aluminio contenido en la muestra.

El hecho de que a pesar de estas consideraciones el ataque con ácido sulfúrico de las muestras 108 libere en general un porcentaje más elevado de Al₂O₃ que de MgO debe interpretarse, según nuestra opinión en el sentido de que la atapulguita es más resistente que la illita al ataque ácido, al menos en la forma en que ambas se encuentran en estos materiales. En efecto, como indi-

camos al discutir los datos de análisis químico de estas muestras, aunque ambos silicatos contienen Al y Mg en su composición, el Al debe suponerse concentrado preferentemente en la illita mientras la mayor cantidad de magnesio debe encontrarse en la atapulguita. Si este último silicato resiste más al ataque ácido que la illita, en los líquidos resultantes del tratamiento existirá una

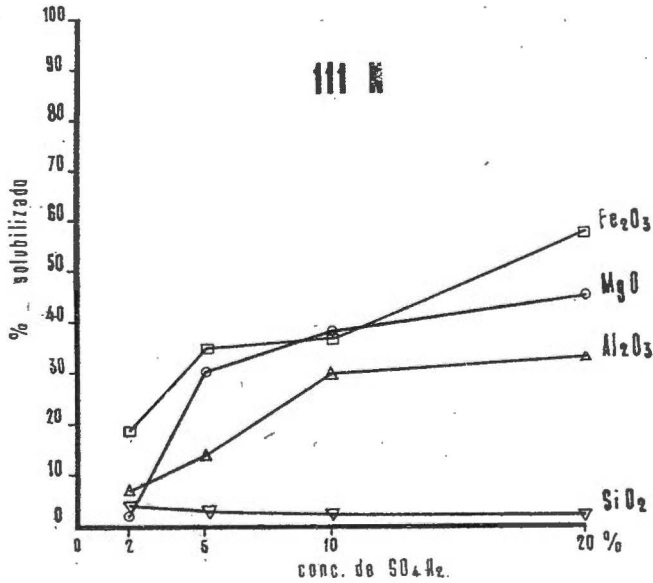


FIG. 5

Componentes solubilizados por ataque ácido.

proporción de Al₂O₃ mayor que la de MgO, calculados ambos en tanto por ciento del contenido en la muestra inicial. En otros términos, estimamos que, si bien el ataque ácido ha de afectar a ambos minerales, se realiza con preferencia sobre la illita que, de este modo, muestra una menor resistencia a la acción del ácido sulfúrico. La mayor diferencia entre las proporciones de Al₂O₃ y MgO liberados se encuentra, como se indica en la tabla I y fig. 2, en la fracción gruesa, que según indicamos en otro lugar, tiene una apreciable concentración en atapulguita. Esta diferencia se atenúa en las fracciones media y fina.

Como indicaremos más adelante estas conclusiones están de acuerdo con las del examen röntgenográfico de las muestras activadas.

La muestra 111 presenta un comportamiento ligeramente diferente. En 11 de los 16 tratamientos realizados con esta muestra y sus fracciones, la proporción de magnesio liberado supera a la

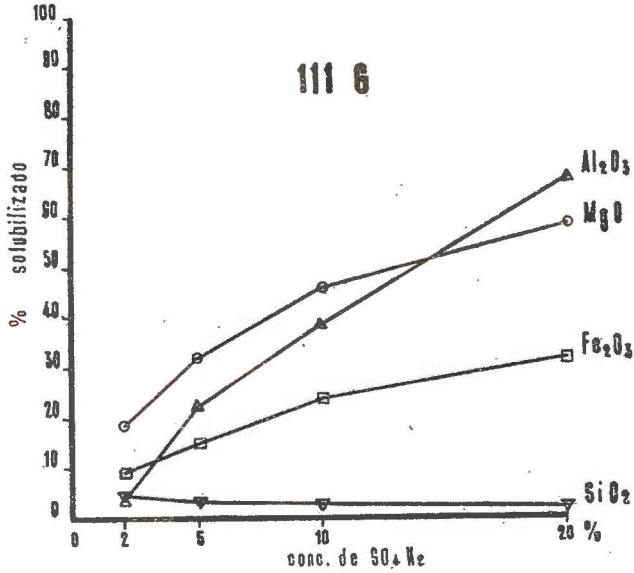


FIG. 6

Componentes solubilizados por ataque ácido.

de Al, calculados como MgO y Al₂O₃, respectivamente, en porcentaje del existente en la muestra original. La proporción media de ambos componentes liberados por un mismo tratamiento ácido sobre todas las fracciones es asimismo de 10,7 % Al₂O₃ y 17 % de MgO para el ácido sulfúrico del 2 % ; 27 % Al₂O₃ y 30 % MgO para el ácido del 5 % ; 36 y 45 % respectivamente para ambos componentes en ácido del 10 %, y 50 % y 61 % respectivamente para el Al₂O₃ y MgO en el ácido del 20 %.

Como se indicó en otro lugar, las distintas determinaciones realizadas conducen a la conclusión de que en la muestra 111 pre-

domina la illita sobre la atapulguita, acentuándose esa distribución en las fracciones finas. En tal caso una parte importante del Mg total debe encontrarse en la illita, componente más abundante. Siendo por otra parte esta última más fácilmente atacable y su Mg fácilmente soluble, estos resultados estarían de acuerdo con

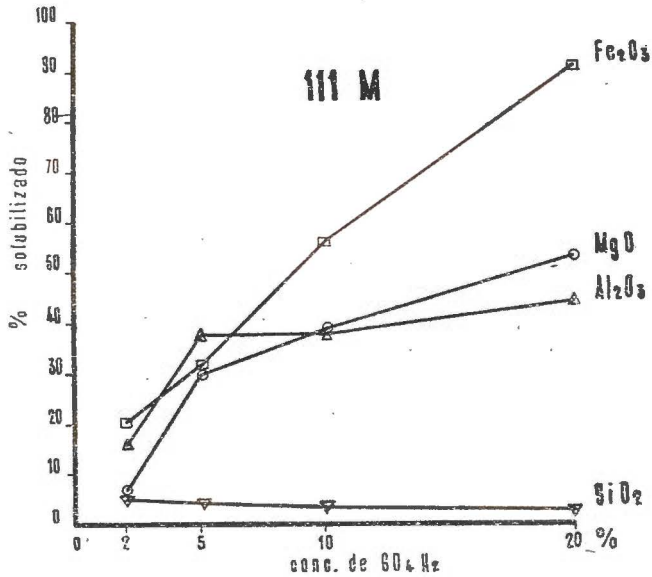


FIG. 7

Componentes solubilizados por ataque ácido.

la proporción de los minerales componentes y su resistencia relativa al ataque ácido.

Los porcentajes totales de Al_2O_3 y MgO liberados en las distintas fracciones de ambas muestras 108 y 111 por cada ataque ácido son aproximadamente del mismo orden, de acuerdo con su naturaleza general semejante, que sólo difiere en cuanto a proporciones en que se encuentran los componentes fundamentales.

En la activación ácida de la muestra 116, 11 de los 16 tratamientos disuelven una proporción de Mg mayor que la de Al,

calculados como Al_2O_3 y MgO respectivamente, en porcentaje del existente en la muestra original.

La media como en casos anteriores de estos componentes solubilizados por un determinado tratamiento ácido sobre todas las fracciones, es de 16,9 % de Al_2O_3 y 23,3 % de MgO para el ácido sulfúrico al 2 % ; 34 y 35 % respectivamente de cada uno para el

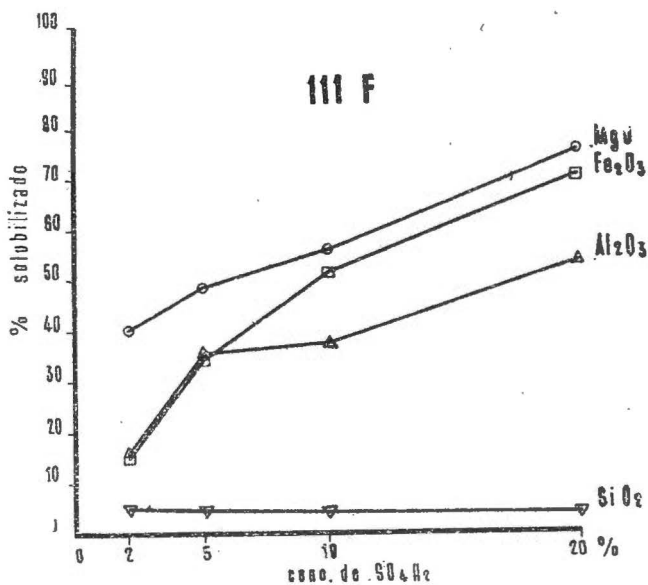


FIG. 8

Componentes solubilizados por ataque ácido.

ácido sulfúrico al 5 % ; 52 y 56 % para el de 10 % y 69 y 71 % para el de 20 %.

Como se indicó en otro lugar, esta arcilla está formada como componente fundamental por una illita muy alterada, con considerable grado de hidratación y pobre en potasio. En ella y de acuerdo con lo indicado anteriormente, el Mg es más fácilmente soluble que el Al. Sin embargo, mientras la proporción de Al_2O_3 llega a importar hasta el 72 y 74 % en las fracciones finas (que deben considerarse como el material más puro) para el SO_4H_2

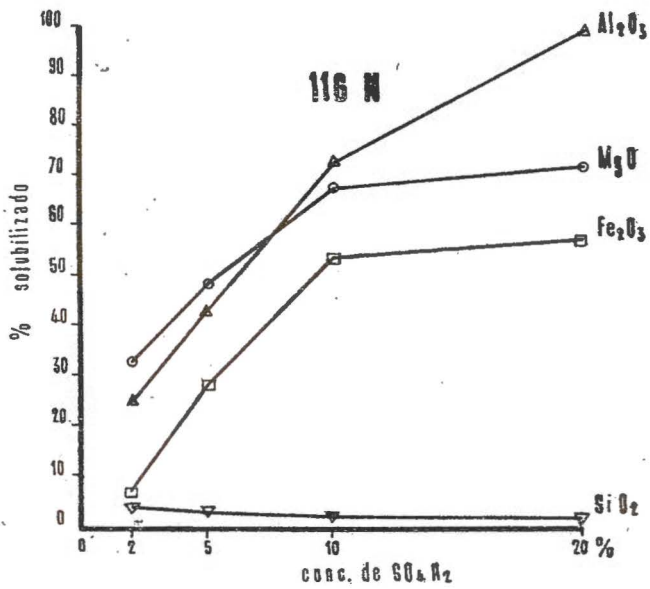


FIG. 9

Componentes solubilizados por ataque ácido.

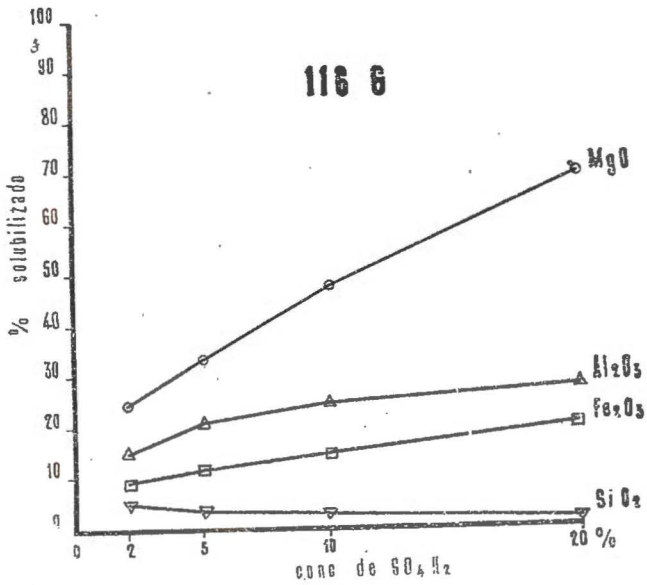


FIG. 10

Componentes solubilizados por ataque ácido.

del 20 %, valores del mismo orden que los que se alcanzan en condiciones semejantes con montmorillonita, el MgO sólo llega como máximo al 78 %, frente al 100 por 100 alcanzado en algunas montmorillonitas, por lo que estimamos que esta illita es más resistente que la montmorillonita al ataque ácido o, al menos, su

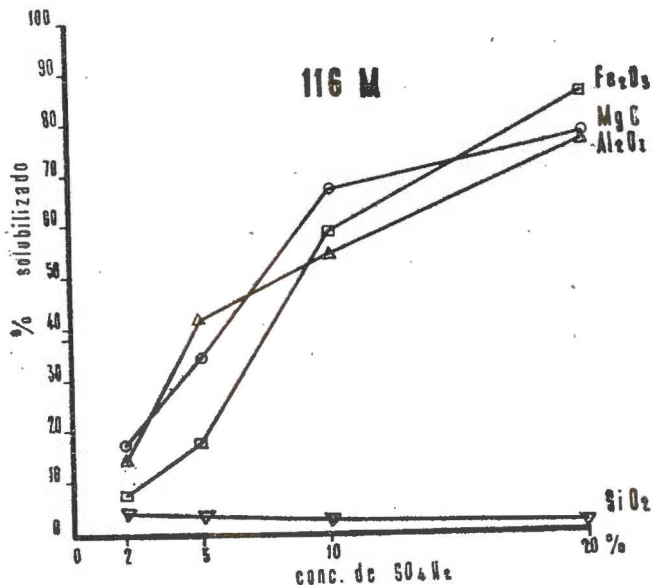


FIG. 11

Componentes solubilizados por ataque ácido.

magnesio más difícilmente soluble, de acuerdo con consideraciones que hicimos anteriormente.

En general en este material para concentraciones de ácido del 10 % o más altas la proporción de Al_2O_3 y MgO liberados alcanza o supera ya el 50 %, por lo que la destrucción del material debe ser muy importante.

Con el fin de completar el conocimiento del efecto del tratamiento ácido sobre las arcillas de Lebrija, en especial sobre las compuestas por illita y atapulguita, hemos obtenido las curvas de análisis térmico diferencial y los diagramas de rayos X de las

muestras 108 activadas con ácido. La figura 13 contiene los registros de análisis térmico de las muestras 108 y 116 activadas y la tabla VII los datos de difracción de rayos X de las primeras.

TABLA VII

Datos de difracción de rayos X de la muestra 108 activada con SU_4H_2 al 2 %, 5 %, 10 % y 20 %

Línea núm.	108 (2 por 100)		108 (5 por 100)		108 (10 por 100)		108 (20 por 100)	
	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
1	10,50	F	10,57	F	10,53	F	10,51	F
2	6,40	MD	6,37	MD	6,40	MD	6,37	MD
3	5,40	MD	5,40	MD	5,42	MD	5,40	MD
4	4,95	MD	5,02	MD	5,02	MD	5,02	MD
5	4,45	M	4,50	F	4,50	M	4,60	M
6	4,30	MD	4,21	D	4,23	M	4,26	M
7	4,04	MD	3,59	MD	3,50	MD	3,66	MD
8	3,38	M	3,35	F	3,31	MF	3,51	MD
9	3,28	MD	3,18	MD	3,24	MD	3,33	MF
10	3,14	MD	3,00	MD	2,98	MD	3,25	MD
11	3,00	MD	2,60	M	2,58	F	2,90	MD
12	2,56	M	2,55	MD	2,48	MD	2,70	MD
13	2,40	MD	2,46	MD	2,39	MD	2,57	M
14	2,39	MD	2,40	MD	2,29	MD	2,47	MD
15	2,29	MD	2,28	MD	2,13	MD	2,39	MD
16	2,16	MD	2,14	MD	2,05	MD	2,27	MD
17	2,06	MD	2,07	MD	1,99	MD	2,12	MD
18	2,00	MD	1,99	MD	1,82	M	1,98	MD
19	1,85	MD	1,82	MD	1,68	MD	1,82	D
20	1,80	MD	1,78	MD	1,55	D	1,67	D
21	1,71	MD	1,50	MD	1,51	D	1,55	D
22	1,68	MD	1,38	MD	1,41	D	1,50	D
23	1,55	MD	1,34	MD	1,37	M	1,38	D
24	1,50	D	1,32	MD			1,33	MD
25	1,38	MD					1,29	MD
26							1,28	MD
27							1,11	MD
28							1,09	MD

Como puede verse en la figura 13 el aumento de la concentración de ácido empleado en la activación produce una destrucción creciente del material, que se manifiesta en una creciente disminución de la intensidad de los efectos endotérmicos característicos. Este hecho se observa claramente en las muestras 108 activadas y afecta principalmente a los efectos de 240°, 430°, 550° y 87°. Hay

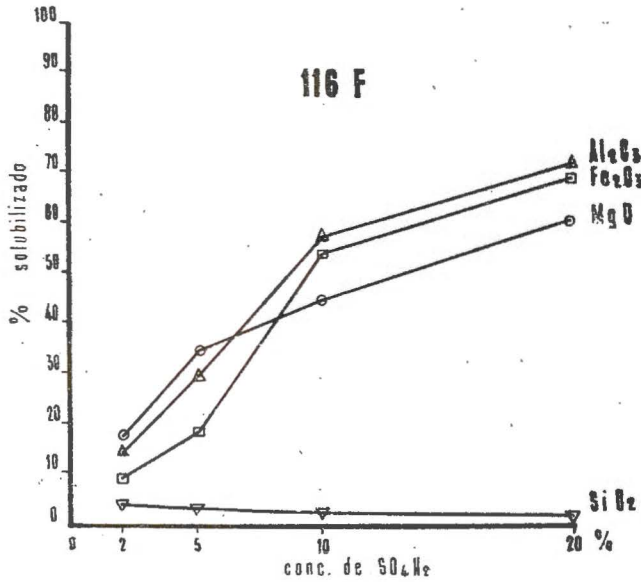


FIG. 12

Componentes solubilizados por ataque ácido.

una disminución gradual de la intensidad de los efectos de 240°, 550° y 870° que indican un ataque creciente de atapulguita o illita al aumentar la concentración del ácido. El gran efecto de 550° de la muestra natural, que presenta casi sin modificación la tratada con ácido sulfúrico al 2 %, disminuye fuertemente de intensidad al aumentar la concentración de éste, hasta quedar muy reducido para la muestra tratada con SO₄H₂ al 20 %. El efecto endotérmico de altas temperaturas desaparece prácticamente para concentraciones de ácido más altas que el 10 %. Estos hechos indican un fuerte ataque ácido de la illita existente en este material. La

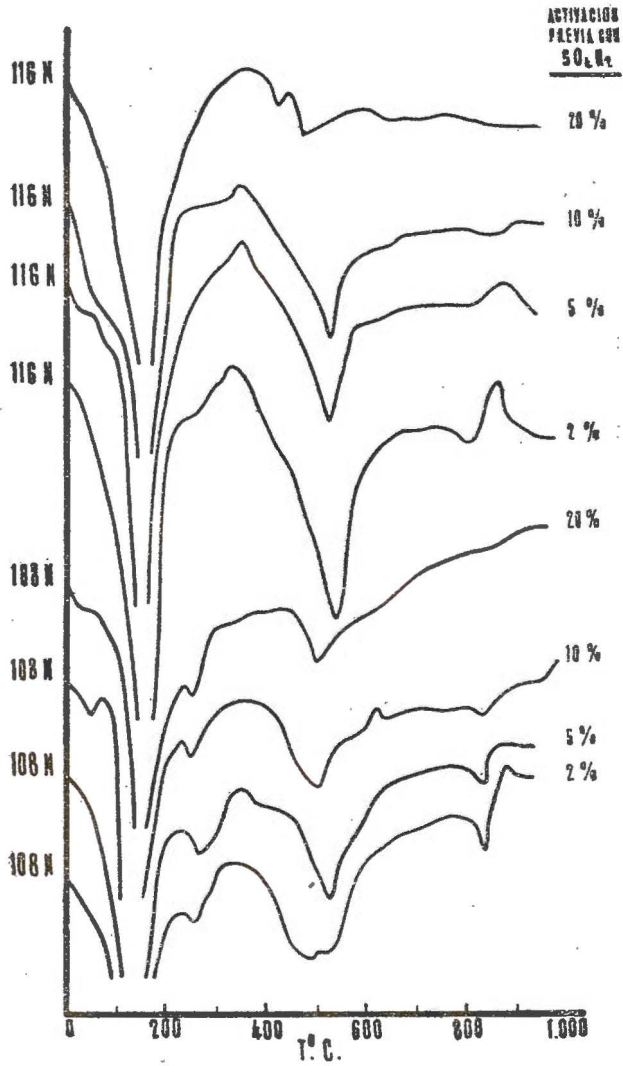


FIG. 13

Análisis térmico diferencial de arcillas de Lebrija activadas con ácido.

disminución progresiva de la intensidad del efecto de $2\theta_0$ indica también una destrucción creciente de la atapulguita. Sin embargo el pico correspondiente es claramente observable en todos los casos a pesar de tratarse de un efecto que no es muy intenso ni

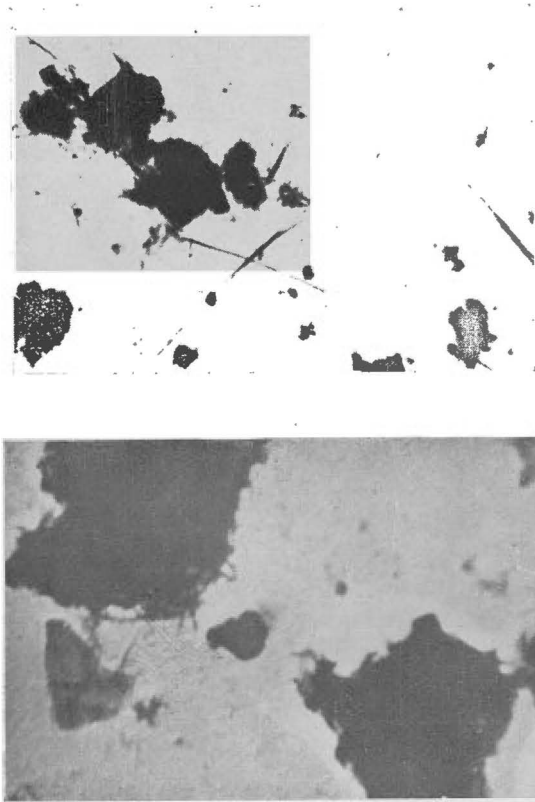


FIG. 14

Microfotografías al microscopio electrónico de arcillas de Lebrija
Muestras 108 N (2 %) y 108 N (20 %).

siquiera en las muestras originales. El ataque de la atapulguita no debe ser demasiado enérgico a juzgar por esta circunstancia. Todo esto se confirma por las curvas de análisis térmico de las muestras 116 sometidas a los mismos tratamientos que presentan

una brusca disminución de la intensidad del efecto endotérmico de 550° y del de altas temperaturas, hasta el extremo de que el primero llega casi a desaparecer y el segundo falta totalmente en la

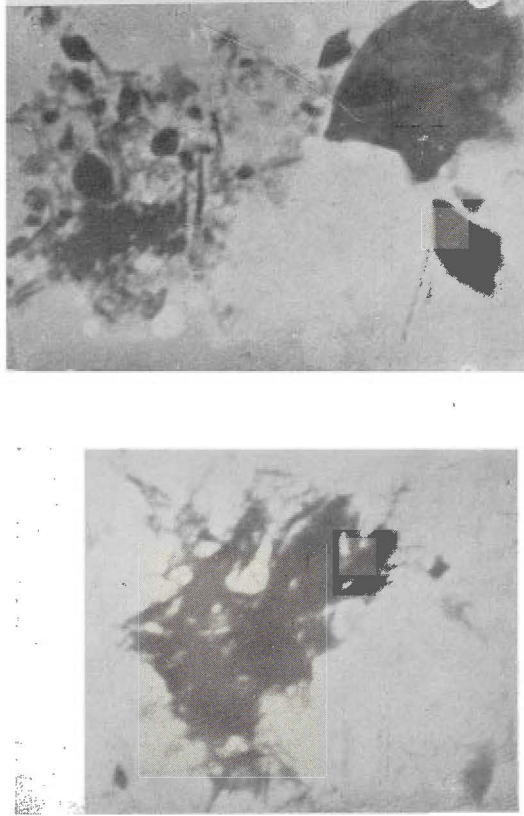


FIG. 15

Microfotografías al microscopio electrónico de arcillas de Lebrija.
Muestras 108 F (2 %) y 108 F (20 %).

muestra tratada con SO_4H_2 al 20 %, lo que indica una intensa destrucción parcial creciente del material illítico al aumentar la concentración del ácido.

Los diagramas de rayos X de las muestras 108 activadas, pre-

sentan caracteres análogos al de la muestra original existiendo las líneas de difracción de la illita y atapulguita, componentes de este material. Sin embargo es de interés notar los siguientes hechos particulares: a) Las líneas a 6,40 y 5,40 Å características de la atapulguita no sólo se aprecian perfectamente en todas las muestras, incluso en las tratadas con ácido sulfúrico al 10 y 20 %, sino que aunque se mantienen siempre de intensidad muy débil, son más nítidas y claramente observables a medida que aumenta la concentración del ácido empleado en la activación; b) La difracción a 4,23-4,25 Å atribuible al cuarzo, aumenta en intensidad al aumentar también la concentración del ácido empleado; c) Igualmente la difracción a 3,33 Å de illita y cuarzo, aumenta en intensidad, en este mismo sentido. Atribuimos los hechos mencionados en b) y c) a un aumento en la concentración de cuarzo de las muestras, por resistir a este tratamiento el cuarzo ya existente y a que alguna parte de la sílice liberada en la destrucción parcial del material alcance una ordenación estructural de tipo cuarzo. La circunstancia mencionada en a) es, a nuestro juicio, de un gran interés y está de acuerdo con nuestra conclusión anterior de un ataque ácido preferente de la illita. La atapulguita, más resistente, da entonces con más nitidez unas líneas de difracción características, que se hacen muy claramente visibles en las muestras activadas con sulfúricos al 10 y 20 %.

Con objeto de observar el efecto del tratamiento ácido sobre estos materiales, hemos realizado el examen al microscopio electrónico de las muestras activadas 108. N y 108 F procedentes de todos los tratamientos.

En todos los casos ha sido posible observar perfectamente la mezcla de los dos materiales, illita y atapulguita, junto con algunas partículas de mica, pocos cristales de caolinita y algunos otros muy raros, cúbicos, al parecer de óxido de magnesio, etc. Como indicamos anteriormente, resulta difícil estimar, por la observación al microscopio electrónico, la proporción en que se encuentran dos materiales de tan diferente hábito cristalino como illita y atapulguita, sobre todo cuando ambos existen en cantidades no muy diferentes. No obstante, en todos los casos, las partículas

de atapulguita se han podido observar con toda claridad y nitidez, apreciándose poca destrucción o alteración por efecto del ataque ácido. En algunos casos (muestra 108 N tratada con SO_4H_2 5 % y 108 F SO_4H_2 5 %) la atapulguita parece estar en proporción predominante en el campo del microscopio.

Aunque no hemos podido obtener buena fotografía de todas estas preparaciones, las figs. 14 y 15 presentan aspectos parciales de ambas muestras tratadas con SO_4H_2 del 2 % y 20 %, pudiendo observarse claramente, la persistencia de la masa fundamental de partículas de atapulguita, incluso en la muestra tratada a reflujo con SO_4H_2 al 20 %, lo cual está de acuerdo con la mayor resistencia que atribuimos a este mineral para el ataque ácido.

De todo lo anterior puede concluirse, por lo tanto, que aunque la acción del ácido sulfúrico afecta, naturalmente, a ambos minerales componentes principales de las arcillas de Lebrija, la atapulguita muestra una mayor resistencia a la acción del ácido sulfúrico, puesta especialmente de manifiesto en las muestras que se trataron con ácido de mayor concentración.

Con el fin de estudiar la influencia que el tratamiento térmico a ciertas temperaturas produce en las propiedades fisicoquímicas de estas arcillas, en especial de su poder absorbente, hemos sometido la muestra 108 que consideramos más representativa de este yacimiento a calentamiento durante ocho horas a 400 y 440°. Con objeto de tener una idea de la modificación sufrida por el material en este tratamiento, se han obtenido los diagramas de rayos X de estas muestras. Los datos correspondientes se expresan en la tabla VIII, en la que se incluye para facilidad en la comparación, el diagrama de la muestra 108 original.

Según Longchambon (8), cuando la atapulguita se calienta a 400° experimenta una concentración en dirección normal al eje *c* y la estructura cambia a otra estable hasta temperaturas de unos 700°. El diagrama de rayos X sufre al mismo tiempo un cambio notable: la línea a 10,54 Å se reemplaza por un halo difuso y las restantes líneas del diagrama se modifican profundamente.

TABLA VIII

Líneas de difracción de rayos X de la muestra 108 de arcilla de Lebrija natural y de las muestras calentadas a 400 y 440°

Línea núm.	108 N		108 N 400°		108 N 440°	
	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
1	10,44	MF	9,71	D	9,87	F
2	6,34	D	4,82	MD	6,33	MD
3	5,47	D	4,50	M	5,08	MD
4	4,99	D	4,20	MD	4,52	F
5	4,42	F	3,48	MD	4,33	MD
6	4,21	D	3,32	F	3,92	MD
7	4,15	D	3,20	MD	3,74	MD
8	3,37	F	3,03	MD	3,54	MD
9	3,23	MD	2,57	M	3,36	F
10	3,05	D	2,46	MD	3,20	MD
11	2,59	F	2,31	MD	3,04	F
12	2,47	MD	2,20	MD	2,57	M
13	2,40	MD	2,13	MD	2,50	D
14	2,27	D	2,11	MD	2,42	MD
15	2,14	D	1,97	MD	2,29	M
16	1,99	D	1,82	D	2,09	D
17	1,88	MD	1,65	MD	1,90	D
18	1,82	D	1,54	MD	1,86	D
19	1,70	D	1,51	MD	1,83	MD
20	1,54	MD	1,37	MD	1,60	MD
21	1,51	M	1,29	MD	1,52	MD
22	1,37	D				
23	1,30	D				

Las muestras de Lebrija representan un caso de mayor complejidad, ya que por estar formadas por illita y atapulguita como minerales fundamentales, en los diagramas de las muestras calentadas se observarán las modificaciones sufridas por ambos minerales. Tanto en las muestras calentadas a 400° como en las que lo fueron a 440°, hemos observado una debilitación general de la parte central del diagrama con desplazamiento de la línea de 10,5 Å

a 9,7-9,8 Å, hecho que se debe indudablemente a la desaparición de la difracción correspondiente a la atapulguita y conservación de la correspondiente a la illita deshidratada que se hace más aguda. En la muestra calentada a 400° fué imposible leer con seguridad las líneas de 6,4 y 5,4 Å de atapulguita, aunque parece observarse un débil ennegrecimiento a las distancias correspondientes. Las restantes líneas de este diagrama son prácticamente las de la muestra original, pero mucho más débiles. El diagrama de la muestra calentada a 440° presenta mayores diferencias con el de la muestra no tratada. Aparte de la modificación ya citada en la primera línea de difracción, es digno de notar la existencia de la línea a 6,33 Å de atapulguita, la aparición de nuevas líneas muy débiles a 3,92 Å, 3,74 y 3,54 Å, la existencia de una línea de intensidad fuerte a 3,04 Å, que era débil o muy débil en la muestra original y el cambio de intensidad de otras difracciones.

En resumen, puede concluirse que el diagrama de difracción de rayos X de estas arcillas, compuestas de illita y atapulguita comienza a modificarse por calentamiento de las muestras a 400°, pero la modificación profunda del mismo se produce por calentamiento a 440°. Estos hechos se deben indudablemente a la existencia de la atapulguita, y sugieren que si bien la modificación es perceptible a 400°, de acuerdo con lo consignado en la bibliografía, no es muy intensa sino a 400-450°. Incluso después de calentar varias horas a 400° pueden registrarse algunas difracciones características de la paligorskita, tal como la de 6,4 Å.

Adsorción de azul de metileno en medio acuoso.—Las tablas IX y X contienen los datos de retención de azul de metileno en medio acuoso por las muestras de arcillas de Lebrija y sus fracciones y por las muestras 108 y 118 activadas con ácido o sometidas a tratamiento térmico; y las figuras 16 y 17 la presentan gráficamente.

TABLA IX

Adsorción de azul de metileno en medio acuoso (grs./100 grs.)

Muestra	Colorante adsorbido grs./100 grs.			
	Nº	> 1,12 μ	1,12-0,36 μ	< 0,36 μ
108	8,75	7,50	8,00	9,70
109	8,63	7,00	9,20	9,30
110	9,63	6,75	10,80	10,60
111	7,88	8,60	8,80	9,50
112	8,63	7,10	9,50	10,00
113	7,50	7,10	9,80	8,80
116	17,25	4,15	16,40	17,50
118	8,75	5,60	10,40	10,70
121	7,25	6,10	6,80	10,20
122	8,63	4,50	8,70	9,00

TABLA X

Adsorción de azul de metileno por muestras de arcillas de Lebrija activadas por ácido o sometidas a tratamiento térmico

Muestra	Colorante absorbido en grs./100 grs.				
	Nº	Activación previa con SO ₄ H ₂			
		2 por 100	5 por 100	10 por 100	20 por 100
108 N	8,75	5,80	5,00	3,40	1,60
116 N	17,25	9,30	7,20	4,60	1,40

Muestra	Nº	Calentamiento previo a					
		95°	200°	250°	300°	350°	400°
108 N	8,75	7,30	6,80	8,30	8,00	8,00	6,40
116 N	17,25	19,69	18,50	18,00	15,60	15,40	9,50

Como se muestra en los datos anteriores la generalidad de las muestras de arcillas de Lebrija naturales (exceptuada la 116 «tierra de vino») poseen una capacidad media de retención de azul de metileno en medio acuoso, que varía poco de unas a otras, con un valor más frecuente de unos 8,5 grs. de colorante por 100 grs.

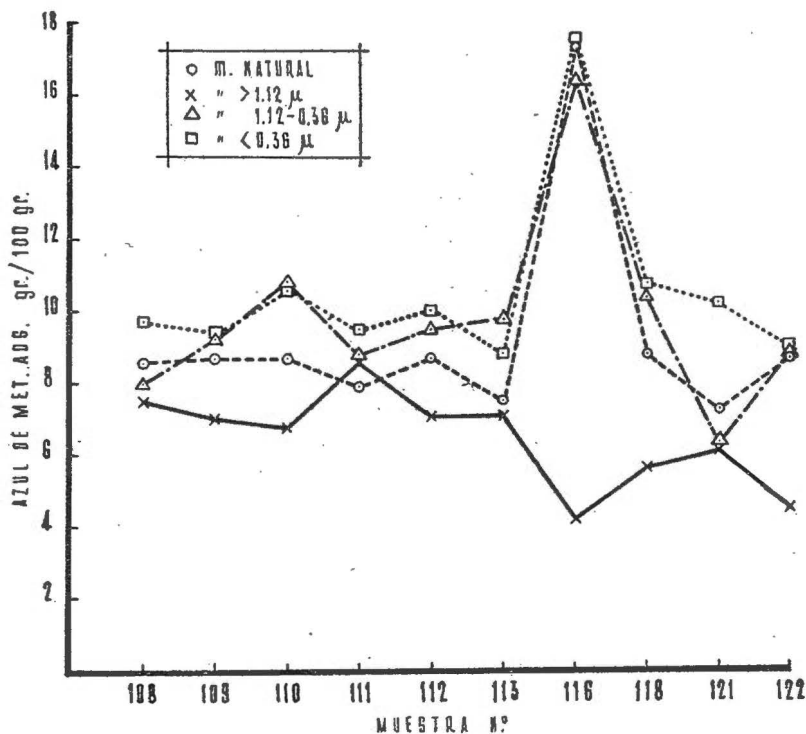


FIG. 16

Adsorción de azul de metileno por diversas muestras de arcillas de Lebrija y sus fracciones.

de material. Aunque la variación de la capacidad de retención en función del tamaño de grano, no es completamente regular, en general muestran la menor adsorción las fracciones gruesas (valor medio 6,7 %) y adsorben más las fracciones media y fina (valores medios de 9 y 9,75 % respectivamente). Todas estas muestras están compuestas, según ha quedado indicado anteriormen-

te por illita y atapulguita como minerales fundamentales. La muestra 116, «tierra de vino» cuya naturaleza es distinta a las anteriores, ya que está compuesta por una illita muy alterada que en su forma más transformada (fracción fina) debe considerarse

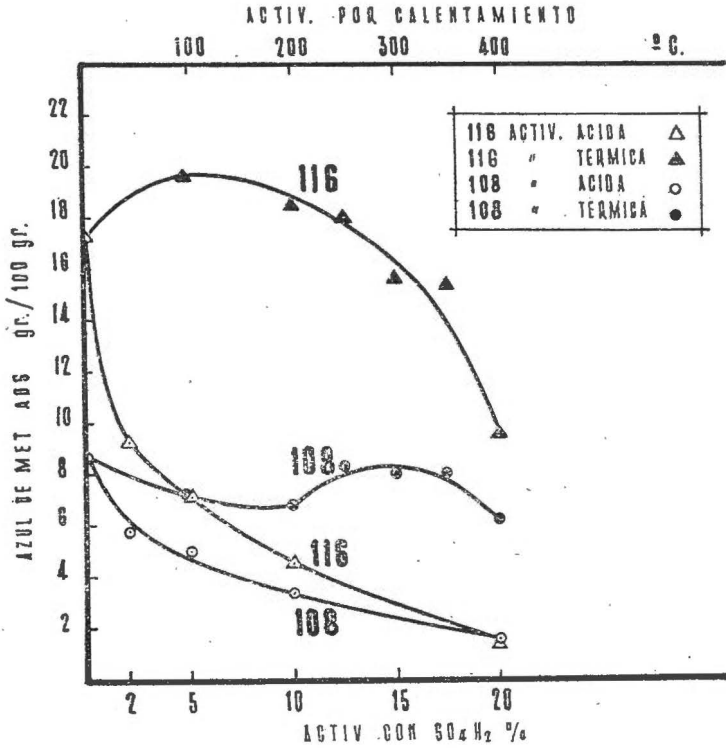


FIG. 17

Adsorción de azul de metileno por muestras de arcillas de Lebrija activadas con ácido o sometidas a tratamientos térmico previo.

muy cercana a la montmorillonita, presenta una capacidad de adsorción de azul de metileno considerablemente más alta, que importa en la muestra natural 17,2 grs./100 grs., y 17,5 grs./100 grs. en la fracción fina. La fracción gruesa de esta arcilla en la que se encuentran muchas impurezas inertes, a juzgar por los datos de análisis químico, tiene la menor capacidad de adsorción.

La adsorción de azul de metileno por las arcillas es un fenómeno de naturaleza algo compleja. Se trata de un colorante básico que es adsorbido principalmente en un proceso de cambio iónico con los cationes del material. Con esta forma de adsorción, se superpone, sin embargo, en alguna extensión la retención de algo de esta sustancia por fuerzas de Van der Waals.

Por consiguiente es lógico que los materiales con mayor capacidad de cambio de cationes tengan la mayor capacidad de adsorción, por lo cual ésta corresponde en el caso de las arcillas de Lebrija, a la muestra 116, formada, según dijimos, por material illítico alterado, de alto grado de hidratación, bajo contenido en potasio y elevada capacidad de cambio. Las restantes muestras, formadas por mezclas de illita y atapulguita en proporciones próximas al 50 % de cada uno de estos minerales, tienen capacidad de retención mucho más baja, aproximadamente la mitad. Estos materiales tenían también capacidad de cambio más pequeña. Las fracciones finas de estas muestras, en las que suponemos en general alguna ligera concentración de la illita y que tienen capacidad de cambio algo más alta, poseen, en general, mayor capacidad de retención de colorante indicado.

En resumen, los datos anteriores corroboran la idea de que la causa más importante en la retención de azul de metileno es el fenómeno de cambio iónico y parecen indicar una mayor actividad de la illita a este respecto. La atapulguita se muestra poco activa en la retención de azul de metileno en medio acuoso.

El tratamiento ácido produce una disminución de la capacidad de adsorción, que se acentúa a medida que aumenta la concentración del SO_4H_2 empleado, tanto en la muestra 108 como en la 116. Resultados semejantes han obtenido Gutiérrez y López González con una bentonita de Tidinit (2). En tales materiales la capacidad de cambio disminuye al aumentar la concentración del ácido empleado en la activación (7). Es un hecho conocido asimismo que, aunque la superficie externa (medida por el método B. E. T.) de tales sustancias aumenta con la activación ácida, al menos hasta cierto límite, la superficie total (medida por retención de etilenglicol) disminuye al aumentar la concentración del ácido. No hemos determinado la capacidad de cambio de estas

muestras 116 y 108 activadas, pero dada la naturaleza del silicato componente fundamental de la 116, se puede afirmar que la causa o causas determinantes de la disminución en la capacidad de retención de azul de metileno al aumentar la intensidad del tratamiento ácido, son de la misma naturaleza que las que producen un efecto análogo en la montmorillonita; fundamentalmente, la disminución de la capacidad de cambio de la superficie total del material. La otra muestra, 108, representante de las formadas por mezclas de illita y atapulguita, se comporta de una manera análoga, con valores generales más bajos, como era lógico esperar.

El tratamiento térmico a temperaturas inferiores a las que producen la destrucción de la red cristalina del silicato (illita) o su alteración profunda (atapulguita), tiene poco efecto sobre la capacidad de adsorción de azul de metileno, observándose una ligera disminución general en la muestra 108 a temperaturas inferiores a 350°, y un aumento inicial para calentamiento de unos 100°, y ulterior disminución constante para más altas temperaturas, en la 116. En ambos casos se observa una brusca disminución de la capacidad de adsorción para temperaturas de calentamiento superiores a 300-330°, que es la temperatura a que comienza la pérdida de los OH y la destrucción de la red cristalina del silicato.

CONCLUSIONES

La activación por tratamiento con ácido sulfúrico de las arcillas blancas, produce una destrucción parcial del material, que aumenta, al aumentar la concentración del ácido empleado. Aunque esta destrucción afecta a los dos minerales presentes, illita y atapulguita, la proporción relativa de Al y de Mg solubilizados y la consideración de los registros de A. T. D., diagramas de rayos X y aspecto al microscopio electrónico de los materiales activados, lleva a la conclusión de que la atapulguita es más resistente que la illita al ataque con ácido sulfúrico que, en consecuencia, afecta preferentemente a este último mineral.

De acuerdo con lo anterior, la mayor diferencia entre las proporciones de Al_2O_3 y MgO solubilizados por el ácido sulfúrico, se

encuentra en las fracciones gruesas. Esta diferencia se atenúa en las fracciones media y fina y es una confirmación de la distribución de minerales presentes, con concentración preferente de atapulguita en las fracciones gruesas y de illita en las finas, según se indicó en otro lugar.

La arcilla oscura «tierra de vino» es más atacable por el ácido sulfúrico que solubiliza cantidades de MgO y Al_2O_3 que alcanzan hasta 77-78 % en las fracciones finas, para el SO_4H_2 . Este hecho y el que, en general, la proporción de MgO solubilizado sea superior a la de Al_2O_3 para un mismo tratamiento, está de acuerdo con su naturaleza illítica alterada, próxima a la de la montmorillonita, según indicamos anteriormente.

El tratamiento térmico de las arcillas blancas a 400 y 440° produce una modificación de los diagramas de rayos X que, aparte de la alteración debida a la deshidratación de la illita, debe corresponder, de acuerdo con lo consignado en la bibliografía, a una modificación de la estructura de la atapulguita. La variación profunda en el diagrama no ocurre, sin embargo, sino a 440°, temperatura que coincide con la del tercer efecto endotérmico de los registros de A. T. D., lo que nos lleva a la conclusión de que la modificación estructural de la atapulguita está ligada a la pérdida de una gran parte de los OH de la red cristalina del silicato.

Las arcillas blancas poseen una capacidad media de retención de colorantes básicos (azul de metileno) en medio acuoso, que aumenta en general al disminuir el tamaño de grano. La arcilla oscura «tierra de vino» posee un poder de decoloración considerablemente más alto, que aumenta igualmente al disminuir el tamaño de grano. Estos hechos, y las consideraciones anteriores sobre la composición de estas arcillas, nos llevan a establecer que la mayor capacidad de retención de colorantes básicos en medio acuoso corresponde a la illita y que el cambio iónico es la principal causa responsable del fenómeno.

El tratamiento ácido produce en uno y otro material una disminución de la capacidad de retención de azul de metileno en medio acuoso, mayor cuanto más alta es la concentración del ácido empleado. El tratamiento térmico a temperaturas inferiores a las que producen la destrucción de la red cristalina del silicato

(illita) o su alteración profunda (atapulguita), tiene poco efecto sobre la capacidad de adsorción de azul de metileno.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada
del Cortijo de Cuarto (Sevilla)*

RESUMEN

Continuando investigaciones comunicadas en un trabajo anterior, se ha realizado el estudio de la activación ácida (con SO_4H_2) y térmica (calentamiento a diversas temperaturas) de las arcillas sedimentarias de Lebrija. Se ensayaron diversas concentraciones de ácido y varias temperaturas de tratamiento térmico.

Las muestras activadas se estudian por métodos químicos, fisicoquímicos, rayos X y microscopio electrónico.

De los dos minerales que son componentes esenciales de dichas arcillas, la atapulguita es más resistente que la illita al ataque con SO_4H_2 .

Se estudia la influencia del grado de activación sobre el poder de decoloración de otras arcillas y sus fracciones en medio acuoso.

ACTIVATION OF LEBRIJA SEDIMENTARY CLAYS

SUMMARY

A previous paper dealt with the composition and properties of some sedimentary clays from Lebrija. In the present one we study both the acidic and thermal activations of these clays. The acidic activation is carried out with 2 %, 5 %, 10 % and 20 % sulfuric acid solutions. Temperatures used for thermal activation are 95°, 200°, 300°, 350°, 400° y 440°.

D. T. A. curves, X-rays diagrams and electron microscope photographs are performed on the treated samples. The acid attack even with 20 % sulfuric, hardly destroys the atapulgite network. Heating over 400° C does produce a significant modification of this network.

Bleaching of methylene blue in an aqueous medium both by the original samples and their fractions and by the activated ones is studied. The finer fractions of the white clays and the darker one called «tierra de vino», richer in illite, show the greater decolorizing activity.

The acid treatment produces on the clays a decrease of their adsorption capacities, this decrease being greater with higher acid concentration for adsorbing methylene blue.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PEIRÓ CALLIZO, A. 1958. Constitución y propiedades fisicoquímicas de las arcillas sedimentarias de Lebríja. Anal. Edaf. y Fis. Veg., XVII, págs. 603-608.
- (2) GUTIÉRREZ RÍOS, E. y LÓPEZ GONZÁLEZ, J. DE D. 1952. Acción de los ácidos fuertes sobre los silicatos de la serie isomorfa montmorillonita-beidellita I. Anal. Edaf. y Fis. Veg. XI, 225.
- (3) GUTIÉRREZ RÍOS, E. y LÓPEZ GONZÁLEZ, J. DE D. 1952. Acción de los ácidos fuertes sobre los silicatos de la serie isomorfa montmorillonita-beidellita II. Anal. Edaf. y Fis. Veg. XI, 527.
- (4) LÓPEZ GONZÁLEZ, J. DE D. y DEITZ, V. R. 1952. J. R. Net. Bur. of St 48, número 4, 325.
- (5) R. DE LA BORBOLLA Y ALCALÁ, J.; M.^a DE CASTRO RAMOS, R. y VÁZQUEZ LADRÓN, R. 1951. Estudio sobre tierras decolorantes españolas I. Ensayos previos de activación y decoloración, Ion, pág. 3.
- (6) DE CASTRO, R. y NOSTI VEGA, M. 1952. *Estudio sobre tierras decolorantes españolas* II. Tierras de Lebríja y El Cuervo. Instituto Especial de la Grasa y sus derivados. Sevilla.
- (7) MEYER, H. y GONZÁLEZ GARCÍA, F. El empleo de la bentonita como catalizador en la oxidación de toluol en fase de vapor. An. de Fis. y Quím., LIII (B), 785, 1957.
- (8) LONGCHAMBON, H. 1937. Sur les caracteristiques des paligorskites, C. R. Acad. Sc., 204, 55, 56.

MICROMINERALOGIA DE SUELOS, SEDIMENTOS Y ROCAS TERCIARIAS DEL VALLE DEL GENIL (PUENTE GENIL, ECIJA)

por

GUILLERMO PANEQUE GUERRERO

I. INTRODUCCIÓN

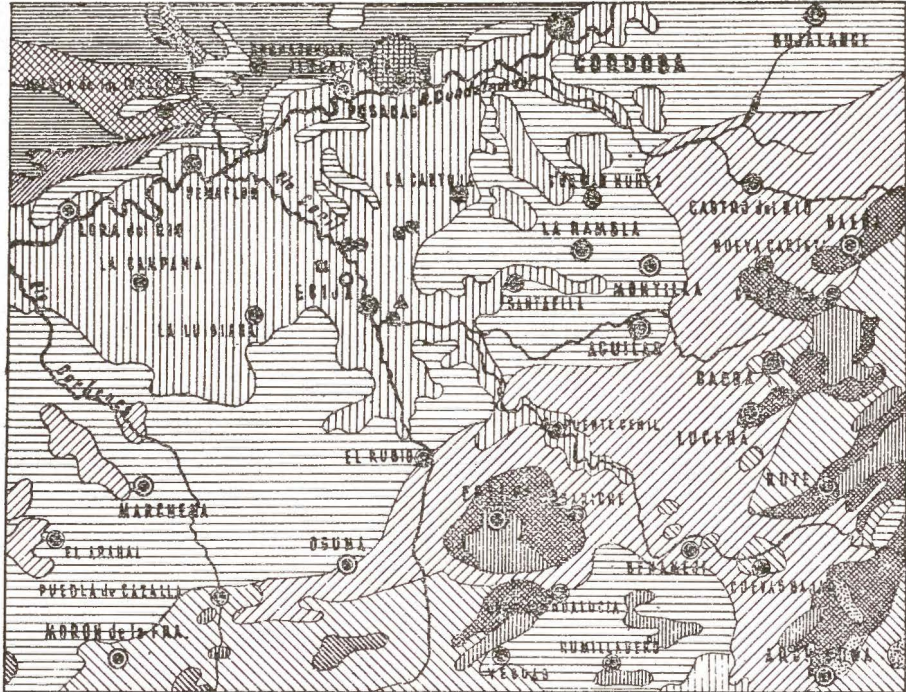
Continuando las investigaciones iniciadas sobre minerales de suelos y sedimentos béticos (1), (2), (3), se exponen y comentan en este trabajo, los resultados obtenidos en el estudio micromineralógico de algunos perfiles de suelos de vega y otros (xerorendsinas, tierras negras andaluzas, lehms rojos), así como de rocas calizas del terciario bético y sedimentos arenosos y arenolimosos recientes del Genil, en Ecija.

En el valle del Guadalquivir muchos suelos que ocupan gran extensión están formados por aluviones de este río o de sus afluentes, entre los cuales destaca el Genil. A este último pertenecen en la provincia de Sevilla las vegas de Puente Genil, Ecija (4) y Palma del Río.

Además de las formaciones cuaternarias fluviales, que afectan a los suelos de vega y a otros contaminándolos, en el valle del Guadalquivir existen formaciones cuaternarias antiguas, diluviales, muchas veces difíciles de delimitar de aquellas otras. A juzgar por los datos que sobre el diluvial bético señala Gavala (5), dichas formaciones sedimentarias debieron ser de consideración en el valle del Guadalquivir. Su influencia en la formación de al-

gunos suelos no está bien conocida ni valorada. Mejor se aprecia la importancia del cuaternario moderno. Por último, en el valle

ESCALA 1:1000.000



SIGNOS

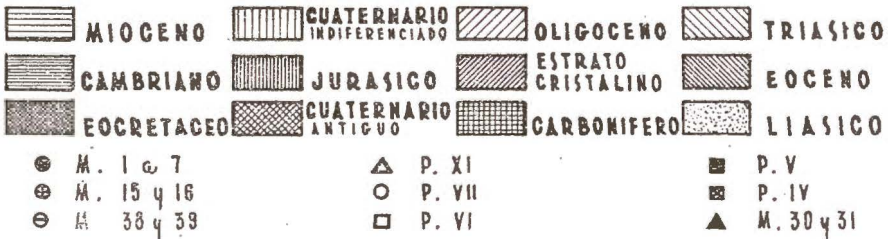


Fig. 1.

Esquema del Mapa Geológico 1:1.000.000. Valle del Genil en la provincia de Sevilla.

hético muchos suelos están formados directamente a partir de materiales terciarios, principalmente del mioceno.

Los datos geológico-petrográficos de todas estas rocas sedimentarias, incluyendo su origen y relación con formaciones más antiguas, y sobre todo su relación con los suelos y caracteres de éstos, son muy escasos o no existen.

Como contribución al conocimiento de los suelos de Andalucía occidental y a la petrografía sedimentaria de esta región, hemos creído conveniente realizar el estudio micromineralógico de los perfiles de suelos y rocas que más adelante se describen. La figura 1 corresponde a un esquema tomado del Mapa Geológico en el que se han señalado las muestras que se estudian.

II. TÉCNICA EXPERIMENTAL

El estudio mineralógico se ha realizado en las fracciones gruesas (arenas) de suelos y rocas sedimentarias, separadas siguiendo los métodos usuales de sedimentación y tamizado, evitando tratamientos ácidos. Para facilitar la separación de materiales finos (arcillas y limos) las muestras de suelos y sedimentos areno-limosos se trataron con agua oxigenada. Las rocas calizas se disgregaron con ácido clorhídrico diluido, calentando tan sólo lo necesario.

Los minerales pesados fueron separados por medio de bromoformo (densidad = 2.9) en embudos especiales. Tan sólo fué necesario limpiar de óxidos para el examen microscópico, algunos residuos pesados. El tratamiento se efectuó con ácido clorhídrico diluido caliente.

En general, se montó en bálsamo de Canadá todo el residuo pesado, para obtener preparaciones representativas. Los minerales ligeros igualmente se montaron en bálsamo, llevando al portaobjetos una muestra media. El recuento de minerales pesados se hizo por cuidadosa inspección de numerosos campos microscópicos, asignando a las especies identificadas una frecuencia según la escala de Tyler y Marsden.

En la fracción ligera se atiende menos al aspecto cuantitativo

y se refieren los minerales a los grupos de: cuarzo, sílice microcristalina e hidratada; feldespatos; micas y minerales micáceos y carbonatos. Se anotan también los minerales opacos y microfósiles.

Antes de montar en bálsamo y después, los minerales pesados y ligeros se ensayan en una lupa estereoscópica de amplia visión y adecuados aumentos.

III. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS, RESULTADOS EXPERIMENTALES Y COMENTARIOS

Perfil de «El Chorro»

Situación: Margen derecha del río Genil, en los llanos del Batán (Ecija), a unos 150 m. de la presa del Chorro. Es un perfil o corte natural producido por las aguas del río que discurren actualmente a unos 4 a 5 m. del horizonte superior.

Muestra 1. Profundidad, 0-35 cms. Edáficamente corresponde a suelo de vega roja, sobre gravas. Aparecen concreciones calizas, raíces de plantas y algún canto rodado.

Muestra 2. Profundidad, 35-60 cms. Se inicia con cantos rodados gruesos, de unos 5 cms. de diámetro, que según se profundiza disminuyen de tamaño, pasando a ser gravas y gravillas. Entre los materiales gruesos se encuentra como relleno arenas y limos gruesos.

Muestra 3. Profundidad, 60-100. Horizonte areno-limoso, perfectamente limitado; color pardo claro.

Muestra 4. A 100 cms. se inicia un nuevo horizonte con gravillas finas que con la profundidad aumentan de diámetro.

Muestra 5. A partir de 160 cms., cantos rodados gruesos.

Vega roja del Batán

Situación: A 100 m. del perfil de «El Chorro».

Muestra 6. Profundidad, 0-35 cms. Vega roja, areno-limosa, muy suelta por los cultivos.

Arenas del Genil, en «El Chorro»

Situación: Arenas del Genil en el perfil de «El Chorro».

Muestra 7.

La figura 2, fotografía del perfil de «El Chorro», presenta la disposición de los horizontes de este perfil (muestra 1 a 5) y la tabla I, la frecuencia relativa de los minerales pesados en la



FIG. 2.

Fotografía del perfil de «El Chorro».

TABLA I

*Perfil de «El Chorro», vega roja del Batán y arenas del río.
(Sedimentos fluviales del Genil.)*

Frecuencia relativa de minerales pesados ()*

Minerales:	1	2	3	4	5	6	7
Minerales:							
Zircón	—	—	p	—	—	r	c
Turmalina	r	—	r	—	—	—	p
Rutilo	—	r	—	—	—	r	p
Andalucita	d	p	r	a	a	c	p
Granate	d	a	a	dd	dd	a	a
Hornblenda	c	a	c	c	p	c	p
Distena	—	p	r	p	—	p	p
Silimanita	—	—	—	—	—	r	—
Estaurolita	—	p	p	—	—	p	p
Leucoxeno	—	—	—	—	—	r	p
Ilmenita	—	—	—	—	—	r	p
Magnetita	—	—	—	—	—	r	r
Hematites	—	r	p	—	—	c	p
Limonita	r	p	p	—	—	c	—
Pirita	—	—	—	—	—	—	t
Augita	r	—	—	p	r	r	p
Hiperstena	r	—	r	—	—	r	—
Epidota	r	r	—	—	r	r	p
Saussurita	r	r	r	p	r	—	—
Biotita	r	p	p	p	—	p	—
Moscovita	—	p	r	p	—	—	—
Cloritas *	p	a	c	—	r	p	c

(*) Escala de Tyler y Marsden:

dd predominante	75-100 por 100
d dominante... ..	50- 75 por 100
a abundante... ..	25- 50 por 100
c común	10- 25 por 100
p presente.	5- 10 por 100
r raro	1- 5 por 100
t trazas.	1 por 100

fracción arena de este perfil, vega roja del Batán (muestra 6) y arenas del río Genil, en «El Chorro» (muestra 7).

Los minerales pesados del perfil de «El Chorro», arenas del río y vega roja, presentan las siguientes características comunes y diferenciales.

El aspecto general de las muestras del perfil de «El Chorro» y vega roja es de granos subredondeados y el de las arenas del río subangulosos. En cuanto a alteración química, los minerales aparecen limpios o con pequeñas señales de alteración. Todas las muestras pudieron ser estudiadas sin necesidad de tratamiento ácido (óxidos, opacos de alteración, etc.). Se aprecian minerales opacos naturales y de alteración, como máximo con frecuencia de *presente*.

Lo que más destaca de los minerales pesados del perfil de «El Chorro», es el número tan elevado de granates, sobre todo en las muestras 4 y 5. Son granos de la variedad *almandino*, de buen tamaño, color rosa pálido, generalmente con facetas, y no muy quebrados ni angulosos. No se aprecian señales de alteración o corrosión.

Juntamente con el granate, en todas las preparaciones se presentan andalucitas y hornblendas, con frecuencia común y abundante, constituyendo una típica asociación de minerales de rocas metamórficas granate-andalucita-hornblenda, a la que acompaña un cortejo de minerales micáceos y cloríticos.

La muestra 7, arenas del río, se asemejan a las restantes del grupo, diferenciándose por presentar mayor igualdad en las frecuencias de los minerales (el granate llega a ser *abundante*) y mayor número de especies. Sin embargo, el hecho que más le diferencia de las otras muestras del grupo, es la presencia de zircón, turmalina y rutilo, si bien en pequeña proporción.

En la observación de la fracción ligera en bálsamo de Canadá, los granos aparecen en general como subredondeados, frescos y con alteración química, especialmente observable en feldespatos y micas. Junto a biotita, moscovita, etc., en laminillas de exfoliación, sin alteración alguna, se observan otros minerales micáceos desde ligeramente descompuestos, hasta grados muy avanzados

de alteración y transformación difícilmente identificables (bauerita, limonita; etc.).

En todas las preparaciones aparece cuarzo, más o menos rodado, micas, feldspatos y carbonatos (calcita, dolomita, aragonito). En algunas se ha observado sílice microcristalina e hidratada (tubos de ópalo), pero en pequeña cantidad. Los fósiles son también escasos, siendo común la presencia de trozos de conchas (aragonito).

La tabla II muestra la proporción de minerales pesados y ligeros en las arenas de los horizontes que se consideran del perfil «El Chorro», vega roja del Batán (muestra 6) y arenas del río Genil (muestra 7).

TABLA II

*Perfil de «El Chorro», vega roja del Batán y arenas del río Genil.
Proporción de minerales pesados y ligeros.*

Muestras:	1	2	3	4	5	6	7
Minerales pesados %...	5.23	4.22	3.28	8.83	2.47	10.09	5.63
Minerales ligeros % ...	94.77	95.78	96.72	91.17	97.53	89.91	94.37

Las muestras 4 y 6 presentan una proporción bastante elevada de minerales pesados; las restantes también tienen en general proporciones altas. Las arenas del río muestran un contenido en pesados aproximadamente igual a la media del perfil de «El Chorro». Más adelante tendremos ocasión de comentar estos datos en relación con los correspondientes a diversas muestras.

En resumen, el perfil de «El Chorro», vega roja del Batán y arenas del Genil en «El Chorro», se caracterizan por poseer en los residuos pesados de las fracciones «arenas» un alto contenido en granates, siendo la asociación mineral más característica granate-andalucita-hornblenda y minerales micáceos (micas más cloritas). Es muy notoria la escasez o ausencia de zircón, turmalina y rutilo, que tan sólo se observan juntos en la muestra 7. Las arenas de esta muestra presentan, además, granos minerales más

angulosos, mayor número de especies pesadas (transparentes y opacos) y proporción de pesados y ligeros semejantes a las del perfil de «El Chorro».

Suelo de vega roja de Puente Genil

Situación: En el huerto de Puerto Alegre, Puente Genil, a 200 m. del río, en la margen derecha.

Muestra 30. Profundidad de 0 a 30 cms. Color siena algo rojizo, limo-arenoso, suelto y muy permeable, con algunas raíces. Calizo.

Muestra 31. Profundidad 30 a 90 cms. Más oscuro que el anterior, más compacto, con algunas concreciones calizas blancas; escasa penetrabilidad de raíces.

Muestra 32. Profundidad, 90 a 120 cms. Color siena claro, más oscuro que el anterior, con abundantes canaliculos; calizo. Geología, aluvial. Topografía, llano. Agricultura, frutales. Drenaje, bueno.

El aspecto general de los minerales pesados pertenecientes a las muestras 30 y 31, es de granos subredondeados y subangulosos, con fuertes señales de alteración química, sobre todo los de la muestra 31. Se observan minerales opacos, destacando una proporción estimable de opacos de alteración, principalmente limonita y hematites. También formaciones secundarias de limonita organizada a partir de microfósiles o recubriéndolos.

La tabla III muestra la frecuencia de los minerales pesados del perfil de vega roja de Puente Genil.

Para este suelo la asociación mineral más representativa en su fracción pesada es granate-estauroлита-hornblenda, sobre todo en el horizonte superior. El horizonte inmediatamente inferior, que por sus características externas pudiera corresponder a un sedimento procedente de lehm rojo, difiere algo en cuanto a su micromineralogía. Por ejemplo, aunque granate y andalucita continúan siendo los minerales más abundantes (típicos también del perfil fluvial de «El Chorro»), zircón y turmalina, que no apa-

TABLA III

Perfil de Puente Genil. Vega Roja.
Frecuencia relativa de minerales pesados.

Muestras:	30	31	32
Profundidad:	0-30	30-90	90-120 cms.
Minerales:			
Zircón	—	p	
Turmalina	r	p	
Rutilo	r	r	
Andalucita	c	c	
Granate	a	a	
Hornblenda	p	r	
Distena	r	p	
Silimanita	—	—	
Estaurolita	p	p	
Leucoxeno	r	r	
Ilmenita	—	r	
Magnetita	p	p	
Hematites	c	r	
Limonita	c	p	
Pirita	—	—	
Augita	p	r	
Hiperstena	r	—	
Epidota	—	—	
Saussorita	—	—	
Biotita	r	r	
Moscovita	—	r	
Cloritas	r	r	

recen o son muy escasos en la muestra 30, llegan a ser *presentes* en la 31. Minerales tan erosionables como hornblenda, augita e hiperstena, relativamente *presentes* o *raros* en el horizonte superior, desaparecen o son muy escasos en la muestra 31.

La observación de los minerales ligeros en bálsamo de Canadá muestra la presencia de granos pequeños, subredondeados. El cuarzo aumenta algo en el segundo horizonte, y ninguno de los dos presenta alguna característica especial en los minerales de la fracción ligera. Además de cuarzo existen algunos tubos de

ópalo, micas alteradas y frescas, cloritas, feldespatos y carbonatos.

Las características mineralógicas del perfil de suelo de vega roja en Puente Genil, indican pues, mayor grado de erosión en el segundo horizonte, o que en su formación intervinieron sedimentos procedentes de «terra rossa» o lehms rojos, suelos ampliamente desintegrados, que por erosión y transporte posterior, pueden dar origen a vega roja.

De acuerdo con esta suposición (sedimentos finos procedentes de suelos) están los datos de contenido en minerales pesados, 0.56 y 0,50 grs./100 de arena. De este modo, los sedimentos de Puente Genil difieren grandemente de los de «El Chorro» (Ecija) en su grado de mineralización en pesados, pero no en cuanto a sus minerales; pues con ligeras diferencias presentan las mismas características y asociación.

Vega roja del Cortijo de Alcotrista (Ecija)

Situación: En el km. 19 de la carretera de Palma del Río a Ecija, en el Cortijo de Alcotrista.

Muestra 38. Horizonte superior de suelo de vega roja; color rojo pardo, limo-arenoso, calizo, muy alto.

Muestra 39. A partir de 30 cms., color y características generales muy parecidas al anterior; algo menos arenoso.

La fracción pesada de las arenas del horizonte superior (muestra 38), presenta granos subangulosos y angulosos, algunos redondeados. Se aprecia buena proporción de minerales opacos (limonitas, hematites, ilmenitas, leucoxenos, magnetitas), pero son más abundantes los transparentes, distinguiéndose con facilidad la presencia de granates, andalucitas, hornblendas, etc. La tabla IV, muestra la frecuencia relativa de los minerales pesados en las dos muestras de este perfil de vega roja.

Las características con que se presentan los minerales pesados son del todo análogas a las correspondientes de muestras anteriores, y que resumimos brevemente al final.

Destaca en este análisis la presencia de zircón en el horizonte

TABLA IV

Suelo de Vega Roja del Genil, en Cortijo de Alcotrista (Ecija).
Frecuencia relativa de minerales pesados

Muestras:	38	39
Profundidad:	0-30	30-60 cms.
Minerales:		
Zircón	r	p
Turmalina	r	r
Rutilo	r	r
Andalucita	c	a
Granate	c	a
Hornblenda	c	c
Distena	p	p
Silimanita	r	r
Estaurolita	p	p
Leucoxeno	r	r
Ilmenita	p	r
Magnetita	r	r
Hematites	p	r
Limonita	c	r
Pirita	—	—
Augita	—	r
Hiperstena	r	r
Epidota	—	—
Saussurita	—	—
Biotita	—	—
Moscovita	—	—
Cloritas	r	—

más profundo, encontrándose, además, en ambos horizontes turmalina y rutilo, en proporción muy pequeña. En general se observa que los minerales inestables (augita, hiperstena, etc.) prácticamente no están presentes, lo que corrobora el amplio grado de desintegración química de estos suelos.

La fracción ligera no presenta ningún carácter particular, siendo interesante, sin embargo, el aspecto subredondeado de los granos, en general corroidos o atacados, y a veces con precipitaciones de óxidos, sobre todo en granos de cuarzo y feldespatos. El

cuarzo no es muy abundante, y no se observan formaciones de sílice hidratada. Las micas, casi siempre alteradas, tampoco son frecuentes. No existen microfósiles.

Los resultados obtenidos en el estudio micromineralógico de la vega roja de Alcotrista, concuerdan con los expuestos en el estudio del perfil de «El Chorro», vega roja del Batán y Puente Genil.

Todas las muestras presentan la misma asociación de minerales pesados de rocas metamórficas, granate, andalucita, hornblenda, cuya frecuencia representa al menos el 75 por 100 de los minerales transparentes. Si tenemos en cuenta el número relativamente elevado de especies identificadas, este hecho tiene un indiscutible valor para fijar la naturaleza de la fracción pesada de los sedimentos arenosos y suelos de vega del Genil.

En consecuencia, según los datos que poseemos hasta ahora, estimamos que los suelos de vega y sedimentos arenosos del Genil se caracterizan por una asociación de minerales pesados granate-andalucita-hornblenda, que constituyen más del 75 por 100 de los transparentes. Es notoria la ausencia o escasez de zircón, turmalina y rutilo, minerales muy resistentes y comunes en casi todos los sedimentos detríticos.

Sedimentos areno-limosos recientes del Genil, en Cortijo Alcotrista (Ecija), cerca del río

Zona de inundación en invierno; prácticamente no existe suelo organizado. Sin vegetación. *Muestra 15.*

Muestra 16. A 150 m. de la anterior, aguas abajo. Igual naturaleza areno-limosa; zona de inundación. Arboleda.

Hemos creído conveniente el estudio de estos sedimentos recientes del Genil en Alcotrista, para conocer la mineralogía de sus arenas en relación con la de los sedimentos de gravas y arenas y suelos de vega ya comentados.

Los residuos pesados de las arenas 15 y 16 presentan granos subangulosos y angulosos, limpios o sucios por alteración química. Existen limonita, leucóxeno, hematites y opacos naturales. En la

observación general no se aprecia una gran abundancia de granates, tan frecuentes en arenas del río Genil, sedimentos arenogravosos de El Chorro y suelos de vega. En cambio, destacan minerales con hábito micáceo, cloríticos, hornblendas y otros fibrosos, alargados, más o menos alterados. Las especies identificadas y su relativa frecuencia se exponen en la tabla V.

TABLA V

*Sedimentos areno-limosos recientes del Genil
en Alcotrista (Ecija)*

Frecuencia relativa de minerales pesados

Muestras:	15	16
Profundidad:	0 — 25	0 — 25 cms.
Minerales:		
Zircón	—	—
Turmalina	—	p
Rutilo	—	—
Granate	r	p
Andalucita	r	p
Hornblenda	c	p
Distena	p	r
Silimanita	r	r
Estauroлита	p	p
Leucóxeno	r	—
Ilmenita	r	—
Magnetita	—	—
Hematites	r	p
Limonita	c	p
Pirita	r	—
Augita	c	c
Hiperstena	p	r
Epidota	r	—
Saussurita	—	—
Biotita	p	—
Moscovita	p	-r
Cloritas	p	c

Según puede apreciarse en la tabla V, los minerales pesados correspondientes a sedimentos recientes del Genil en Alcotrista presentan algunas particularidades que diferencian estas muestras de los suelos y sedimentos anteriormente comentados. Sin duda alguna, el hecho más característico es que no aparece esa gran proporción de granates-andalucitas-hornblendas que veíamos era típico para el fluvial de El Chorro y suelos de vega. Por otro lado, es notoria la presencia y frecuencia de minerales micaceos y fibrosos, así como la de aguita e hiperstena, fácilmente erosionables. Una vez más se confirma que los sedimentos del Genil, en Puente Genil y Ecija, son pobres o no contienen zircón, turmalina y rutilo.

La observación de la fracción ligera muestra granos relativamente pequeños, subredondeados, con señales de erosión química y relativamente pocos opacos. Se aprecia cuarzo no muy abundante, redondeado, y algunos restos de fósiles de opalo (tubos, etcétera); micas frescas y más comúnmente descompuestas. Es frecuente la transformación de láminas de micas en lóbulos irregulares, no planos, unidos varios de ellos, y con los bordes muy alterados. También se observan micas muy alteradas, limoníticas, cloritas alteradas, minerales fibrosos y microfósiles.

No aparece completamente definida una asociación de minerales pesados. En este sentido, y teniendo en cuenta los datos que se dan correspondientes al estudio de minerales ligeros, podríamos pensar en una asociación compleja formada por minerales micaceos, incluyendo cloritas y minerales de alteración y transformación de micas y cloritas, juntamente con minerales fibrosos de rocas básicas (aguita e hiperstena) y andalucita, granate hornblenda.

La proporción de minerales pesados y ligeros en la fracción «arena» de estos sedimentos es del mismo orden que el correspondiente a las muestras del perfil de Vega Roja de Puente Genil. Importa 0,37 y 1,39 por 100 grs. de arena para las muestras 15 y 16 respectivamente.

La presencia de aguita finamente erosionada con formación de «cresta de gallo», incompatible con transporte largo y violento, y el índice de redondeamiento de distena, así como la poca abundancia de minerales de rocas metamórficas y bajo contenido en

minerales pesados, están de acuerdo con las características fluviales del Genil actualmente y con la naturaleza de estos sedimentos. En consecuencia, creemos que los suelos del valle y vegas del Genil, así como las rocas metamórficas de su curso alto, sufren actualmente poca erosión.

Como hemos indicado al comienzo de este trabajo, se dispone de muy pocos datos sobre petrografía de la región sedimentaria del valle del Guadalquivir. Conocidas las características mineralógicas de los suelos de vega y sedimentos del Genil en la provincia de Sevilla, juzgamos interesante estudiar comparativamente estos sedimentos con algunas rocas del terciario y suelos béticos estudiados en trabajos anteriores (1) o que se exponen por primera vez a continuación.

Pretendemos con ello aplicar el método petrográfico al esclarecimiento de problemas edafológicos tan interesantes en nuestra región, como es, por ejemplo, conocer cuando los suelos rojos del valle bético (terras, lehms) son autóctonos, o son sedimentos transportados, e intentar fijar en estos casos su origen. Estos problemas importan, no sólo en tipología y cartografía de suelos, sino también para explicar su génesis, desarrollo, etc. Dada la frecuencia con que algunos sedimentos de suelos evolucionan estructuralmente y se reorganiza un perfil muy difícil de reconocer como secundario, el método petrográfico puede ser en estos casos de gran utilidad.

También puede ser de interés en la medida del grado de contaminación de suelos in situ (xerorrendsinas, tierras negras, etc.) o en la resolución de problemas de origen, formación y desarrollo de suelos tan interesantes como son las tierras negras andaluzas, suelos aluviales del Guadalquivir, etc., etc.

Por último, como hemos indicado, con los datos mineralógicos expuestos y los que a continuación se exponen, contribuimos al conocimiento de la geología sedimentaria del valle bético, cuya petrografía prácticamente tan sólo está iniciada.

Perfil XI. Ecija

Ha sido descrito y estudiado en trabajos anteriores (1) (2). Corresponde a una xerorrendina en terreno ligeramente ondulado y a una distancia del Genil de 3 a 4 kms. Como tal xerorrendina,

TABLA VI

Perfil XI (Ecija). Tipo de suelo: Xerorrendina

Frecuencia relativa de minerales pesados

Muestras:	81	71	34
Profundidad:	0 — 25	25 — 35	35 cms.
Minerales:			
Zircón	7	20	c
Turmalina	3	5	c
Rutilo	—	7	r
Andalucita	0	13	c
Granate	61	35	p
Hornblenda	7	8	p
Distena	4	4	r
Silimanita	—	—	—
Estaurolita	4	—	r
Leucoxeno	r	r	p
Ilmenita	p	r	p
Magnetita	p	r	p
Hematites	r	r	p
Limonita	r	r	p
Pirita	—	—	—
Augita	—	—	r
Hiperstena	4	8	—
Epidota	1	—	r
Saussurita	—	—	—
Biotita	—	—	—
Moscovita	—	—	—
Cloritas	—	—	r

formación climax en las condiciones actuales sobre material calizo, es considerada como suelo autóctono de mediano desarrollo.

La tabla VI muestra el resultado del análisis mineralógico. En ella los datos para las muestras 81 y 71 se han tomado directamente del citado trabajo (2); la frecuencia está referida a por cientos de minerales transparentes, según recuento por líneas, y los opacos contados en bloque y expresados sobre 100 transparentes.

En general el suelo y la roca presentan los mismos minerales pesados, de acuerdo con el carácter de xerorrendina de horizontes A, A/Ca y Ca, de suelo in situ. Sin embargo, la proporción de granates, sobre todo en el horizonte superior, y la disminución en él de zircón, hacen pensar en una probable contaminación con materiales transportados por el río, extremadamente ricos en aquellos minerales.

En la muestra 81 aparece manifiesta una «antipatía» granate-zircón, típica en los materiales del Genil hasta ahora estudiados. Sin embargo, la roca caliza, muestra 34, no presenta tan marcada «antipatía» entre granate y zircón, siendo este último más frecuente. Veremos más adelante como esta última circunstancia se da en general en todas las muestras de rocas que se estudian, en ninguna de las cuales el granate es más abundante que el zircón.

La fracción ligera de la muestra 34 presenta el aspecto típico de una caliza fosilífera. Se aprecia poco cuarzo, granos de feldespatos en alteración, algunos tubos de ópalo y sílice microcristalina. Los minerales ligeros de las muestras 81 y 71 presentan mayor proporción de cuarzo, siendo más característico el elevado contenido de minerales del grupo feldespatos más micas. También se observan algunos cuerpos de ópalo, recordándonos otra vez la participación de la roca caliza subyacente en la formación del perfil, en el que presumimos una ligera contaminación por materiales extraños.

La proporción de minerales pesados y ligeros en este suelo y roca se muestra en la tabla VII.

La proporción más elevada en pesados en las arenas del suelo que en la roca indican otra vez considerable erosión de la caliza para formar el suelo y posible aporte extraño de minerales pesados.

TABLA VII

Perfil XI (Ecija). Tipo de suelo: Xeroxerrendisina
Proporción de minerales pesados y ligeros

Muestras:	81	71	34
Minerales pesados % ...	2.9	2.9	1.12
Minerales ligeros % ...	97.1	97.1	98.88

Perfil VII de Ecija

También este perfil ha sido descrito y estudiado en trabajos anteriores (1) (2) (4). Se trata de un lehm rojo calizo en terreno llano, sobre caliza blanca compacta e impermeable.

La tabla VIII recoge la frecuencia relativa de los minerales pesados del único horizonte del perfil, muestra 75, y de la roca, muestra 36. La separación de minerales por bromoformo se hizo en ambas muestras en el residuo arenoso insoluble después de tratar con ácido.

En la fracción pesada de la muestra 75 destaca, según se comenta en otro trabajo «la asociación de minerales de rocas metamórficas granate-andalucita-estaurolita», el primero de los cuales es *abundante*, andalucita *común* y estaurolita *presente*. En cambio, el análisis detenido de los minerales de la caliza presenta granos pequeños, más subredondeados y redondeados que angulosos, apreciándose transparentes y opacos fácilmente referibles a zircons e ilmenitas y leucoxenos respectivamente. En la mencionada tabla VIII se expresa el zircón con una frecuencia relativa de abundante o dominante, lo que equivale aproximadamente a un 75 por 100, siguiéndole en frecuencia opacos blancos (leucoxénicos).

La asociación de minerales pesados y su aspecto es, pues, marcadamente desigual en el suelo y en la roca caliza.

Estos hechos y los que a continuación se comentan nos hacen pensar en que algunos lehms rojos de Ecija no sean suelos autoc-

TABLA VIII

*Perfil VII (Ecija). Tipo de suelo: Lehm rojo calizo**Frecuencia relativa de minerales pesados*

Muestras:	75	35	
Profundidad:	0 — 40	40 cms.	
∅ minerales en mm.	0.5 — 0.2	0.2 — 0.02	0.5 — 0.02
Minerales:			
Zircón	6	10	d
Turmalina	13	10	p
Rutilo	1	5	c
Andalucita	23	18	—
Granate	31	39	r
Hornblenda	6	2	r
Distena	6	3	r
Silimanita	2	2	—
Estaurolita	8	3	—
Leucoxeno	—	—	a
Ilmenita	r	r	p
Magnetita	r	r	r
Hematites	p	c	r
Limonita	p	c	r
Pirita	—	—	—
Augita	—	—	—
Hiperstena	1	4	—
Epidota	3	4	—
Saussurita	—	—	—
Biotita	—	—	—
Moscovita	—	—	r
Cloritas	—	—	—

tonos, sino suelos alóctonos calizos, sobre material generalmente calizo también.

Muy significativo a este respecto son los datos de contenido en minerales pesados.

En la tabla IX puede apreciarse un aumento en minerales pesados en el suelo con respecto a la roca, de más del doble, que a nuestro juicio indica no solamente el grado de desarrollo y desin-

TABLA IX

Perfil VII (Ecija). Tipo de suelo: Lehm rojo calizo
Proporción de minerales pesados y ligeros

Muestras:	75	36
Profundidad:	0-40	40 cms.
Minerales pesados %	2.3	1.0
Minerales ligeros %	97.7	99.0

tegración química de estos suelos, sino también cierta contaminación con materiales muy semejantes a los que constituyen vega roja y sedimentos del Genil en la provincia de Sevilla.

El estudio mineralógico realizado en un perfil de tierras negras andaluzas situado en el gran llano que cruza la carretera de Cañadarrosal, y que corresponde al perfil VI de Ecija (4), es de considerable interés para la resolución del problema que tratamos, relación suelo-roca subyacente.

La tabla X muestra el resultado del análisis mineralógico de los dos horizontes del perfil VI de la roca subyacente, greda meteorizada.

Como puede apreciarse, el número de especies indentificadas es pequeño. En el suelo, zircón, con frecuencia *predominante* o *dominante* (más del 75 por 100), y turmalina (*común* o *presente*) representan, juntamente con magnetita, una asociación mineral muy definida que comunica a las preparaciones un aspecto típico y diferente al que presentan las de sedimentos fluviales, extremadamente ricos en granates-andalucitas-hornblendas.

La roca, muestra 33, presenta también como minerales más frecuentes zircón, turmalina y magnetita, a los que hay que añadir la presencia *abundante* de andalucita y *común* de granate. Como

TABLA X

*Perfil VI (Ecija). Tierra negra andaluza.**Frecuencia relativa de minerales pesados*

Muestras:	53	72	33
Profundidad:	0—25	25—45	45 cms.
Minerales:			
Zircón	d1	d	a
Turmalina	p	c	c
Rutilo	r	p	r
Andalucita	r	p	a
Granate	r	r	c
Hornblenda	r	r	r
Distena	r	r	—
Silimanita	—	—	—
Estaurolita	r	r	r
Leucóxeno	—	r	—
Ilmenita	—	—	r
Magnetita	p	p	p
Hematites	—	r	—
Limonita	—	r	r
Pirita	—	—	—
Augita	—	—	—
Hiperstena	—	—	—
Epidota	r	—	—
Saussurita	—	—	—
Biotita	—	—	—
Moscovita	—	—	—
Cloritas	—	r	r

se indicó anteriormente las rocas calizas del terciario bético estudiadas contienen como minerales pesados transparentes más característicos, zircón, al que acompañan turmalina y rutilo, y granate con andalucita. Sin embargo, en los suelos, zircón-granate presentan marcada «antipatía», dominando el granate en los sedimentos fluviales, suelos de vega y suelos rojos que juzgamos alóctonos.

Las características con que se presentan los granates en sedi-

mentos fluviales son diferentes a las que muestran en rocas terciarias, en las que aparecen con mayor transparencia, más angulosos e irregulares, sin facetas, casi incoloros y muy frecuentemente corroídos o típicamente gravados.

La fracción ligera de las arenas del horizonte superior, del citado perfil de tierra negra, montada en Bálamo del Canadá, muestra granos pequeños, subredondeados y redondeados. Abunda notablemente el cuarzo y existen pocos feldespatos, generalmente atacados. No se aprecian carbonatos ni sílice hidratada; los opacos y micas son escasos. La muestra 72 presenta granos mayores y con más señales de alteración; granos redondeados o subredondeados y existe mucho cuarzo. Son escasos ópalo, micas, opacos y feldespatos. Características muy semejantes presenta en general la muestra 33.

En resumen, el estudio mineralógico del perfil VI muestra una gran conformidad entre los minerales del suelo y roca subyacente. Por ello suponemos que en la formación de estas tierras negras no han intervenido sedimentos extraños al material geológico que constituye la base de la formación. Se aprecia un aumento del zircón hacia horizontes superiores, así como mayor contenido en pesados que interpretamos como aumento en este sentido del grado de erosión del suelo. La proporción de pesados y ligeros en este perfil se expresa en la tabla XI:

TABLA XI

Perfil VI (Ecija). Tipo de suelo: Tierra Negra
Proporción de minerales pesados y ligeros

Muestras:	53	72	33
Profundidad:	0-25	25-45	45 cms.
Minerales pesados % ...	0.27	0.25	0.20
Minerales ligeros % ...	99.73	99.75	99.80

Los resultados del análisis mineralógico del perfil de tierra negra considerado anteriormente, así como los correspondientes

a otros perfiles y rocas, que más adelante se comntan, muestran una característica común: la frecuencia *dominante* o *abundante* del zircón, en granos más o menos pequeños y rodados, acompañado de turmalina, rutilo, ilmenita y leucoxeno. Esta característica hace fácil distinguir en Ecija sedimentos fluviales modernos, suelos de vega y transportados, de sedimentos más antiguos diluviales y terciarios. Sin embargo, hasta ahora no hemos encontrado hechos suficientes que permitan con facilidad distinguir, por métodos petrográficos, en la fracción arena, suelos y sedimentos diluviales de rocas terciarias béticas (calizas poco coherentes, gredas, etc.), de la zona que estudiamos.

Para fijar posibles características mineralógicas diferenciales de unos y otros sedimentos, creemos de interés el análisis del residuo pesado de una maña amarilla del Mioceno de Ecija.

Muestra 40. Situación, a 7 kms. de Ecija, en la carretera a Posadas. Marga amarilla arenosa del mioceno; muestra tratada con ácido.

El número de especies identificadas en el residuo pesado de esta roca es muy pequeño. Destaca la frecuencia *dominante* de zircón y *abundante* de ilmenita. El aspecto de la preparación es de granos muy rodados, y de solo minerales muy estables.

Se han identificado los siguientes minerales y adscritas las frecuencias relativas:

Zircón.....	d
Turmalina	c
Rutilo	c
Granate	r
Distena.....	t
Ilmenita	a.

La proporción de minerales pesados es de 0,16 grs por 100 de arena tratada con ácido.

El granate, de frecuencia *raro*, aparece en granos muy transparentes casi incoloros, corroídos o «gravados» mostrando la relativa resistencia de este mineral a la alteración (6). Granates corroídos no los hemos observado en ningún suelo moderno y es raro relativamente en rocas del terciario bético. Otro hecho no obser-

vado hasta ahora en suelos o rocas de esta región es la presencia de zircones de color rosa, zonados, frecuentes en la muestra 40. Uno de tales zircones presenta a nuestro juicio *crecimiento secundario*, fenómeno raro en este mineral, observado por Butterfield's y Smithson primeramente (7).

Smithson, estudiando el Jurásico medio de Yorkshire no encuentra crecimiento secundario en zircones más que en aquellas muestras con asociación mineral extremadamente pobre, principalmente de ilmenita, leucoxeno, zircón y rutilo, frecuentemente con anatasa y brooquita autogénica. Esta asociación es muy parecida a la que presenta la muestra 40 que tratamos.

Como decimos anteriormente, y aunque el residuo pesado 40 presente caracteres que le distinguen de otros, no poseemos aun datos que permitan diferenciar muestras, conteniendo como asociación principal zircón, turmalina, rutilo, ilmenita, leucoxeno. Por esta razón suponemos que el diluvial del valle del Genil debe tener estrecha relación con los materiales terciarios béticos, de los que, posiblemente deriva, ya que residuos pesados correspondientes a muestras de unos y otros sedimentos presentan los mismos minerales y muy parecidas características. Además nos es permitido desechiar la posibilidad de intervención de sedimentos extraños a los materiales geológicos de la región en la génesis y formación de tipos de suelos como tierras negras, algunos lehms, etc.

Al NE. del término de Ecija, próximo a la provincia de Córdoba, en el camino de la Trocha, existe una zona de terrenos muy llanos y de poca elevación, que según el Mapa Geológico son diluviales. En el Mapa de Suelos de Ecija (4) puede apreciarse que en esta zona existen tierras negras, tierras negras guijarrosas y lehm rojo calizo.

Se ha realizado el estudio micromineralógico de las muestras correspondientes al perfil V, lehm rojo calizo, y IV, tierra negra guijarrosa.

Los minerales pesados correspondientes a las muestras de suelos y rocas de estos dos perfiles presentan caracteres muy parecidos y definidos. Los granos son redondeados, de pequeño tamaño y se observan transparentes y opacos, casi en la misma proporción.

La asociación mineral zircón-turmalina-rutilo-andalucita y opacos destaca con facilidad al examinar las preparaciones. Este carácter se aprecia en las rocas, greda muy suelta y descompuesta (muestra 35) y grava cementada con material arcilloso (muestra 37) y en todos los horizontes de ambos perfiles.

Las tablas XII y XIII muestran la frecuencia relativa de los minerales pesados de ambos perfiles, y las XIV y XV la proporción de pesados y ligeros.

TABLA XII

*Perfil V (Ecija). Tipo de suelo: Lehm rojo calizo.
Frecuencia relativa de minerales pesados*

Muestras:	77	73	63	35
Profundidad:	0 — 15	15 — 30	30 — 60	60 cms.
Minerales:				
Zircón	a	a	a	a
Turmalina	a	a	a	a
Rutilo	c	c	c	c
Andalucita	c	c	c	a
Granate	r	r	r	r
Hornblenda	—	—	—	—
Distena	r	—	r	r
Silimanita	—	—	—	—
Estaurolita	c	c	c	c
Leucóxeno	a	a	a	a
Ilmenita	c	c	c	c
Magnetita	p	p	p	p
Hematites	—	—	—	—
Limonita	—	—	—	—
Pirita	—	—	—	—
Augita	—	—	—	—
Hiperstena	—	—	—	—
Epidota	r	—	—	—
Saussurita	—	—	—	—
Biotita	—	—	—	—
Moscovita	—	—	—	—
Cloritas	—	—	—	—

TABLA XIII

Perfil IV (Ecija). Tipo de suelo: Tierra negra guijarrosa
Frecuencia relativa de minerales pesados

Muestras:	51	55	37
Profundidad:	0 — 20	20 — 40	40 cms.
Minerales:			
Zircón	c	a	+
Turmalina	a	c	—
Rutilo	p	c	—
Andalucita	d	r	+
Granate	p	r	—
Hornblenda	r	—	—
Distena	—	r	—
Silimanita	r	—	—
Estaurolita	p	r	+
Leucoxeno	r	r	+
Ilmenita	r	p	+
Magnetita	r	p	—
Hematites	r	r	+
Limonita	r	r	+
Pirita	—	—	—
Augita	—	—	—
Hiperstena	—	—	—
Epidota	—	—	—
Saussurita	—	—	—
Biotita	—	—	—
Moscovita	—	—	—
Cloritas	—	—	—

TABLA XIV

Perfil V (Ecija). Tipo de suelo: Lehm rojo calizo
Proporción de minerales pesados y ligeros

Muestras:	77	73	63	35
Profundidad:	0-15	15-30	30-60	60 cms.
Minerales pesados % ...	0.30	0.31	0.13	0.27
Minerales ligeros % ...	99.70	99.96	99.87	99.73

TABLA XV

Perfil IV (Ecija). Tipo de suelo: Tierra negra guijarrosa
 Proporción de minerales pesados y ligeros

Muestras:	51	55	37
Profundidad:	0-20	20-40	40 cms.
Minerales pesados % ...	0.2	0.3	
Minerales ligeros % ...	99.8	99.7	

Los datos anteriores y consideraciones análogas a las ya expuestas en otro lugar demuestran que el lehm rojo calizo al que pertenece el perfil V de Ecija, es un suelo rojo *in situ*, ya que el análisis mineralógico refleja los mismos minerales con idénticas características en los horizontes del suelo y en la roca.

La pequeña cantidad de residuo pesado que se dispuso de la roca muestra 37, del perfil IV de tierra negra guijarrosa, no permitió un análisis cuantitativo. Por ello, en la tabla XIII tan sólo se ha señalado con una cruz las especies identificadas. Pero las muestras 51 y 55 de este perfil permiten establecer para el suelo una asociación de minerales pesados del tipo zircón-andalucita-furmalina, muy parecida a la correspondiente para el perfil IV de lehm rojo. (La proximidad de ambos perfiles de tierra negra guijarrosa y lehm rojo que comentamos, y la gran semejanza existente en los minerales de sus fracciones gruesas y finas (1) (2), son datos que han de tenerse en cuenta en los estudios de génesis de estos dos tipos de suelos.)

Los perfiles IV y V presentan un hecho curioso de señalar: no existe «antipatía» zircón-andalucita, ni en las rocas, ni en los suelos. Recordemos que el granate, al que acompaña andalucita, presenta en los sedimentos y suelos de vega que hemos estudiado «antipatía» con el zircón. Por ello los datos de la muestra 51 son muy significativos: cuando más frecuente es andalucita, permite que sea de proporción *presente* el granate, disminuyendo la frecuencia del zircón.

Smithson (8) señala una «antipatía» granate-zircón al estudiar

sedimentos del Bunter y Keuper de Yorkshire e indica la ayuda que puede prestar para fijar el probable origen de una muestra la

MUESTRAS N.ºS :

- 1-2-3-4-5-6-7-15-16-38-39-30-31 } — FLUVIAL (GENIL)
- + 81 - * 71 - * 34 } — P.XI XERORRENSINA
- △ 75 - ▲ 36 } — P.VII LEHM ROJO
- 53 - ● 72 - ● 33 } — P.VI TIERRA NEGRA
- 77 - ■ 73 - ■ 63 - ■ 35 } — P.V LEHM ROJO CALIZO
- ⊙ 51 - ⊖ 55 - ⊕ 37 } — P.IV TIERRA NEGRA GUIJARROSA

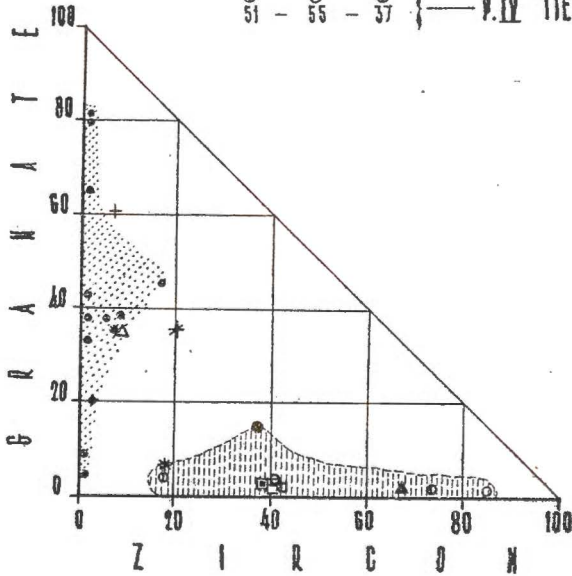


FIG. 3.

Representación gráfica, en coordenadas rectangulares, del par *zircón-granate*. Las muestras de suelos de vega y sedimentos fluviales determinan la zona punteada. Suelos *in situ* sobre cuaternario antiguo o terciario, encajan las representaciones puntuales *zircón-granate* en la zona rayada. Suelos *alóctonos* y de contaminación fluvial se sitúan en zonas intermedias, o sus horizontes aparecen en una y otra zona. Es manifiesta la «antipatía» *zircón-granate*, sobre todo en suelos.

representación gráfica en coordenadas rectangulares de dos constituyentes minerales adecuados (9).

La figura 3 corresponde a una representación gráfica del par zircón-granate. Puede observarse que las muestras de sedimentos de río y suelos de vega delimitan una zona propia, punteada en la gráfica. Para los restantes perfiles se han señalado distintamente los horizontes de suelo y roca. Como era de esperar, algunos puntos correspondientes a *suelo alóctono* (perfil V.II, lehm rojo) o de cierta contaminación (perfil XI, xerorrendsina) escapan de su zona adentrándose en la de sedimentos fluviales o se sitúan en regiones intermedias. Los suelos que hemos indicado como *autóctonos*, principalmente el lehm rojo calizo (perfil VI) encajan prácticamente todas las representaciones puntuales zircón-granate del perfil en el mismo sitio.

El empobrecimiento de la serie mineral de sedimentos antiguos (terciario y diluvial) en relación con la correspondiente serie para sedimentos fluviales modernos y suelos de vega, así como la disconformidad entre los minerales pesados del suelo y de la roca subyacente en *suelos alóctonos*, puede observarse en la figura 4, en la que se hace una representación gráfica columnar.

De estas representaciones gráficas, y teniendo en cuenta el tipo de suelo, su origen, antigüedad, etc., pueden deducirse conclusiones interesantes en orden al establecimiento de una secuencia de estabilidad, erosión, y formación de nuevos minerales de interés en petrografía sedimentaria y edafología, etc.

Estando tan sólo iniciada la petrografía del valle bético estas cuestiones han de abordarse en trabajos sucesivos, aunque puedan apuntarse ya ciertos hechos interesantes de observación en nuestros suelos y sedimentos, como son la frecuencia de minerales micáceos y fibrosos en sedimentos recientes, su alteración en suelos de vega, y casi ausencia en suelos y sedimentos diluviales y terciarios. La corrosión de feldespatos y estabilidad de minerales de sílice, etc., en relación con las rocas y condiciones de formación de los distintos suelos, son otros temas interesantes de tratar.

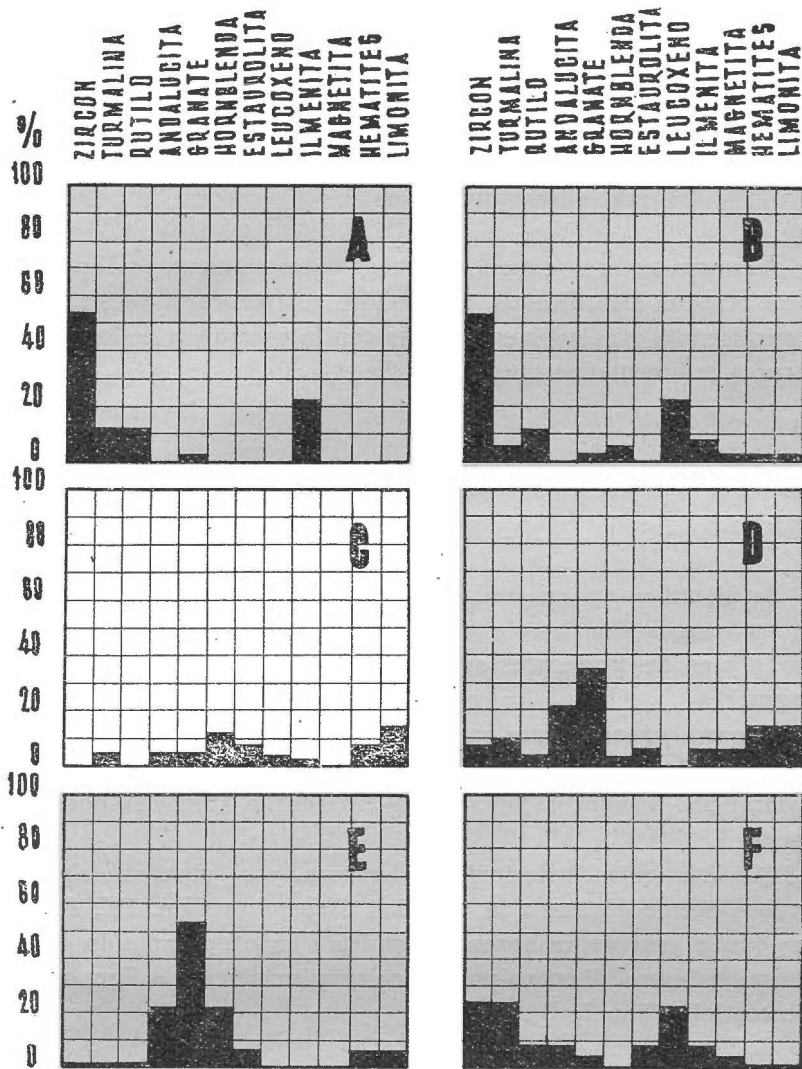


FIG. 4.

Frecuencia de minerales pesados en rocas del terciario bético, sedimentos fluviales y suelos (Ecija, Puente Genil).—A. Residuo pesado de una marga amarilla del mioceno (muestra 40). Lo constituye una asociación pobre de minerales muy estables. El menos estable, granate, está típicamente corroído o «gravado».—B. Caliza compacta del terciario (perfil VII); prácticamente la misma asociación que en A, con leucoseno, hornblenda y óxidos de hierro.—C Fluvial reciente del Genil (muestras 15 y 16). El número de especies identificadas es mayor del que se registra en las gráficas; corresponden principalmente a minerales micáceos y fibrosos de rocas básicas, poco estables (zúgita, hiperstena, etc.).—D. Lehm rojo sobre caliza (B). Destaca con respecto a la roca la escasez de zircón y rutilo, y la ausencia de leucoseno, característicos de materiales terciarios (A y B). En cambio, granate, andalucita y óxidos de hierro, típicos del fluvial de «El Chorro» E, están ampliamente representados.—E. Fluvial de «El Chorro». Principalmente granate, andalucita, hornblenda y opacos rojos de alteración.—F. Minerales pesados de un Lehm rojo calizo autóctono (perfil V).

IV. DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES

A continuación se exponen algunos datos referentes a los minerales pesados identificados, anotándose su frecuencia y caracteres generales más señalados en relación con la naturaleza de los suelos y rocas sedimentarias que se estudian.

a) *Minerales transparentes*

Andalucita.— $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$. Rómbico.

Se identificó en casi todas las muestras. Muy abundantemente en sedimentos fluviales y suelos de vega, menos en rocas sedimentarias y en los horizontes superiores de algunos perfiles de tierra negra.

Aparece generalmente como prismas rotos, granos irregulares, subangulosos y algunos en prismas alargados; menos en prismas cuadráticos. Incoloros, ligeramente rosados o «turbios» por alteración.

Son frecuentes inclusiones carbonosas, y se observan algunos granos pertenecientes a la variedad *Chiastolita* (lám. IV, A), en los que la cruz negra aparece completa; en otros tan sólo se observa una rama. Pleocroismo típico muy manifiesto o ligeramente perceptible (lám. I, B).

Biotita.— $6 \text{SiO}_2 \cdot 2(\text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot 4 (\text{Mg}, \text{Fe})_3 \cdot \text{K}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Monoclínico.

En sedimentos fluviales y suelos de vega aparece con frecuencia *rara* o *presente* en el residuo pesado; más abundantemente en la fracción ligera. Es raramente observable en suelos más antiguos y sedimentos terciarios, en los que presenta cierto grado de alteración (limonita, clorita, etc.).

Cloritas.—Con esta denominación hemos hecho referencia a las diversas especies del *grupo*, incluyendo las procedentes de alteración de anfíboles y micas.

Son más frecuentes (igual que las micas) en suelos de vega y dimentos fluviales que en otros tipos de suelos y rocas sedimentarias más antiguas (lám. I, F).

Distena.— SiO_2 . Al_2O_3 . Triclínico.

De frecuencia *presente* en suelos de vega y sedimentos fluviales, y *rara* o *ausente* en las restantes muestras. Grános generalmente tabulares, alargados, con cierto grado de redondeamiento (lámina III, D). Son raras las inclusiones carbonosas.

Epidota.— 6SiO_2 (Al , Fe) $_2\text{O}_3$: 4CaO . H_2O . Monoclínico.

Rara en las muestras estudiadas. Grános redondeados, de color verde guisante, o verde amarillento pálido.

Estaurolita.— 4SiO_2 . $5 \text{Al}_2\text{O}_3$. 2FeO . H_2O . Rómbico.

En suelos de vega y sedimentos fluviales es de frecuencia *presente* y está asociada con granate, andalucita y hornblenda. *Rara* o no existe en suelos más antiguos y sedimentos terciarios.

Parece apreciarse ciertas características diferenciales entre las estaurolitas de sedimentos y suelos jóvenes y las correspondientes a rocas terciarias y suelos bien erosionados. Las primeras presentan generalmente color amarillo dorado o pardo rojizo en granos quebrados, angulosos, irregulares y de fractura concoidal. Las segundas suelen ser más pálidas (amarillo limón) y es común encontrarlas de apariencia porosa («queso suizo») con o sin inclusiones carbonosas y granos subredondeados (lám. III, C; lámina IV, C).

Granate.— 3SiO_2 . Al_2O_3 . 3FeO . Regular.

En las muestras que se estudian las características y frecuencia del granate, así como la proporción granate/zircón, varía grandemente con la naturaleza y origen del material sedimentario.

Es *abundante* o *dominante* en sedimentos fluviales y suelos de vega, en los que aparece generalmente como granos irregulares subangulosos y regulares, con facetas; color rosa o rosa-pardo, referibles a la variedad *almandino* (lám. I, A; lám. II, B a E).

En suelos más antiguos (algunos lehms rojos y tierras negras, en los que abunda el zircón) no aparecen prácticamente granates, o son *raros* o *presentes*; entonces sus características son más parecidas a las que presentan los de muestras de rocas terciarias: los granos son muy transparentes, incoloros, brillantes, irregulares subangulosos. En algunos sedimentos terciarios, con asociación pobre de minerales pesados, el granate, de frecuencia *raro*, aparece «*gravado*» o corroído (lám. III, E y F).

Hiperstena.— SiO_2 (Mg, Fe)O. Rómbico.

De frecuencia *presente* en sedimentos limo-arenosos modernos del Genil, en los que se presenta como granos más o menos alterados. En las demás muestras es *raro* o *ausente*.

Hornblenda.— $\text{Si}_{14}\text{O}_{44}$ (OH)₄ (Al, Fe)₄ (Mg, Fe)₈ . Ca_3Na_2 . Anfíbol monoclinico.

Abundante o *común* en suelos de vega y sedimentos fluviales, asociada con granate y andalucita; *presente* en algunas muestras de sedimentos terciarios y *rara* o *ausente* en otras y suelos antiguos bien erosionados (lehm rojo autóctono, tierras negras).

La variedad identificada comúnmente es la verde, en fragmentos aplanados con estrías y láminas de exfoliación alargadas en una dirección (lám. II, A, izquierda).

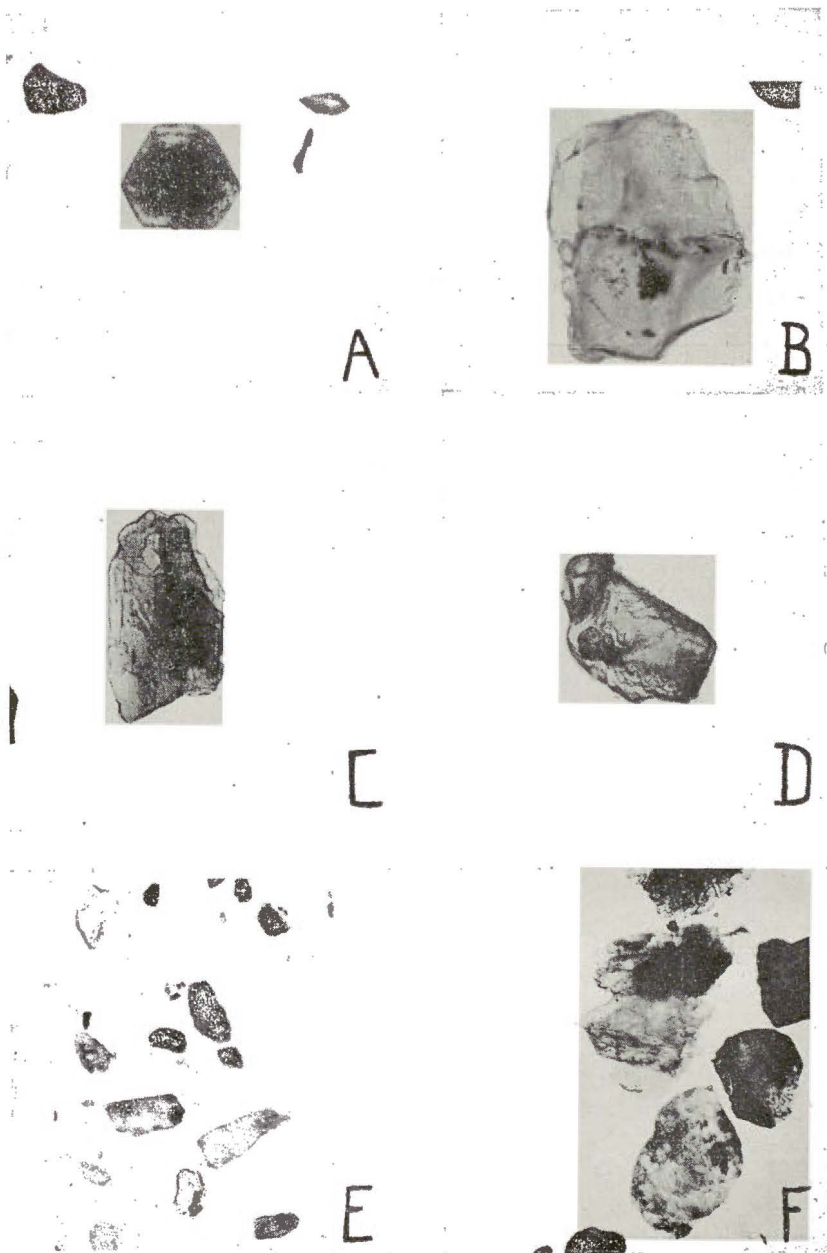
Moscovita.— 6SiO_2 . $3(\text{Al, Fe})_2\text{O}_3$. K_2O . $2\text{H}_2\text{O}$. Monoclinico.

Parecida frecuencia y distribución que biotita. Más abundante en la fracción ligera (lám. I, E).

Rutilo.— TiO_2 . Tetragonal.

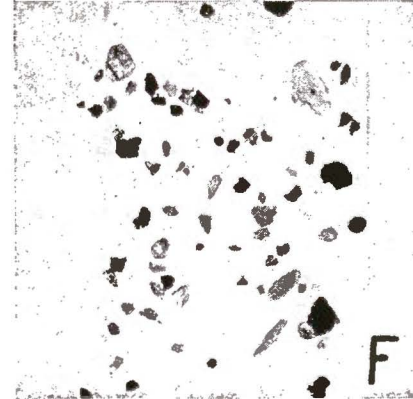
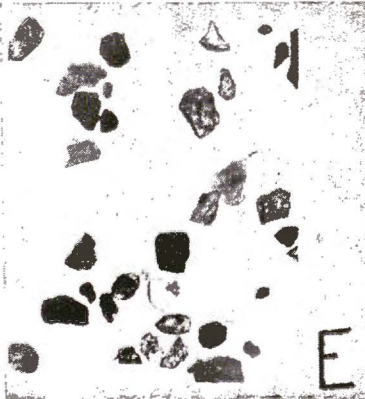
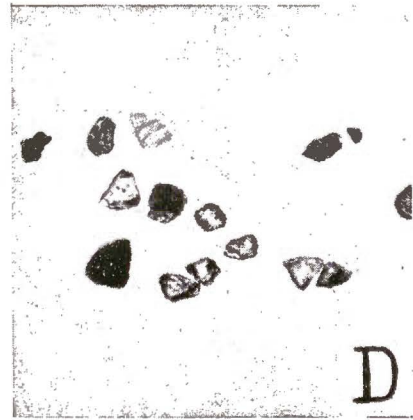
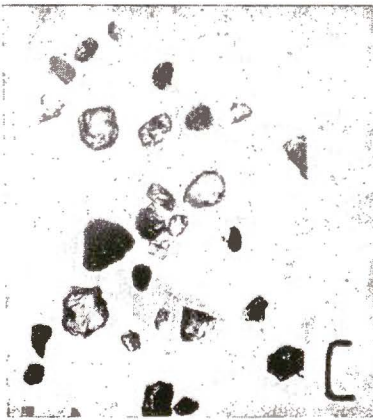
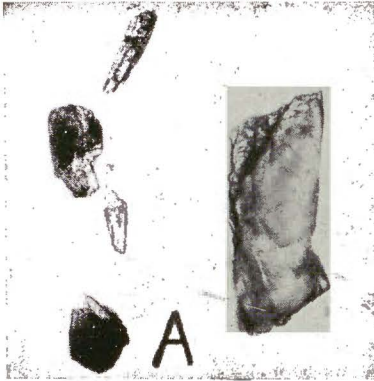
Asociado con zircón, turmalina y leucoxeno, principalmente en suelos antiguos (diluviales y terciarios) y rocas terciarias. *Raro* en formaciones sedimentarias fluviales modernas y suelos de vega.

(Granos generalmente pequeños, bien rodados y color pardo-rojizo; con luz reflejada color melado y brillo adamantino. Maclas raramente observables (lám. III, B).



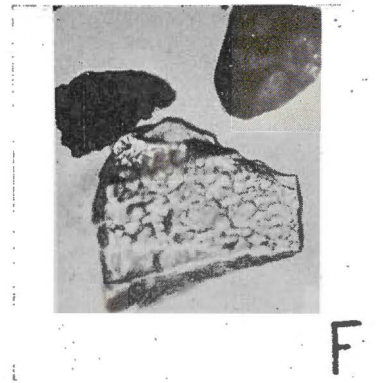
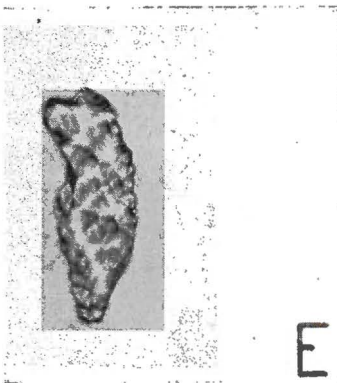
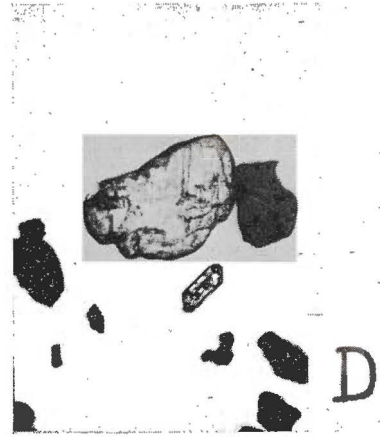
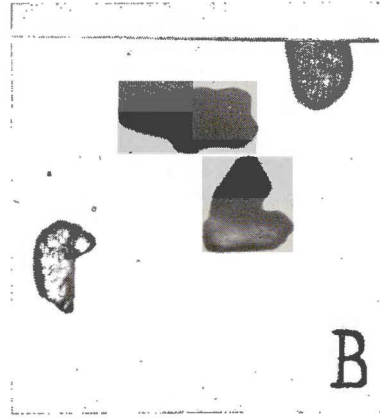
Minerales de sedimentos del Genil y suelos de vega.

A. Granate.—B. Andalucita.—C. Hornblenda.—D. Augita, corroída.—E. Minerales ligeros: Micas.—F. Minerales pesados: Micas alteradas y cloritas.



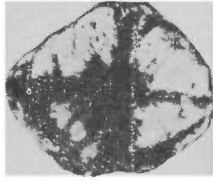
Minerales de sedimentos del Genil y suelos de vega.

A Izqda.: Hornblendas. Dcha.: Augita, corroída.—B y C. Granates, andalucitas, hornblendas, etc.—D. Granates, principalmente.—E. Granates, augita, andalucita, hornblenda, etc.—F. Granates, hornblendas, augitas, micas, etc. (sedimentos limo-arenosos recientes del Genil).

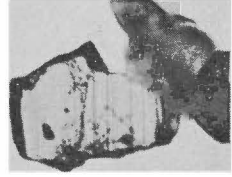


Minerales de suelos antiguos bien erosionados y rocas terciarias.

A. Zircón con crecimiento secundario (marga amarilla del mioceno).—B. Maccla de rutilo y zircón con posible crecimiento secundario (lehm rojo calizo).—C. Turmalina muy rodada; estáurolitas rodadas, porosas y con inclusiones; zirrones.—D. Distena (marga amarilla).—E y F. Granates corroídos (marga amarilla del terciario).



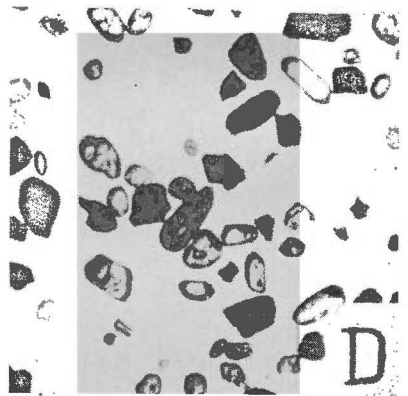
A



B



C



D



E



F

Minerales de suelos antiguos bien erosionados y rocas terciarias.

A. Chiestolita (greda meteorizada).—B. Brooquita (greda meteorizada).—A. Turmalina, andalucita, zircón, rutilo y opacos (asociación típica de un lehm rojo autóctono).—D y E. Lehm rojo autóctono: Campos representativos de los minerales pesados del horizonte superior e inferior, respectivamente. Zircón, leucóxeno, ilmenita, turmalina, rutilo y estaurolita.—F. Principalmente, zircones (marga amarilla).

Saussurita.—Muy raro.

Silimanita.— SiO_2 , Al_2O_3 . Rómbico.

Rara o ausente en las muestras que se estudian.

Turmalina.—Borosilicato complejo de aluminio, con magnesio, hierro o álcali (principalmente Na y Li). Trigonal.

Aparece asociada con zircón y rutilo, y de frecuencia como máximo *abundante*; por lo general *común* o *presente*. *Rara* en suelos de vega.

Se presenta en prismas alargados con terminaciones irregulares; granos basales o casi basales muy redondeados y granos con fractura irregular. Pardas oscuras, verdes muy claras hasta verdes oscuras o verdes azuladas. (lám. III, C).

Zircón.— SiO_2 , ZrO_2 . Tetragonal.

Común, abundante o dominante en suelos diluviales y rocas del terciario (Mioceno). En los suelos abunda cuando la frecuencia de granate es pequeña. En las rocas no existe, en general, esta «antipatía» zircón-granate.

La variedad comúnmente identificada corresponde a granos incoloros, generalmente bien rodados, rodados con fracturas y muy pocos granos con buenas formas cristalinas. Escasos granos pardos y más raros aún rosas, zonados o no. Tan sólo en un zircón se ha observado distintamente crecimiento secundario; en otro no se reconoce tan bien (lám. III, A y B). Los zircones rosas y con crecimiento secundario pertenecen a una muestra de marga arenosa amarilla del Mioceno.

b) *Minerales opacos*

Los minerales opacos pesados que incluimos en los análisis micromineralógicos de las muestras estudiadas son hematites, limonita, ilmenita, leucoxeno, magnetita y piritita.

Hematites y limonita aparecen, en general, con preferencia en

suelos de vega y sedimentos fluviales, asociados con granate, andalucita, hornblenda y minerales micáceos. Su frecuencia es *rara* o *común*.

La magnetita es más rara, pues normalmente en los suelos y sedimentos que consideramos, con buen grado de erosión, se encuentra recubierta de óxidos, y en la preparación de las muestras se evitó el tratamiento ácido para su eliminación.

Algo más común es la ilmenita, tanto en suelos como en rocas. En algunas muestras ilmenita y leucoxeno se presentan juntos con frecuencia *común* o *abundante* para ambos. En cambio, en otras, destaca la proporción bien de ilmenita o bien de leucoxeno, disminuyendo la del otro. Ambos minerales se presentan en general asociados con zircón, rutilo y turmalina. La mayor frecuencia de uno u otro hay que relacionarla con las condiciones de formación y desarrollo del suelo.

Por último, se han observado muy escasos granos minerales de pirita.

V. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha realizado el estudio micromineralógico de la fracción gruesa (arena) de sedimentos fluviales del Genil, xerorrendina, lehms rojos, tierras negras y rocas terciarias como contribución al conocimiento de la geología sedimentaria (micromineralogía) y suelos de la región bética (Puente Genil, Ecija).

Los resultados obtenidos permiten establecer una asociación típica de minerales pesados para el fluvial del Genil, constituida por granate-andalucita-hornblenda-minerales micáceos y opacos rojos de alteración. Para los sedimentos limo-arenosos recientes del Genil (Ecija), el número de especies minerales identificadas en su fracción arena es muy elevado; corresponden principalmente a minerales micáceos y fibrosos de rocas básicas, poco estables (augita, hiperstena, etc.).

En cambio, los residuos pesados de algunas rocas terciarias presentan una asociación extremadamente pobre, constituida por minerales muy estables (zircón, ilmenita, leucoxeno, turmalina, rutilo).

El análisis micromineralógico permite clasificar como *suelos alóctonos* algunos lehms rojos estudiados, y demuestra cierta contaminación por materiales fluviales de *suelos in situs*, como xerorrendsinas. Se señala igualmente por métodos petrográficos la existencia de suelos (lehms) *autóctonos* y tierras negras andaluzas en cuya formación no se presume la intervención de materiales extraños al terciario bético de la región.

Los datos mineralógicos que se poseen hasta ahora nos permiten distinguir con facilidad muestras de sedimentos terciarios y diluviales (fracciones arenás), de interés en génesis de suelos y sedimentología. Por este motivo se supone que en la región de estudio el diluvial no es extraño al correspondiente terciario bético.

Teniendo en cuenta las características generales y particulares de los tipos de suelos béticos y rocas sedimentarias, se inicia un estudio sistemático de «suelos y minerales» en orden al esclarecimiento de problemas edafológicos y petrográficos. Por último se expone una referencia general de minerales identificados.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto
Cortijo de Cuarto (Sevilla)*

MICROMINERALOGY OF SOILS, SEDIMENTS AND TERTIARY ROCKS OF THE GENIL VALLEY (PUENTE GENIL, ECIJA)

SUMMARY

As a contribution to the knowledge of the sedimentary Geology (micromineralogy) and soils of the Betic region (Puente Genil, Ecija) a micromineralogical study of the sand fraction of the fluvial sediments of the Genil river, of the xerorrendisine, red loams, black earths and sedimentary rocks has been carried out.

The results obtained allow to characterize a typical association of heavy minerals in the fluvial sediments of the Genil constituted by garnet, andalusite, hornblenda and micaceous and red by alteration opaque minerals.

In the case of the more recent silt-sandy sediments of the Genil (Ecija), the number of minerals species identified in its sand fraction is very high; they correspond mainly to unstable micaceous and fibrous minerals of basic rocks (augite, hyperstene, etc.).

By the contrary, the heavy residues of some tertiary rocks present an ex-

tremaly poor association, constituted by very stable minerals (zircon, ilmenite, leucoxene, tourmaline, rutile).

Micromineralogical analyses allow to classify some of the red loams studied as aloctono soils and show some contamination of *in situ* soils as xerorrendinsine by fluvials materials.

Petrographic methods show also the existence of *autoctono* red soils (loams) and Andalusian black earths, in the formation of which the intervention of materials foreing to the tertiary Betic of the region is not presumed.

The mineralogical data available at present do not allow to distinguish easily samples of tertiary sediments from diluvial ones (sand fraction) both of them of interest in the genesis of soils and in sedimentology. By this reason it is supposed that in the region under study the diluvial drifts are not strange to the corresponding Betic tertiary sediments.

Bearing in mind the general and particular characteristics of the different types of Betic soils and sedimentary rocks, a systematic study of «soils and minerals» is started in order to throw lighth on some pedologic and petrographic problems. A general reference of the identified minerals is also included.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) PANEQUE GUERRERO, G. y GONZÁLEZ GARCÍA, F. 1957. Composición mineralógica y génesis de algunos tipos de suelos calizos béticos. I. An. Edaf. Fis. Vege., XVI, 907.
- (2) GONZÁLEZ GARCÍA, F. y PANAQUE GUERRERO, G. 1957. Composición mineralógica y génesis de algunos tipos de suelos calizos béticos. II. An. Edaf. Fis. Vege. XVI, 1.116.
- (3) PANEQUE GUERRERO, G. Composición mineralógica y génesis de algunos tipos de suelos calizos béticos. III (sin publicar).
- (4) GUERRA, A.; MONTURIOL, F.; GONZÁLEZ GARCÍA, F.; CHAVES, M. y PEIRÓ, A. 1954. Mapas de Suelos. I. Ecija (Sevilla). Edit. por Direc. Enseñan. Lab. e Inst. Edaf. Fis. Vege. C. S. I. C. Madrid.
- (5) GAVALA Y LABORDE, J. Memoria explicativa de la Hoja de El Asperillo. Inst. Geol. y Min. de Espñ.
- (6) SMITHSON, F. 1950. The mineralogy of arenaceous deposits. Sci. Prog., núm.. 149, 10.
- (7) SMITHSON, F. 1937. Outgrowths on Zircon in the Middle Jurassic of Yorkshire. Geol. Mag. LXXIV, 281.
- (8) SMITHSON, F. 1931. The Triassic sandstones of Yorkshire and Durham: their petrography and their relation to the Trias of other parts of the British Isles.
- (9) SMITHSON, F. 1939. Statistical Methods in Sedimentary Petrology. Geol. Mag. LXXVI, 297.

INFECCION DE DIFERENTES GENEROS DE LEGUMINOSAS CON UNA ESTIRPE DE *RHIZOBIUM* PROCEDENTE DE *PISUM SATIVUM*. III.

por

E. CABEZAS DE HERRERA SANCHEZ

En el presente trabajo damos a conocer los resultados obtenidos al inocular los distintos géneros de leguminosas con que venimos trabajando, con una estirpe de *Rhizobium* procedente de nódulos de una planta de *Pisum sativum*.

PARTE EXPERIMENTAL

La estirpe de *Rhizobium* núm. 6, con que hemos realizado estas experiencias, proceden de nódulos de raíces de *Pisum sativum* que nos enviaron de Huércal-Overa, la cual fué aislada y caracterizada por nosotros.

Después de hacer un estudio detenido de las condiciones óptimas de nodulación sobre su leguminosa específica, probamos la inoculación cruzada de la misma con diez géneros de leguminosas diferentes. Cuadro 1.

Obtuvimos los resultados que expresamos a continuación:

En una primera experiencia y con la estirpe de *Rhizobium* recién aislada inoculamos las leguminosas, según indicamos en el cuadro 2, donde damos los resultados obtenidos a los dos meses de cultivo en invernadero.

En una segunda experiencia tres meses más tarde y después de resiembra periódica de la estirpe, cada mes, en medio

79 F. agar (G. Fraile, 1955); volvimos a inocular las leguminosas, tanto las que habían nodulado como las que no lo habían hecho en la experiencia anterior. Los resultados que obtuvimos a los dos meses de cultivo en invernadero vienen dados en el cuadro 3.

Aislamos las estirpes de *Rhizobium* de los nódulos obtenidos en la primera y segunda experiencia, cuadro 4, e hicimos sus correspondientes cartas descriptivas; que como siempre comparamos con las dos estirpes más afines a ellas, la específica de la planta sobre la que ha nodulado y la estirpe original, cuadros 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Los medios de cultivo empleados, y los procedimientos de aislamiento y caracterización de las estirpes, procedimiento de

CUADRO 1

Planta	Grupo
<i>Medicago sativa</i>	1
<i>Trifolium incarnatum</i>	2
<i>Pisum sativum</i>	3
<i>Vicia sativa</i>	3
<i>Vicia monanthos</i>	3
<i>Lens sculenta</i>	3
<i>Phaseolus vulgaris</i>	4
<i>Ervum ervilia</i>	—

CUADRO 2

Núm. macetas	Núm. Pies por maceta	Planta.	Núm. Pies nodulados por maceta
4	15	<i>Trifolium incarnatum</i>	
4	5	<i>Phaseolus vulgaris</i>	
4	5	<i>Vicia sativa</i>	2—3—5
4	15	<i>Medicago sativa</i>	
4	5	<i>Lupinus angustifolium</i>	
4	5	<i>Vicia monanthos</i>	
4	5	<i>Ervum ervilia</i>	
4	5	<i>Lens sculenta</i>	4—5—3—4
4	5	<i>Lupinus albus</i>	

cultivo de las leguminosas, etc., pueden verse en el trabajo E. Cabezas de Herrera (1956), por eso no insistimos en ello.

CUADRO 3

Núm. macetas	Núm. de pies por maceta	Planta	Núm. de pies nodulados por maceta
4	15	<i>Trifolium incarnatum</i>	10 — 7 — 15 — 8
4	5	<i>Phaseolus vulgaris</i>	4 — 3 — 5 — 5
4	5	<i>Vicia sativa</i>	5 — 3 — 4 — 5
4	15	<i>Medicago sativa</i>	15 — 10 — 12 — 15
4	5	<i>Lupinus angustifolius</i>	5 — 4 — 5 — 5
4	5	<i>Vicia monanthos</i>	4 — 5 — 5 — 4
4	5	<i>Ervum ervilia</i>	5 — 4 — 6 — 5
4	5	<i>Lens sculenta</i>	5 — 4 — 5 — 5
4	5	<i>Lupinus albus</i>	5 — 5 — 4 — 5

CUADRO 4

Estirpe: ...

- 6 (1) Aislada de nódulos de *Trifolium incarnatum* inoculado con estirpe número 6.
- 6 (2) Aislada de nódulos de *Phaseolus vulgaris* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (3) Aislada de nódulos de *Vicia sativa* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (4) Aislada de nódulos de *Medicago sativa* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (5) Aislada de nódulos de *Lupinus angustifolius* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (7) Aislada de nódulos de *Vicia monanthos* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (9) Aislada de nódulos de *Ervum ervilia* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (10) Aislada de nódulos de *Lens sculenta* inoculada con estirpe número 6.
- 6 (11) Aislada de nódulos de *Lupinus albus* inoculada con estirpe número 6.

CUADRO 5

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (1)	Estirpe núm. 1
Glucosa	+	+	+
Fructosa..	+	+	+
Sacarosa..	+	—	+
Maltosa	+	+	+
Galactosa... ..	+	+	—
Manosa	+	+	+
Lactosa	+	—	—
Xilosa	+	+	—
Almidón... ..	+	+	+
Salicina... ..	+	—	+
Arabinosa	+	+	—
Ramnosa	+	+	—
Rafinosa	—	—	+
Clark y I... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 6

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (2)	Estirpe núm. 2
Glucosa	+	+	—
Fructosa..	+	+	—
Sacarosa..	+	+	—
Maltosa	+	+	—
Galactosa... ..	+	+	—
Manosa	+	+	—
Lactosa	+	±	—
Xilosa	+	+	+
Almidón... ..	+	+	—
Salicina	+	+	—
Arabinosa	+	±	—
Ramnosa	+	—	—
Rafinosa... ..	+	+	+
Clark y I... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 7

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (8)	Estirpe núm. 8
Glucosa	+	+	—
Fructosa... ..	+	+	—
Sacarosa... ..	+	+	—
Maltosa	+	+	—
Galactosa... ..	+	+	—
Manosa	+	—	—
Lactosa	+	—	—
Xilosa	+	±	—
Almidón... ..	+	+	—
Salicina	+	+	—
Arabinosa	+	+	—
Ramnosa	+	—	—
Rafinosa... ..	+	±	—
Clark y L... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 8

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (4)	Estirpe núm. 4
Glucosa	+	+	—
Fructosa... ..	+	+	+
Sacarosa... ..	+	—	—
Maltosa	+	—	—
Galactosa... ..	+	—	—
Manosa	+	+	—
Lactosa	+	—	—
Xilosa	+	+	+
Almidón... ..	+	—	—
Salicina	+	—	—
Arabinosa	+	—	—
Ramnosa	+	+	—
Rafinosa	+	+	+
Clark y L... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 9

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (5)	Estirpe núm. 5
Glucosa	+	+	—
Fructosa..	+	+	—
Sacarosa..	+	+	—
Maltosa	+	+	—
Galactosa... ..	+	+	—
Manosa... ..	+	+	—
Lactosa	+	±	—
Xilosa	+	±	—
Almidón... ..	+	±	—
Salicina	+	±	—
Arabinosa	+	±	—
Ramnosa	+	±	—
Rafinosa... ..	+	±	—
Clarck y L... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 10

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (7)	Estirpe núm. 7
Glucosa	+	+	+
Fructosa..	+	+	+
Sacarosa..	+	+	+
Maltosa	+	+	+
Galactosa... ..	+	+	+
Manosa	+	+	+
Lactosa	+	+	+
Xilosa	+	+	+
Almidón... ..	+	+	+
Salicina	+	+	+
Arabinosa	+	+	+
Ramnosa	+	+	+
Rafinosa	+	+	+
Clarck y L... ..	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 11

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (9)	Estirpe núm. 9
Glucosa	+	+	+
Fructosa..	+	+	+
Sacarosa..	+	+	+
Maltosa	+	+	+
Galactosa... ..	+	+	+
Manosa	+	+	+
Lactosa	+	+	+
Xilosa	+	—	+
Almidón... ..	+	+	—
Salicina	+	+	+
Arabinosa	+	—	—
Ramnosa... ..	+	+	+
Rafinosa... ..	+	+	+
Clarck y L.	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 12

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (10)	Estirpe núm. 10
Glucosa	+	+	+
Fructosa..	+	+	+
Sacarosa..	+	+	+
Maltosa	+	+	—
Galactosa... ..	+	+	+
Manosa	+	—	—
Lactosa	+	+	+
Xilosa	+	+	—
Almidón... ..	+	+	—
Salicina... ..	+	—	—
Arabinosa	+	—	—
Ramnosa... ..	+	—	—
Rafinosa... ..	+	+	+
Clarck y L.	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CUADRO 13

	Estirpe núm. 6	Estirpe 6 (11)	Estirpe núm. 11
Glucosa	+	+	—
Fructosa..	+	+	—
Sacarosa..	+	+	—
Maltosa	+	+	—
Galactosa... ..	+	+	—
Manosa	+	+	—
Lactosa... ..	+	±	—
Xilosa	+	±	—
Almidón... ..	+	±	—
Salicina	+	±	—
Arabinosa	+	±	—
Ramnosa	+	±	—
Rafinosa... ..	+	±	—
Clarck y L.	—	—	—
Nitratos... ..	—	—	—
Indol... ..	—	—	—
Leche T.	+	+	+

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, confirman una vez más nuestro punto de vista sobre la especificidad del *Rhizobium* y su planta huésped.

Instituto «Jaime Ferrán», de Microbiología

RESUMEN

Cambiando las condiciones de la vida de la estirpe de *Rhizobium* núm. 6 (huésped de *Pisum sativum*) por repetidos pases a través de un medio de cultivo apropiado, conseguimos que pierda el estado de adaptación a esta leguminosa y adquiera capacidad para infectar otros géneros de leguminosas sobre las que no nodulaba la estirpe recién aislada de los nódulos de dicha planta.

INFECTION OF SEVERAL GENERA OF LEGUMINOUS PLANTS
WITH A SINGLE STRAIN OF *RHIZOBIUM* FROM
PISUM SATIVUM III

SUMMARY

Through several passages on a suitable medium the strain n.º 6 (host *Pisum sativum*) of *Rhizobium* has been changed losing its specificity for this leguminous plant and being now able to infect other genera of legumes for which it was not infective before.

L'INFECTION DE DIFFERENTS GENRES DE LEGUMINEUSES AVEC
UNE SOUCHE DE *RHIZOBIUM* PROCEDANT
DE *PISUM SATIVUM*. III

RESUMÉ

En faisant de nombreux passages, dans un milieu approprié, de la souche *Rhizobium* núm. 6 (hôte de *Pisum sativum*) on a changé son spécificité sur cette légumineuse et elle est devenue active sur d'autres genres de légumineuses sur lesquelles elle ne l'était pas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, O. W. and ALLEN, E. K. 1939. Root nodule bacteria of some tropical leguminous plants. II. Cross inoculation tests within the cowpe group. *Soil. Science*, 47, 63.
- BURKE, V. and HÖHL NELSON, J. 1930. Cross inoculation with *Rhizobium radicum*. *Soil. Science*, 30, 407.
- BURTON, J. C. and ALLEN, O. N. 1950. Inoculation of Crimson Clover (*Trifolium incarnatum* L.) with mixtures of Rhizobia Strains. *Soil. Science. Soc. of An. Proc.*, 14, 191.
- CABEZAS DE HERRERA, E. 1956. Infección de la alfalfa con distintas estirpes de *Rhizobium*. *Ann. Edaf. y Fisiol.*, XV, 85-110.
- FRAILE RAMOS, G. 1955. Estudio sobre nódulo-bacterias. *Microbiol. Esp.*, 8, 53.
- GARMAN, H. and DIDLAKE, M. 1914. Six different species of nodule bacteria. *Ky. Agr. Ex. St. Bul.* 184, 343-363.
- GERRETSEN, F. C. 1952. Comunicación personal.
- GREGORY, K. F. and ALLEN, O. N. 1953. Physiological variations and host plant specificities of Rhizobia isolated from *Caragana arborescens* L. *Canadian Jour. of Bot.*, 31, 730-738.

- HANSEN, R. 1921. The nodule Bacteria of the Leguminosae with special reference to the mechanism of inoculation. C. Blatt. Bak., 85, 129-152.
- HUTCHINSON, C. M. 1922. Report of Imperial agriculture bacteriologist Agr. Research. Inst. Pusa. Sci. Rpts., 1921-22, 39.
- JOSHI, N. V. 1920. Studies on the root nodule organism of the leguminous plants. India. Dpt. Agr. Mem. Bac. Ser., 1, 247-276.
- KRUGER, R. 1914. Beiträge zur artenfrage der Knöllchenbakterien einiger leguminosen, Inaug. Diss, Leipzig, 56.
- LEWIS, L. L. and NICHOLSON, J. F. 1905. Soil inoculation. Tubercle-forming bacteria of the legumes. Okla Agr. Ex. St. Bul., 68, 1-30.
- MAASSEN und MÜLLER, A. 1907. Ueber die bakterien in den knollchen der verschiedenen leguminosenarten. Mitt. K. Biol. Anst. Land u Forstw. Heft, 4, 42-44.
- MÜLLER, A. und STAPP, C. 1925. Beiträge zur biologie der Leguminosen knöllchenbakterien mit besonderer berücksichtigung ihrer Artverschiedenheit. Arb. Biol. Reichsanst. Land. u. Forstw., 14, 455-554.
- NILSON, P. E. and RYDIN, C. 1954. Studies on symbiotic nitrogen fixation by a new strain of tetraploid red clover (v o 36). Archiv. für Mikrobiol. Bd., 20, S. 398.
- SEARS, O. H. and CLARK, F. M. 1930. Non reciprocal cross-inoculation of legume nodule-bacteria. Soil. Science, 30, 237.
- SIMON, J. 1907. Die Widerstandsfähigkeit der Wurzelbakterien der leguminosen und ihre bedeutung für die bodenimpfung. Jahresber. Ver. Angrew. Bot., 5, 132-160.
- SIMON, J. 1914. Ueber die verwandschaftsverhältnisse der Leguminosen-Wurzelbakterien. Centbl. Bakt. (etc.), 2. Abt., 41, 470-479.
- WHITING, A. L., FRED, E. B. and HELZ, G. E. 1926. A study of the root-nodule bacteria of Wood's clover (*Dalea alopecuroides*). Soil. Sci., 22, 467.

SOBRE LAS COMUNIDADES ANIMALES DE LOS SUELOS DE ESPAÑA CENTRAL

(*ACARI, ORIBATEI*)

por

FRANC MIHELČIĆ

En esta comunicación provisional quiero limitarme a la descripción de los Oribátidos hallados en la zona indicada y sus cenosis; sólo rozaré ligeramente los resultados aquí obtenidos, porque las conclusiones de estas investigaciones serán tratadas más en detalle en un trabajo más amplio, en el cual se estudiarán también los demás grupos de animales, algunos de los cuales están ya determinados.

La finalidad de este breve trabajo quiere ser, ante todo, una visión de conjunto de la labor realizada y facilitar, además, la comprensión de las particularidades del mundo animal edáfico y sus relaciones en esta zona.

En esta corta comunicación hablamos primero brevemente de la zona estudiada, de los factores que se encuentran en ella y que influyen en la constitución de las comunidades animales y, por último, de las cenosis de oribáticos que se encuentran en ellas.

1. LA ZONA ESTUDIADA

La región de la España Central, cuyas comunidades de animal del suelo hemos estudiado a la luz de los factores que en ella actúan, es sólo una parte muy pequeña de España y probable-

mente la más homogénea. Puede considerarse como las estribaciones de la parte sur de la Sierra de Guadarrama.

a) *Situación y límites*

La zona estudiada está limitada al Norte por la Sierra de Guadarrama, la cual se extiende de Oeste hacia Noroeste, y alcanza su altura máxima, de 2.430 metros, en el Pico de Peñalara, estando constituida por una masa principal de granito.

Por la parte Este, la zona estudiada llega casi hasta Cuenca y Guadalajara, y al Oeste está limitada por la Sierra de Gredos, sierra que se dirige en la misma dirección que la Sierra de Guadarrama, pero que se extiende mucho más al Sur que ella.

La altitud media de la zona estudiada alcanza, ya que no se han estudiado las cumbres con mayor detenimiento, entre los 300 y 800 metros, siendo la altura máxima de 1.000 metros, en Los Molinos, y la mínima de 500, en Toledo.

Climáticamente se caracteriza la zona por su clima continental. Existen grandes variaciones de temperatura, tanto entre el día y la noche como entre invierno y verano. También se registran pocas precipitaciones, pues la mayoría de ellas caen en los meses de noviembre y en marzo-abril; las mínimas, o ninguna, en los meses de verano, julio y agosto, y a veces hasta pasado mediados de septiembre.

b) *Vegetación*

En cuanto a la vegetación, podemos dividir la zona estudiada en tres partes, o, teniendo en cuenta la parte montañosa, en cuatro. Son:

1) La montaña (Guadarrama), con bosques, bien desarrollados, casi siempre sólo pinares, principalmente en la vertiente Norte, aunque también existen en la vertiente Sur.

2) La zona al Sur de la Sierra, desde Los Molinos y El Escorial hasta Villalba y El Pardo, con *Quercus*.

3) Alrededores de Madrid, con *Quercus* y bosque de pinos en forma de parques y superficies de hierba.

4) Más al Sur se extiende la estepa o suelo desértico («serosem»), con vegetación escasa, estepa caracterizada porque sus plantas tienen partes lignificadas.

También debemos añadir que al Este de Madrid, cerca de Alcalá de Henares, hay suelos margosos xeroterms que se caracterizan por céspedes flojos de hierba y otras plantas.

c) Suelos

En la montaña misma observamos la «tierra parda meridional», a la cual se agrega, en las estribaciones de las montañas, el «braunlehm», primero de consistencia arenosa. En esta parte de transición, a la cual corresponde la vegetación de arbustos, se observan rocas aisladas y grupos de rocas. El suelo es, en general, arenoso.

A esta zona de transición se agrega el suelo de los alrededores de Madrid. Está formado por «braunlehm», es pobre en humus, en verano se seca rápidamente y se vuelve duro como piedra; en las épocas húmedas se hincha mucho bajo la influencia del agua, pero se seca rápidamente.

Al Este de Madrid, el suelo es, como ya se ha indicado, un suelo de margas, y al Sur, un suelo desértico yesoso («serosem»). Es característico para esta clase de suelos la escasa cantidad de sustancia orgánica y de sustancias húmicas, gran tendencia a la pulverización y empolvamiento, al estado seco y desecación rápida.

2. LA TOMA DE MUESTRAS

Para su estudio se tomaron más de 250 muestras de la región estudiada, y se elaboraron para investigar los animales que en ellas se encuentran.

Como ya se ha indicado, se han tomado algunas muestras en la Sierra de Guadarrama, tanto en su ladera Norte como en la del Sur, en los bosques y por encima del límite del bosque. En la ladera Norte se han tomado las muestras en San Rafael (1.500

metros) y Valle de Balsain (unos 1.200 metros); en la vertiente Sur, más arriba de El Escorial (Silla de Felipe II), por encima de Cercedilla, en Navacerrada, en los bosques y por encima de éstos.

Más abajo del Guadarrama se han tomado muestras alrededor de El Escorial, Los Molinos, Villalba, El Pardo, Casa de Campo, Getafe, Vallecas, Vicálvaro, Vaciamadrid, Villaviciosa de Odón, Aranjuez, Valdemoro, Ciempozuelos y Toledo, También han sido estudiados los suelos margosos xeroterms de Alcalá de Henares y Guadalajara.

La toma de muestras se ha realizado durante todo el año, en parte para obtener una visión exacta del mundo animal del suelo, y en parte para estudiar la influencia de las estaciones del año sobre la composición de las biocenosis.

3. LA CENOSIS DE ORIBÁTIDOS DE LA REGIÓN

Como ya se ha indicado al principio, sólo se mencionan aquí los oribátidos. Pero no vamos a dar listas, ni siquiera citaremos todas las especies halladas. Se trata más bien de estudiar la zona en cuanto a sus cenosis, los factores que en ella actúan y que tienen influencia en la composición de las cenosis de oribátidos.

Entre estos factores se cuentan, si comparamos los resultados de los diferentes yacimientos aislados, la vegetación en primer lugar, la humedad o, en su caso, la desecación, la cubierta de barrojo y el contenido en humus, así como también la constitución del suelo.

a) *Vegetación*

La acción de la vegetación se manifiesta, o bien en el barrojo, o bien por favorecer la humedad o evitar una desecación del suelo demasiado rápida.

Si, a fin de establecer comparaciones, echamos un vistazo a las cenosis de oribátidos de los bosques del Guadarrama, observaremos en seguida la influencia del bosque cerrado en las con-

diciones de humedad, sobre la cubierta de barrujo, y el contenido en humus del suelo. En los bosques, especialmente en los de la ladera Norte, existen cenosis de oribátidos, muy ricas en especies y en individuos, que muestran un claro carácter de cenosis de bosque.

Y así, en la ladera Norte de la Sierra de Guadarrama se encuentra la cenosis *Caleremius monilipes* con *Camisia biverrucata*, *C. spinifer*, *Belba corynopus*, *Eremaeus hepaticus*, *E. oblongus*, *E. granulatus*, *E. intermedius*, *E. setiger*, especies de *Oppia* (como *O. unicarinata*, *O. fasciata*, etc.), *Carabodes minusulus*, *Liacarus acutus*, *L. brevulamellatus*, *L. ovalis*, *Adoristes ovatus* y *A. extraneus*, y otros más.

En la ladera Sur se observa una cenosis de composición algo diferente. Aparece aquí una cenosis de oribátidos que yo denominaría cenosis *Hypochthoniella pallidula* con *Hypochthonius spec.* *Parhypochthonius aphidinus*, *Oppia fallax*, *O. perspicua*, *Tectocephus velatus* y otros.

Por encima del límite del bosque, es decir, por encima de los 1.800 metros de altura, se encuentran especies que exigen un grado de humedad determinado, además de una mejor cubierta de barrujo y más contenido en humus que otras especies que se encuentran en campo abierto. En la vegetación herbácea de los suelos de ranker observamos la cenosis *Oppia unicarinata* con *Eremaeus intermedius*, *Damaeus auritus* y otros; en los ranker de tangel, la cenosis *Achipteria nitens* con *Gymmodamaeus nitidus*, *O. gibbus*, *Scutovertex minutus*, *Adoristes ovatus*, *Liacarus spec.*, *Odontocephus elongatus*, *Trichoribates trimaculatus* y otros más.

Además de éstas hemos observado otras especies, que son las que se observan en campo abierto en suelos xeroterms, tales como *Tectocephus velatus*, *Passolozetes granulatus*, *Scheloribates confundatus* y otros.

Es característica de la zona de transición del climax de arbusto la cenosis *Zygoribatula trichosa*. En ella se encuentran también *Scheloribates confundatus*, *Peloribates pilosus* y *Galumna spec.* con algunas especies euritopas, como *Oribatula tibialis*; donde la capa de barrujo es más espesa se encuentran también *Hymno-*

damaceus reticulatus, *Elapheremaus pectinigera* y pocas especies más.

El bosque de pinos a modo de parques, alrededor de Madrid, se caracteriza por una cubierta cerrada de vegetación formada por grandes extensiones de hierba, con arbolado más o menos denso de *Pinus*, *Quercus* y otros árboles.

Las cenosis de oribátidos están representadas por aquellas especies que no tienen gran necesidad de una verdadera humedad, es decir, especies oligo- y mesohigras, y también por aquellas que no exigen una cubierta de humus especial y espesa y que resisten cantidades menores de sustancias de humus (fórna y sustancia orgánica), y, por último, que resisten una desecación rápida. Aquí pertenecen: *Brachychthonius berlesci*, *Cosmochthonius lanatus*, *Damaeus auritus*, *Arthrodamaeus reticulatus*, *Gimnodamaeus nitidus*, *Tectocephus velatus*, *Passalozetes africanus*, *P. granulatus*, *P. vicinus*, *Zygoribatula rugifrons*, etc.

Así, las especies de oribátidos se reúnen aquí para formar la cenosis *Zygoribatula rugifrons* con *Damaeus auritus*, *Arthrodamaeus reticulatus*, *Lucoppia mediocris*, *Passalozetes africanus*, *Scheloribates confundatus*, *Trichoribates latellamellatus* y otras. Esta cenosis, siempre que se trate de bosques climax, permanece aun en verano casi inalterada; a lo sumo, penetran en ella algunas especies xerófilas en los meses de verano.

En campo abierto, bajo las superficies de hierba, especialmente más lejos de los pinares, donde éstos no pueden ejercer influencia sobre la composición de las biocenosis, predomina la biocenosis de *Scheloribates confundatus*, en la cual se encuentran la mayoría de las especies citadas arriba, y, además, *Lohmannia parallela*, *Ceratozetes campestris* y alguna más. En verano, cuando se han desecado totalmente las superficies de hierba, se transforma esta cenosis y predominan las especies xerófilas; se origina la cenosis *Ceratozetes armatus* con *Oppia decipiens*, *O. foveolata*, *Ceratozetes obtusus*, *C. conjunctus* y algunas especies más.

Nos queda por considerar la vegetación floja, escasa, interrumpida por grandes superficies de suelo desnudo, de las margas xerotermales, como los suelos de sierosem. La vegetación consiste en céspedes aislados de hierba, matas lignificadas de *Lavandula*

spec. *Artemisa tridentata*, *Rosa berberifolia* y otras. La vida animal del suelo se reduce a sólo los suelos debajo de las plantas citadas, y la vegetación debajo de los olivos o a la cubierta vegetal en depresiones húmedas, mojadas. Exceptuando éstas, los oribátidos aquí presentes forman la cenosis *Licnodamaeus costula* con *Damacolus ornatus*, *Cosmochthonius lanatus*, *Lohmannia deserticola*, *L. ornata*, *Gymnodamaeus nitidus*, *Zetorchestes micronychius*, *Zygoribatula trichosa*, etc.

En resumen, podríamos decir lo siguiente acerca del factor vegetación: las cenosis de oribátidos de los bosques cerrados se caracterizan por especies que encuentren humedad uniforme, suficiente barrujo y elevado contenido en humus. Son, pues, las especies que pertenecen al tipo mesohigro, a veces al polihigro y más rara vez al oligohigro, a los tipos poli- y mesostibófilos y poli- y mesohumófilos. A estas especies se añaden algunas de campo abierto, con valencia ecológica más amplia respecto de estos factores.

Fuera del bosque, las cenosis están formadas por especies que pertenecen al tipo meso- y oligohigro, mesostibófilo y más aún al tipo oligostibófilo y oligohumófilo. Se pueden encontrar excepciones donde, debido a la acumulación de barrujo y una espesa cubierta vegetal, se agregan especies del tipo meso-polistibo- o polihumófilo.

En la zona con vegetación escasa predominan los tipos oligohigro, oligostibófilo y oligohumófilo con carácter steno.

b) *Humedad como factor*

Este factor ha sido citado algunas veces, por eso vamos a decir unas palabras acerca de él y su influencia sobre la composición de las comunidades animales en España Central.

Las especies de oribátidos encontradas en la zona estudiada pueden distribuirse en tres tipos, que son de tipo poli, meso y oligo, con carácter steno y euri. No necesitamos insistir en que «poli» corresponde al substrato o habitat totalmente húmedo

o mojado; «meso», al húmedo, y «oligo», al substrato seco o que se seca rápidamente.

Como polistenohigrófilas, hasta ahora sólo se han encontrado dos especies: *Malaconothrus globiger* y *Limnozetes ciliatus*, en un musgo totalmente mojado, en el bosque en la vertiente Sur de Guadarrama.

La mayoría de las especies de oribátidos pertenecen, en realidad, al tipo mesoeurigró, y gran parte de ellos con la tendencia a la stenomesoeurihigria, y otra parte, no menos grande, con la tendencia a la eurimesohigria. Pertenecen al primer grupo la mayoría de las especies encontradas en los bosques de la vertiente Norte y en la mayor parte de los bosques de la vertiente Sur, como en los climax de arbustos y climax de bosque bajo matorrales cerrados, donde la capa de barrujo está mejor desarrollada. No es menos importante el número de las especies de tipo eurimesohigro, que se establecen, bien en los bosques, principalmente de la vertiente Sur, o en suelos de ranker, por encima del límite del bosque o en campo abierto de climax de bosque, debajo de diferentes matas y vegetación herbácea bien desarrollada, especialmente a finales de otoño y en primavera.

También es grande el número de especies pertenecientes al tipo oligohigro, que son, en parte, del tipo eurioligohigro o del tipo stenooligohigro. Al primer grupo pertenecen aquellas especies que sólo se encuentran en los meses secos de verano, en campo abierto y en suelos de serosem totalmente secos. Así, por ejemplo, *Lohmannia ornata*, *L. deserticola*, *L. valdemorica*, *Licnodamaeus costula*, *Licnoliodes andrei*, *L. adminensis*, *Oppia decipiens*, *Damaeolus ornatus*, *Ceratozetes armatus*, *C. obtusus*, *Zigoribatula trichosa*. Podrían constituir un grupo de transición al tipo siguiente, *Gymnodamaeus nitidus*, *Passalocetes vicinus*, *P. reticulatus*, *Ceratozetes campestris*, *C. conjunctus*, *Galumna magna*, que se encuentran a finales de la primavera a veces en gran número de individuos; antes de esta época, sólo aparecen individuos aislados.

En el tipo oligoeurihigro incluiría yo: *Cosmochthonius lanatus*, *Lohmannia parallela*, *Eulohmannia cylindrica*, *Damaeus auritus*, *Arthrodamaeus reticulatus*, *Tectocephus velatus*, *Passalocetes*

africanus, *Zetorchestes micronychius*, *Oribatula rugifrons* v. *striata*, *Minunthozetes semirufus* y otras.

c) *Förna y sustancias húmicas como factor*

Estos dos, es decir, el barrujo o capa de förna y las sustancias de humus, tienen importancia no sólo como fuentes nutritivas, sino también como reguladores de la humedad. Por eso encontramos cenosis semejantes a las de los bosques en el campo abierto, donde existe suficiente barrujo o acumulación de humus.

No todos los oribátidos tienen las mismas apetencias respecto de estos dos factores. Hay especies stibófilas, y tal vez se podrían distinguir también especies stibófobas; las primeras prefieren habitats donde abunda la förna; las otras, en cambio, donde haya poco o nada. Por capa de förna entendemos no sólo el barrujo, hojarasca, restos de agujas, sino también musgos o líquenes y almohadillas de hierba. Así, pues, podemos dividir los oribátidos en tipos polistibófilos, mesostibófilos y oligostibófilos, en los que «poli» significa exigencia de förna abundante; «meso», mediana apetencia de förna, y «oligo», ninguna apetencia de förna. Y lo mismo podemos decir de las sustancias de humus, es decir, de la apetencia por las mismas. Naturalmente, se utilizan también denominaciones de carácter «euri» y «steno».

No necesitamos insistir en que tanto las especies polistibófilas como las polihumófilas se encuentran principalmente en los bosques. También se encuentran allí la mayoría de las especies mesostibófilas y mesohumófilas con carácter estenoico, pero, además, también en las acumulaciones de förna o de humus del climax de bosque y debajo de matorral espeso, y en la zona alta, por encima del límite de bosque en ranker espeso, especialmente en suelo de ranker de Tangel. Las especies eurimesostibófilas, eurimesohumófilas se encuentran en campo abierto, debajo de la cubierta de hierba que, aunque es espesa, nunca está muy desarrollada, así como debajo de las matas lignificadas en estos mismos lugares y sobre siero-sem, donde se observa más humedad. Las especies oligostenotibófilas y oligostenohumófilas se encuentran en los suelos de siero-sem y en todas las demás condiciones.

No necesitamos explicar que también hay especies eurioicas con respecto a este carácter.

d) *Tipo de suelo como factor*

Si nos fijamos en el tipo de suelo y lo consideramos como factor y comparamos desde este punto de vista las cenosis de oribátidos halladas en los diferentes suelos de la zona estudiada, no es difícil comprobar que también éste, es decir, el suelo y su carácter, no tanto por sí mismos, sino por los factores provocados o favorecidos por el carácter del suelo, ejercen un influjo sobre la constitución de las comunidades de animales.

Si prescindimos de la *tierra parda mediterránea* de los bosques de Guadalajara, que no han sido sometidos a un estudio más profundo, y pasamos a considerar la *tierra parda* o el *braunlehm* con escasa vegetación, poco contenido en humus y floja cubierta de fôrna, vemos que el suelo ejerce una decidida acción sobre la composición de las biocenosis, precisamente por esos caracteres y también por la desecación total y endurecimiento del terreno en verano, acentuados por su estructura y contextura y la exposición (a causa de insuficiente vegetación) a la acción del macroclima. Pero además, aun en los meses favorables del año, como en otoño, en invierno y en primavera las precipitaciones no ejercen acción intensa en ellos. La humedad, a causa de la estructura y contextura del suelo, no es duradera.

El braunlehm que se observa en abundancia en los suelos climax alrededor de Madrid presenta condiciones semejantes como las que acabamos de describir: pobreza en humus, sequedad desde finales de primavera y permanente hasta el otoño, completa desecación de la cubierta vegetal y espesamiento hasta el endurecimiento del suelo, que tienen efectos desfavorables para la vida del suelo.

No son mejores las condiciones, si acaso peores, en los suelos de margas xeroterms y de serosem; es característica de los dos (en los suelos de margas, sin embargo, las condiciones son más favorables), la cubierta vegetal escasa, floja interrumpida por

grandes extensiones de suelo desnudo. De ahí resulta que la cubierta de desechos sea escasa, a veces completamente ausente, y siempre insuficiente y por eso a la pobreza en humus y förna se une la gran desecación del suelo aun en períodos de lluvia como consecuencia de su estructura y contextura que no conserva la humedad, y gran variación de temperatura y tanto entre el día y la noche como entre el verano y el invierno. Todo esto da lugar a que falten principalmente las especies estibófilas y humófilas, a que la mayoría de las especies higrófilas y eurihigras eviten estos suelos y que se agrupen en comunidades sólo las especies oligostenohigras y oligónhigras.

Vamos a dar someramente y a modo de ejemplo algunas asociaciones de los oribátidos hallados en la zona estudiada. Por ahora sólo hemos dividido a los animales en cuatro grupos: en el primer grupo están incluidos los animales que sólo se encuentran en esta asociación, en el segundo los que se encuentran *preferentemente* en estos grupos, y en el tercero los que se encuentran en *estas u' otras* asociaciones y en el cuarto los que se encuentran *rara vez* en estas asociaciones.

1. Bosques

a) De la vertiente N. del Guadarrama.

(Asociación: *Caleremaeus monolipes*)

Primer grupo:

Oppia vera.
Carabodes minusculus.
Xenillus tegeocranus.
Notaspis magnus.
Eremaeus setiger.

Segundo grupo:

Suctobelba cornigera.
Cepheus latus.
Carabodes spec.
Odontocepheus elogatus.
Liacarus vastus.
L. subovatus.
Chamobates lapidarius.
Oribatella inflexa.
Phthiracarus pavidus.
 Etcétera.

Tercer grupo:

Oppia unicarinata.
Gymnodamaeus gibbus.
Achipteria italica.
Oppia clavipectinata.
 Etcétera.

Cuarto grupo:

Oribatula tibialis.
Achipteria coleoptrata.
Tectocephus velatus.

b) De la vertiente S. de Guadarrama.

(Asociación: *Hypochthoniella pallidula*)

Primer grupo:

Parhypochthonius aphidinus
Hypochthonius spec.
Autogneta rugosa.
Oppia perspicua.
Camisia biverrucata.
Liacarus major.
Chamobates mangus.
Protoribates clavatus.

Suctobelba cornigera.
Chamobates lapidarius.
Ceratozetes cisalpinus.
 Etcétera.

Tercer grupo:

Canisia spinifer.
Oribatula decipiens.
Eremaeus oblongus.
Zygoribatula exilis.

Segundo grupo:

Metabelba parvula.
Belba corinopus.
Oppia corrugata.
Eremaeus hepaticus.

Cuarto grupo:

Oppia corrugata.
Oribatula tibialis.
Liacarus acutus.

2. Bosques climax

a) Campo abierto (grandes superficies cerradas de hierba con matas).

(Asociación: *Scheloribates confundatus*)

Primer grupo:

Lohmannia parallela.
Nothuris biciliatus.
Liacarus puntulatus.
Microzetes mirus.
Galumna setiger.

Tercer grupo:

Oribatula rugifrons v. *striata*.
Liacarus acutus.
Galumna sexareata.
Velops spec.
 Etcétera.

Segundo grupo:

Damaeus auritus.
Tectocephus velatus.
Pasalozetes vicinus.
Damaeolus ornatus.
Oribatula alata.
O. tenuelamellata.
Scheloribates confundatus.
Protoribates lagenula.

Cuarto grupo:

Oribatula tibialis.
Cosmochthonius lanatus.
Brachychthonius berlesei.
Gymnodamaeus reticulatus.
G. nitidus.
 Etcétera.

b) Bajo restos de *Pinus*.

(Asociación: *Oribatula rugifrons* v. *striata*)

Primer grupo:

Leucoppia mediocris.
Damaeolus foliatus.
Ceratozetes mediocris.
Galumna fusiger.

Scheloribates pallidulus.
Minunthozetes semirufus.
Trichoribates reticulatus.
Neoribates aurantiacus.
Euphthiacarurs spec.

Segundo grupo:

Oppia bicarinata.
Scheloribates pallidulus.

Tercer grupo:

Brachychthonius berlesei.
Oppia bicarinata.
O. foveolata.

Eremaeus oblongus.
Passalozetes granulatus.
Liacarus brevilamellatus.
Trichoribates trimaculatus.
Anachipteria clavata.
 Etcétera.

Cuarto grupo:

Cosmochthonius lanatus.
Gymnodamaeus reticulatus.
Zetorchestes micronychus.
Oribatula tibialis.
 Etcétera.

3. Paisaje estepario

(Asociación: *Licnodamaeus costula*)

Primer grupo:

Zigoribatula pallida.
Lohmannia ornata.
Lohmannia valdemorica.
Lohmannia deserticola.
Scheloribates setiger.

Tercer grupo:

Grymanodamaeus nitidus.
Damaeolus ornatus.
Ceratozetes conjunctus.
Galumna setiger.
Suctobelba gracilis.

Segundo grupo:

Brachychthonius berlesei.
Cosmochthonius lanatus.
Arthrodamaeus reticulatus.
Gymnodamaeus nitidus.
Scutovertex minutus.

Cuarto grupo:

Cosmochthonius lanatus.
Gymnodamaeus reticulatus.
Zetorcheste micronychus.
 Etcétera.

Como se indica arriba, sólo se han entresacado algunas cenosis de entre todas las observadas y tampoco se citan todas las especies que se encuentran en ellas.

4. Fenología

Antes de terminar esta breve comunicación quisiera indicar todavía la *fenología* de los oribátidos.

Observemos en primer lugar que la vida del suelo sólo sufre aquí una verdadera interrupción y ésta en verano (mediados de junio a mediados de septiembre). En esta época hay pocos oribátidos y son, en general, exceptuando en los lugares húmedos, especies *xerotermas*, como *Cosmochthonius*, *Licnoliodes*, *Licnodamaeus*, *Passalozetes* (no todas las especies), *Ceratozetes* (pocas especies). La variación empieza ya a partir de mediados de junio y dura hasta las primeras lluvias de septiembre. Las lluvias de verano, suponiendo que las haya, no influyen grandemente en la vida del suelo, porque la humedad no puede penetrar en el suelo endurecido. Así, en diferentes yacimientos de los alrededores de Madrid, donde hasta junio existe una cubierta cerrada de hierba, encontré restos secos de hierba con cenosis características de oribátidos, en las cuales se encontraban siempre *Ceratozetes armatus* (por el cual doy el nombre a la cenosis), *C. conjunctus*, *Oppia decipiens*, *O. fallax*, *O. foveolata*, *O. assimilis*, *Scheloribatetes pennicilatus*, *S. Pallidulus* y algunas otras especies más, como *Tectocephus velatus*, *Passalozetes africanus*, *Ceratozetes obtusus*.

El invierno, en cambio, no da lugar a ninguna verdadera interrupción de la vida del suelo, pues el suelo se hiela sólo en los pocos centímetros superiores, además las heladas sólo duran una horas y apenas unos días seguidos. A pesar de ello se han podido observar algunas variaciones en campo abierto (que no he podido observar en los bosques), que se manifiestan por la desaparición, como ya se ha indicado en otro lugar, de las especies más pequeñas, más claras, mientras que las de color más oscuro, más esclerotizadas son las que permanecen. Aquí pertenecen, por ejemplo, especies de *Gallumma*, *Oribatula rugifrons*, *Scheloribatus confundatus*, *Scutovertex*, *Anachiptera clavata*, *Tectocephus velatus*.

A pesar de ello, se observan en la vida del suelo dos óptimos: el óptimo de primavera (marzo-abril) y el óptimo de otoño (oc-

tubre-noviembre), pero aun en diciembre se pueden encontrar formas jóvenes, sobre todo en los bosques, menos en los depósitos de hojas aciculares de los bosques climax.

5. Observaciones a la ecología de los oribátidos

Vamos a dar a continuación algunas observaciones generales resumidas acerca del comportamiento de los oribátidos.

Observaciones de carácter general.

Si comparamos entre sí las listas de oribátidos de la zona estudiada y las relaciones con las condiciones de ambiente, comprobamos, por ejemplo, que:

1) El *tamaño* de los animales es de importancia para su presencia en este o aquel yacimiento. Así, por ejemplo, en los bosques se encuentran aquí casi, exclusivamente, las especies de mayor tamaño, es decir las de más de 500 μ como *Galumna*, *Schelorbates confundatus*, *Oribatula rugifrons* v. *striata*, etc. En los meses de verano se encuentran, como se desprende de las listas dadas arriba, casi sólo especies pequeñas. También predominan las especies pequeñas en los suelos de estepa.

2) En cuanto al *color*, observamos, como ya se ha dicho en otro lugar, que en los meses de invierno predominan especies más oscuras, como las citadas arriba: *Galumna*, *Scutovertex*, *Oribatula rugifrons* v. *striata*, etc., y en los meses de verano predominan las más claras, como *Oppia*, *Brachychthonius*, *Cosmochthonius*, *Ceratozetes*, etc.

3) El *tegumento*. En los suelos con abundante hojarasca y humus de los bosques, debajo de los matorrales o por encima del límite de bosques en suelos de ranker densos y espesos, se encuentran oribátidos que se recubren de cuerpos extraños, tales como

Camisia segnis, *C. horrida*, *C. spinifer*, algunas especies de bél-bidos, y *Pelops*, *Pelotulus*, *phthiracárida* y otros. Son, en general, animales de movimientos lentos, para los cuales la cubierta de cuerpos extraños es no sólo una protección, sino una defensa contra la evaporación demasiado rápida de la humedad. En los yacimientos con poca hojarasca o humus, encontramos, en cambio, pocas especies de éstas, y si las hay, no están recubiertas de una capa tan espesa de cuerpos extraños, aunque siempre tienen bien desarrollada la capa superior, capa de «cerotegumento».

Observaciones acerca de algunas familias.

Epilohmannia: en residencias húmedas, aunque no excesivamente.

Lypochothonius: casi siempre en campo abierto, siempre en humus.

Camisiidae: sólo con buena cubierta de hojarasca. *Nothrus*: a veces en campo abierto.

Belbidae: generalmente en buena cubierta de barrojo, no muy seco.

Gymnodamaeidae: en diversas circunstancias. *Arthrodamaeus reticulatus*: en campo abierto, igualmente. *Gymnodamaeus nitidus*: los demás, más bien, debajo de cubierta de barrojo.

Ercmaeus: la mayoría de las especies debajo de buena cubierta de barrojo, no muy seco.

Oppia, *Autogneta*, *Suctobelba*: lo mismo; algunas especies de *Oppia* se encuentran, sin embargo, en lugares secos, con poco humus y poca förna.

Licneremaeus, *Lienoliodes*, *Licnodamaeus*: en yacimientos secos, pobres, en humus, en suelos de estepa.

Caraboidae: en general, bajo buena cubierta de barrojo, principalmente *Carabodes*; *Cepheus*, *Passalozetes*; a veces en yacimientos húmedos, generalmente en yacimientos secos y lo mismo *Tectocephus*.

Liacaridac: en general, sólo en suelos con mucho humus y bajo la cubierta de humus.

Oribatula, *Zigoribatula*, *Scheloribates*, *Peloribates*, *Protoribates*, *Ceratozetes*: en parte, en suelos de humus con buena fôrna, en parte, en campo abierto con pocos humus y de carácter muy seco.

Trichoribates: casi siempre en buena fôrna, aunque algunas especies se encuentran también en campo abierto.

Oribatella, *Joelia*, *Anachipteria*: debajo de buena capa de fôrna en condiciones de cierta humedad, aunque también en lugares secos (*Anachipteria clavata*).

Pelopidae, *Galumnidae*, *Phthiracaridae*: en general, debajo de buena capa de fôrna y en suelos de humus, algo húmedos, ciertas especies se encuentran también en peores condiciones (yacimiento seco, poco humus y capa de fôrna mala, escasa).

R E S U M E N

1. Es decisivo para la presencia de oribátidos la existencia de alimento suficiente y bastante humedad.

2. El bosque, lo mismo que la altura, influyen más que en Centro-Europa en la composición de las biocenosis de oribátidos. Las cenosis de los bosques y regiones altas por encima del límite del bosque muestran mayor semejanza con las de Centro-Europa.

3. El campo abierto con su escasa capa de fôrna, desecación más rápida, mayor pobreza en humedad, influye en gran manera en la constitución de las biocenosis de oribátidos. Esto se manifiesta aquí con mucha mayor intensidad que en los países de Centro-Europa. Se nota sobre todo la gran sequedad de los meses de verano, cuando las precipitaciones están reducidas al mínimo. Por un lado, sólo las especies xerófilas y estenótomas predominan en las cenosis; por lo demás, la vida del suelo queda restringida a los habitats cerca de charcas o en superficies húmedas.

4. El tipo de suelo influye indirectamente a través de la cubierta vegetal y condiciones de humedad, sobre la vida del suelo, o directamente por sus propios caracteres, tales como, granulación, estructura, dinámica y fenología.

INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA VEGETAL
Sección de Faunística y Ecología Animal

UBER DIE TIERGEMEINSCHAFTEN IN DEN BODEN
MITTELSPANIENS

ZUSAMMENFASSUNG

1. Für das Vorkommen der Oribatiden ist vor allem genügende Nahrung und entsprechende Feuchtigkeitsmenge massgebend.

2. Der Wald, wie die Meereshöhe beeinflussen die Zusammensetzung der Oribatidenzönosen stärker als in Mitteleuropa. Auch zeigen die Zönosen der Wälder und der Höhenregionen oberhalb der Waldgrenze eine grössere Ähnlichkeit mit denen Mitteleuropas.

3. Die offene Landschaft mit ihrer geringerer Streudeckung, rascherer Austrocknung, grösserer Armut an Feuchtigkeit, beeinflusste stark die Zusammensetzung der Oribatidenzönosen. Das geschieht viel stärker als in den Ländern Mitteleuropas. Besonders wird der Mangel an Feuchtigkeit in den Sommermonaten wenn die Niederschlagsmenge auf ein Minimum reduziert ist, stark bemerkbar. Einerseits überwiegen in den Zönosen nur die xerophilen und stenotopen Arten; sonst bleibt das Bodenleben nur auf die Habitats um Teiche und stark vernässte Flächen reduziert.

4. Die Bodenart beeinflusst teils indirekt, durch die Vegetationsdecke und Feuchtigkeitsverhältnisse das Bodenleben, teils durch eigene Charaktere, wie Körnungsart, Gefüge, Dynamik und Phänologie.

BIBLIOGRAFÍA

- FRANZ, H. 1950. Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Akademie-Verlag Berlin. 317 S.
- KUBIENA, W. 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. F. ENKEL-Verlag. Stuttgart.
- KÜHNELT, W. 1950. Bodenbiologie. Herold-Verlag. Wien.
- MIHELICIC, F. 1954. Oribatiden und Collembolen Kärntens. Carinthia II. Klagenfurt.
- STRENZKE, K. 1952. Untersuch. über Tiergemein. des Bundes: Die Oribatiden. Zoologica I/II. Stuttgart.

OTRAS REVISTAS DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

Anales de la Estación Experimental de «Aula Dei».—Revista dedicada a la publicación de trabajos originales sobre investigación agrícola y problemas biológicos relacionados con la misma. Publicada por la Estación Experimental de «Aula Dei», Zaragoza.

Cada volumen, excepto vol. 1, contiene unas 300 páginas, distribuidas en cuatro números, que se publican a intervalos irregulares.

Ejemplar, 40 pesetas. Suscripción, 120 pesetas.

Anales del Instituto Botánico «A. J. Cavanilles».—Publicación del Instituto «Antonio J. Cavanilles».

Publica trabajos y notas científicas que abarcan todos los campos de la Botánica. Ejemplar, 110 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

Archivos de Zootecnia.—Recoge los trabajos de investigación del Departamento de Zootecnia, dedicado a la industria ganadera.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 100 pesetas.

Collectánea Botánica.—Publicación del Instituto Botánico de Barcelona.

Dedicada a la Botánica en general, viene a ser un órgano exterior de la actividad del Instituto Botánico de Barcelona, elemento de enlace con los demás centros de investigación.

Publica trabajos sobre las distintas disciplinas de la Botánica: sistemática, florística, fitosociología, fisiología, micología, briología, algología, etc.

Dedica una parte a reseñas bibliográficas y a la información.

Semestral. Ejemplar, 45 pesetas. Suscripción, 90 pesetas.

Farmacognosia.—Publicación del Instituto «José Celestino Mutis».

Esta revista está dedicada al estudio de los problemas de Farmacognosia, siendo sus finalidades, una, propiamente científica, que trata de botánica, análisis químico, experimentación fisiológica y clínica, y otra de orden práctico, relativa al cultivo y recolección de materias primas idóneas, no sólo para la Medicina, sino para la Dietética y la Industria.

Trimestral. Ejemplar, 25 pesetas. Suscripción, 80 pesetas.

Genética Ibérica.—Publicación del Laboratorio de Citogenética del Instituto «José Celestino Mutis».

Publica trabajos sobre Citología, Citogenética y Genética de los diversos materiales que constituyen el tema específico de investigación en los distintos Centros colaboradores de la revista, en España y Portugal, y los relacionados con la mejora de las especies vegetales que interesan en la Farmacognosia.

Trimestral. Ejemplar, 20 pesetas. Suscripción, 70 pesetas.

Microbiología Española.

En esta revista aparecen originales microbiológicos españoles y extranjeros, siendo el órgano de publicación de los trabajos leídos en las reuniones de la Sociedad de Microbiólogos Españoles y de los efectuados en el Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología.

Trimestral. Ejemplar, 30 pesetas. Suscripción, 110 pesetas.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ANALES DE EDAFOLOGIA Y FISILOGIA VEGETAL

Tommo XXVII NÚMS. 9-10 ANALES DE FISIOLOGIA Y VEGETAL Sept.-Oct. 1958