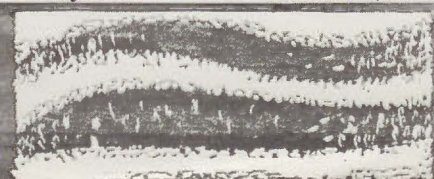




ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA



CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Anal. Edaf. Tomo XXXVII. Núms. 3-4. Págs. 221-412

Madrid, Marzo-Abril 1978

SUMARIO

	Páginas
Estudio de la porosidad de una tierra negra andaluza mediante sistemas óptico-electrónicos de análisis de imágenes, por <i>Juan de Olmedo Pujol</i>	221
El orden aridisol en la isla de Gran Canaria, por <i>J. Sánchez Díaz, E. Fernández Caldas y A. Guerra Delgado</i>	231
El metabolismo nitrogenado en árboles de <i>Olea europea</i> var. <i>manzanillo</i> , en relación con la floración. II. Estudio de los aminoácidos libres, por <i>L. Catalina, R. Sarmiento, F. González García y V. Valpuesta</i>	249
Influencia de la humedad edáfica en la composición y evolución de la fracción arcilla en suelos de zonas semiáridas, por <i>M. Ledesma García y M. Sánchez Camazano</i>	259
Influencia del sulfato magnésico en la producción y contenido de elementos minerales de plantas de tomate sometidas a diferentes concentraciones de cloruro sódico más cloruro cálcico, por <i>M.ª P. Sánchez Conde</i>	277
Estudio micromorfológico de vitrandepts (I. Tenerife), por <i>J. Benayas, E. Fernández Caldas y M. L. Tejedor Salguero</i>	295
Microestructura de dystrandeps en la Isla de Tenerife, por <i>E. Fernández Caídas, J. Benayas y M. L. Tejedor Salguero</i>	303
Efectos de los fertilizantes microbianos sobre la floración de tomate en ausencia de establecimiento de los inóculos en la rizosfera, por <i>J. A. Ocampo y J. M. Barea</i>	315
Relaciones fisiológicas de bioelementos en brote de <i>Prunus persica</i> , por <i>A. Urtuño, T.ª Armero, A. Hernansáez y J.ª Noguera</i>	327
Relaciones entre textura y retención de humedad para el margen de pF 4,2-6,0, en suelos de Andalucía occidental, por <i>F. Moreno, J. Marín y J. L. Arrue</i>	335
Pérdidas por lavado de nitrógeno empleado como fertilizante en suelos de la sierra norte de la provincia de Sevilla, por <i>M. Chaves, A. Troncoso, M. Romero y C. Mazuelos</i>	345
Aplicación de la valoración ácido-base al estudio de la adsorción y la desorción de fosfato sobre goetita, por <i>P. de Arambarri, C. G. Toca, F. Cabrera y L. Madrid</i>	351
Evaporación y evapotranspiración potencial en Santiago de Compostela durante el período 1969-1975, por <i>A. Paz González y F. Díaz-Fierros Viqueira</i>	363
El orden vertisol en la isla de Gran Canaria, por <i>J. Sánchez Díaz, A. Guerra Delgado y E. Fernández Caldas</i>	375
El suborden andept en la isla de Gran Canaria, por <i>J. Sánchez Díaz, A. Guerra Delgado y E. Fernández Caldas</i>	387
 NOTAS	
Nombramiento de Presidente del C. S. I. C.	401
XII aniversario del Prof. A'bareda	401
Premio Osborne para la defensa de la naturaleza	401
Viaje del Prof. Hernando a Viena	402
Reunión del Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos	403
Conferencia de la Profesora Primavesi	404
Carta del Secretario de la Sociedad Española de Ciencia del Suelo	404
Seminario Hispano-Francés sobre Política Científica	405
Normativa para la provisión de cargos electivos en las Comisiones Científica y Económica	407
Normativa para la preparación de propuestas de reestructuración de los Institutos	409

ESTUDIO DE LA POROSIDAD DE UNA TIERRA NEGRA ANDALUZA MEDIANTE SISTEMAS OPTICO-ELECTRONICOS DE ANALISIS DE IMAGENES

por

JUAN DE OLMEDO PUJOL

SUMMARY

STUDY OF POROSITY OF AN ANDALUSIAN BLACK EARTH WITH AN OPTIC-ELECTRONIC SYSTEM OF IMAGE ANALYSIS

Micro Videomat Zeiss is prepared to use. A «tierra negra andaluza (vertisol)» porosity is studied. Exist correlation between micromorphological voids and its quantification. Getting of projection on two axes is proposed to get measurements more exacts.

INTRODUCCIÓN

La porosidad es una de las características no bien conocidas de los suelos, a pesar de su importancia práctica y genética.

Los métodos clásicos de física de suelos no dan idea de la forma y distribución de poros, sino que la succión de volúmenes determinados de agua, en condiciones previamente establecidas, equivale (succiones equivalentes) a una cantidad de poros de cierto tamaño (Richards, 1947, 1949a, 1949b).

Sobre láminas delgadas se han efectuado al microscopio cuantificaciones de poros mediante diversos métodos: cuenta de puntos al azar, por líneas, etc. Otros han sido sobre fotogramas obtenidos al microscopio y estudiados en el TGZ 3 de Zeiss, etc. Estos métodos tienen como principal inconveniente, su premiosidad.

Finalmente, Jongerius ha introducido los sistemas óptico-electrónicos en el estudio de poros y otras características micromorfológicas en láminas delgadas o en fotografías de ellas.

De esta forma ha logrado la clasificación de poros a dos niveles: a 4.6 aumentos y a 115 aumentos. Para ello utilizó el Quantimet B y el Quantimet 720 de Imanco (Jongerius et al., 1972g y 1972m).

En esta línea, se intenta obtener la porosidad de un perfil de tierra negra andaluza mediante el sistema óptico-electrónico Micro Videomat Zeiss. Primer trabajo de una serie que trata de medir, además, otras características en éste y en los principales suelos de la zona, realizando su micromorfometría. También se efectuarán estudios de manejo de

suelos, efectos de contracción e hinchamiento de suelos, enraizamiento, etcétera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Vertisol litomorfo, que ocupa posición alta de colina, y presenta buen drenaje externo. Situado en Fuente Vinagre, camino Utrera al Coronil, antes de llegar a Los Molares. El perfil se encuentra sobre caliza fosilífera del Oligoceno.

Representa el primer estadio de evolución, con escaso desarrollo del solum. El material original, ligeramente alterado, aparece a una profundidad de unos 45 cm; sobre él un horizonte (B)/C de transición y, finalmente, en superficie, un horizonte Ap.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
Ap	0-25	5 YR 4/1 (h) gris oscuro. Arcillo-limoso. Estructura migajosa subpoliédrica. Plástico, friable. Abundantes poros finos (exped). Raíces medias y finas. Algunas inclusiones del material original de color amarillo. Buena actividad biológica. Límite plano y gradual.
(B)/C ₁	25-45	5 Y 8/3 (h) amarillo pálido. Arcillo-limoso. Estructura poliédrica, medianamente desarrollada, con subestructura laminar media y fina. Presencia de cavidades gruesas medias y finas, tubulares con tendencia vertical. Fuerte presencia de material de suelo del horizonte superior. Presencia de micronódulos ferruginosos de color ocre. Fuerte presencia de raíces finas y medias con tendencia vertical. Límite ondulado y gradual.
C ₂	45-70	5 Y 7/3 (h) amarillo pálido. Estructura poliédrica gruesa, con fracturas concoidales de gran tamaño, y subestructura laminar. Cutanes muy marcados en la superficie de los agregados. Inclusiones de materiales de los horizontes anteriores y ferruginosas. Límite ondulado y gradual.
C ₃	70	5 Y 7/3 (h) amarillo pálido. Estructura poliédrica, mayor que las anteriores, con fracturas concoidales de gran tamaño. Los cutanes son muy marcados en la superficie de los agregados. Inclusiones de los horizontes anteriores. Los cutanes ferruginosos son de tendencia vertical.

Micro Videomat

Consta de microscopio óptico (Ultraphot II), cámara de televisión con tubo-imagen de televisión, monitor y pupitre de mando (Fig. 1).

La imagen intermedia generada por el microscopio óptico se proyecta sobre la capa fotosensible del tubo-imagen, siendo barrida linealmente. La señal video pasa simultáneamente al monitor y a la unidad de medición y análisis. Los programas de medida se gradúan en el pupitre de mando; los valores análogos medidos aparecen en un instrumento provisto de aguja (Zeiss).

Los principales parámetros que pueden medirse son:

A, área total de los huecos. Las áreas vienen dadas en tanto por mil del campo total de medida.

P, puntos de intersección de la partícula a medir, y viene dado por

el número total de intersecciones de las líneas de barrido con el borde de la partícula (p. i.).

N , número de partículas.

Existe una media correctiva para las partículas complejas, que dan más de una en el medidor.

Aparte de estos parámetros principales es posible determinar tamaños de partículas y distancias entre partículas.

Muestreo, preparación de láminas y manejo

Se toma una caja mamut ($15 \times 8 \times 5$ cm) por horizonte; suficientemente representativa, al considerar homogéneo el horizonte, y ser un volumen paralelepípedo lo que se obtiene.

Una vez secas las muestras al aire, se impregnan con Saprolite, estireno monómero, Octoato de Co y Butanox. Polimerizan, y una vez endurecida se corta, se pule una cara, a la que se pega un portaobjetos, se rectifican en la Kleiber y se acaba a mano hasta obtener un grosor de lámina de 15μ , momento en que se le pega un cubreobjetos.

De cada mamut se obtienen dos láminas delgadas grandes, al no admitir el Micro Videomat el tamaño mamut en la platina del microscopio.

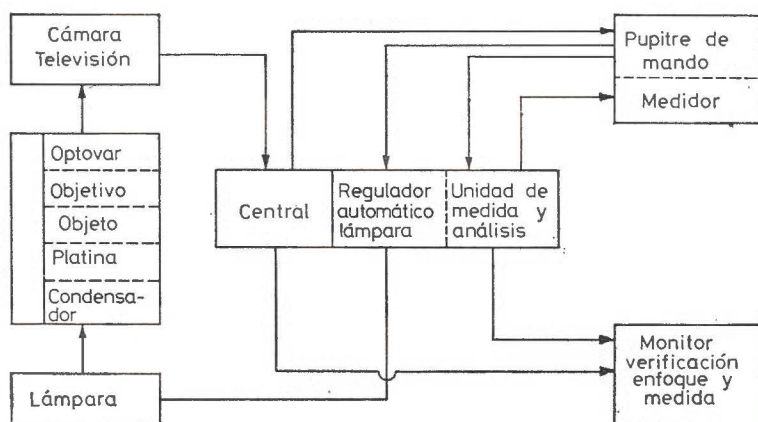


Fig. 1.—Esquema Micro Videomat

En cuanto al número de campos a medir en cada lámina se ha observado es suficiente con doce campos en cada media mamut.

Tales doce medidas por lámina se efectuarán sistemáticamente, según una serie de puntos tomados de un previo reticulado de la lámina. Si se tomaran al azar, los valores obtenidos se desviarían sensiblemente de la media de la población, al existir zonas de la lámina que no se estudiarían; se subsana con el barrido sistemático.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

En el monitor se usará una escala de 1 p. i. (punto de imagen) = 5 μ .

En cada campo se realizan las siguientes medidas:

1. Area total (A_t) de los huecos que se detectan a los aumentos utilizados.
2. Proyección total (P_t) de los bordes de los huecos.
3. Los valores de P de estos bordes a diferentes posiciones de las cuerdas mínimas de control.

Las medidas se hacen a intervalos de 10 μ , entre 30 y 150 μ ; de 20 μ , entre 150 y 300 μ ; y de 50 μ , de 300 μ en adelante.

Los datos obtenidos pueden presentarse como sigue:

P_t	P_1	P_2	P_3	...	...	...	...	P_{min}
c_{min}	c_1	c_2	c_3	...	...	...	...	c_{max}

P_t se corresponde con c_{min} , que es la longitud de cuerda de los huecos más pequeños que pueden detectarse a los aumentos que se usen: P_1 es la proyección en la primera posición de la cuerda mínima de control, c_1 es la longitud de la cuerda mínima en esta posición, etc.

De estos datos pueden calcularse las áreas de las superficies de las clases de la longitud de cuerda (diámetro). Se hace como sigue:

$$\text{Area de } c_{min} \text{ a } c_1: \frac{c_{min} + c_1}{2} (P_t - P_1)$$

$$\text{Area de } c_1 \text{ a } c_2: \frac{c_1 + c_2}{2} (P_1 - P_2), \text{ etc.}$$

La suma total de áreas calculadas es igual al área total (Jongorius et al., 1972).

Esto permite representar áreas acumulativas en función de los tamaños de las clases (Fig. 2).

Se tomará como punto de referencia las determinaciones semicuantitativas micromorfológicas de los huecos (tabla 1).

El Ap presenta la máxima cantidad de poros (21 por 100), coincidente con gran número de huecos de empaquetamiento compuesto, cavidades y algunas vesículas. Seguidamente, baja hasta el 13 por 100 debido a cierta compactación, como lo demuestra el aumento de poros que se observa en el (B)/C₁₋₁. Hay fuerte disminución de huecos en la roca madre (6 por 100).

Aparte las medidas mencionadas, se realizaron las de las superficies en cada posición de la cuerda mínima de control. De esta manera, se repite la gráfica anterior (M), pero con valores dados directamente por el MicroVideomat: se observa clara y marcada diferencia entre ambas.

TABLA I

	A_p	$(B)/C_1$	C_2	C_3
Huecos empaquet ^o . compuesto ...	A	cE		
Cavidades.....	C	C	E	EI
Vesículas.....	IE	E		
Cámaras.....		C	E	EI
Canales.....		Ei	I	
Planos articulados.....		Ec	C	Ce
Planos oblicuos.....				E
Planos quebrados.....	E	E		

A: abundante; C: común; E: escaso; I: indicios. Estas letras en minúscula representan una menor superficie ocupada.

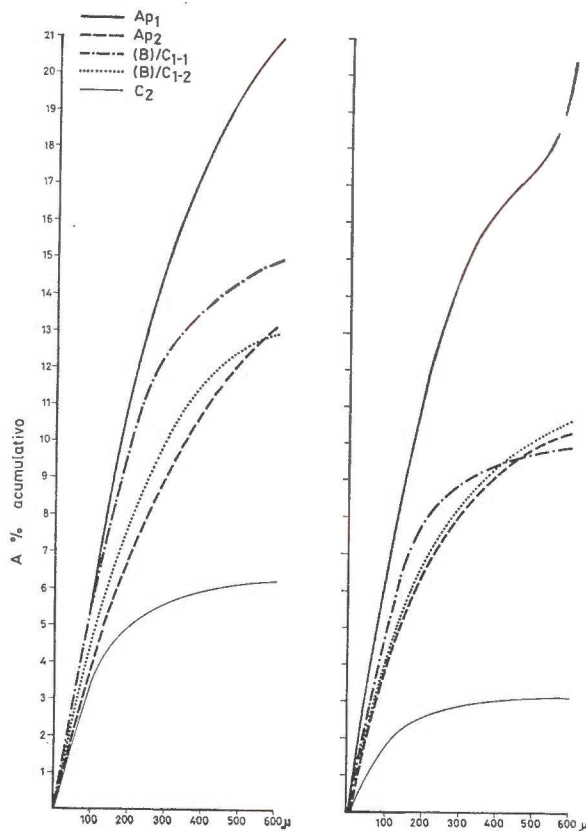


Fig. 2.—Volumen ocupado por los huecos en los distintos horizontes; curvas acumulativa y por fracciones de tamaño. Se consideran dos niveles del horizonte $(B)/C_1$.

La explicación ha de buscarse en la proyección de los huecos (P) sobre un eje coordinado, utilizada en la primera gráfica. No da exactitud suficiente, por lo que sería interesante jugar con la proyección sobre dos ejes de coordenadas.

Si se representa la proyección de los huecos frente a sus tamaños (Fig. 3) se tiene que la superficie limitada por la curva, el eje Y (P) y las paralelas al eje X (tamaño en μ) por los puntos de las clases de poros nos da la cantidad de poros en cada clase.

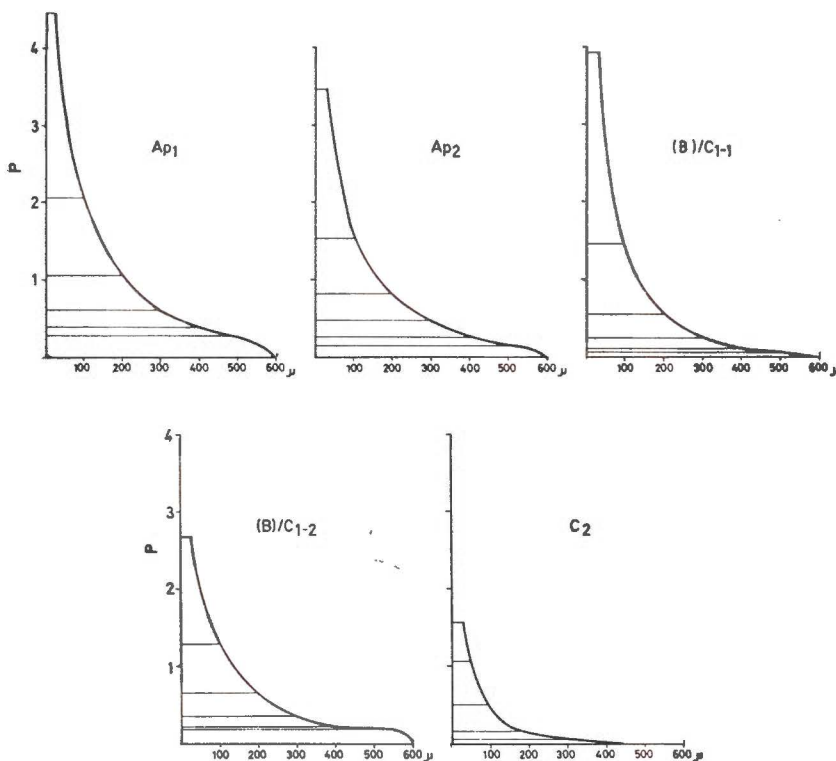


Fig. 3.—Porosidad en función de su proyección.

El máximo contenido de poros se encuentra en las clases más pequeñas (30-100 μ , y 100-200 μ), excepto en la roca madre, en que dominan las clases 100-200 μ y 200-300 μ , lo que indica que el solum está marcado por los huecos más pequeños.

Finalmente, si la superficie ocupada por los huecos se representa frente a su proyección (Fig. 4) se obtienen las clases de poros en función de su tamaño y de su forma. Considerando en conjunto el perfil, según que los horizontes tengan menos poros y sean menos complejos, el centro geométrico de la figura en la gráfica se desplaza hacia el origen de coordenadas; la excepción es la transición del horizonte Ap al (B)/C₁, en la que se desplaza hacia arriba, debido al fenómeno de compactación mencionado.

La consideración conjunta de estas gráficas aclarará ideas:

La parte superior del horizonte Ap tiene máximo porcentaje de poros (21 por 100), siendo los más abundantes los de menor tamaño, a tenor de la acusada grumosidad, como lo muestra el gran número de huecos de empaquetamiento compuestos presente, aparte cavidades y vesículas. Es el horizonte con mayor complejidad, como indica el elevado valor de P. En cuanto a la forma de los poros, la figura P/A es la que se encuentra más desplazada hacia la derecha y hacia arriba.

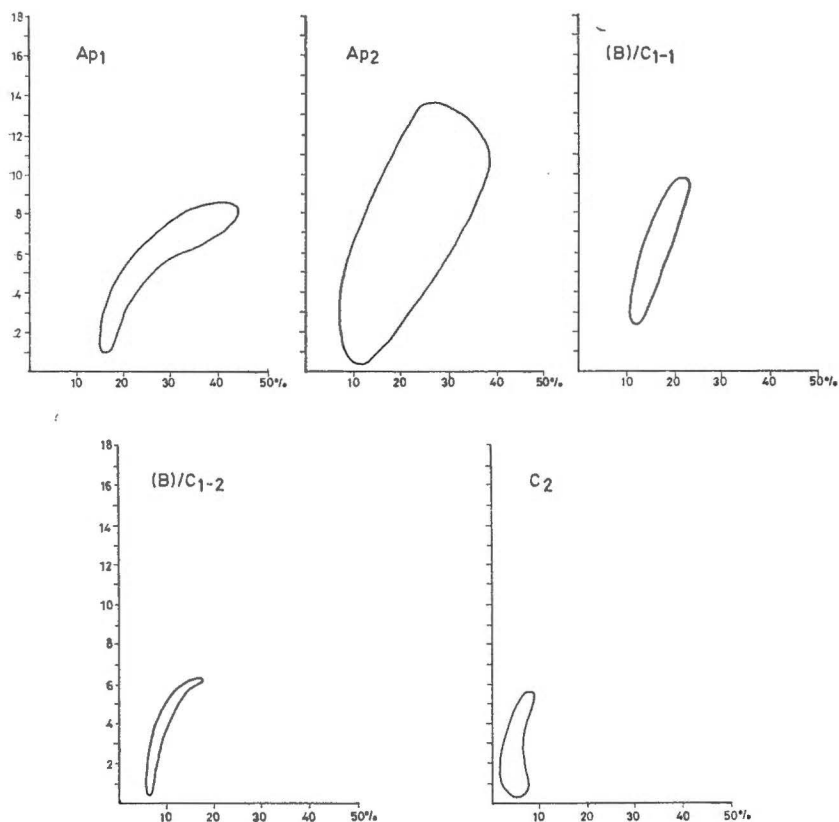


Fig. 4.—Clasificación de poros (tamaño y forma) función de su área y los puntos de intercepción de imagen (A/P).

La transición del horizonte Ap al B presenta una disminución importante en el porcentaje de poros (13 por 100). Disminuyen los huecos de empaquetamiento compuesto y aumentan las vesículas, apareciendo algún plano reticulado, para, junto al límite, en el (B)/C₁₋₁, aparecer, además, cámaras, canales y planos quebrados, lo que origina, en la relación P/A, fuerte aumento de las formas de huecos presentes; en la relación P/tamaño de huecos, disminuye, frente a la muestra ante-

rior, la superficie total, aunque siguen siendo dominantes las clases de poros más pequeñas.

Seguidamente, se aprecia disminución de huecos de empaquetamiento compuesto, como única variante, aunque aumenta ligeramente el área total de poros (15 por 100), que en la relación P/tamaño de poros se aprecia perfectamente, acusándose más el contenido de poros de pequeño tamaño; no hay poros a partir de 600 μ . En la relación P/A se observa mucha menos dispersión que en la lámina anterior, desplazándose el centro geométrico de la figura hacia la izquierda y hacia abajo.

La parte baja del horizonte (B)/C₁ presenta sensible disminución de canales y la desaparición de huecos de empaquetamiento compuesto, coincidente con disminución de superficie total de poros, menor incluso que la transición Ap-(B)/C₁. En la relación P/tamaño de poros disminuye asimismo, siendo la superficie mínima de todas las consideradas hasta el momento. Las clases de poros más pequeñas son más abundantes, aumentando frente a la anterior. La dispersión de la figura obtenida en la relación P/A es menor, y continúa el desplazamiento de su centro geométrico hacia el origen de coordenadas.

El horizonte C₂, con planos articulados (común) como hueco dominante, tiene el menor contenido de poros del perfil (6 por 100), confirmado en la relación tamaño de poros/P. Existe la particularidad de que la clase más numerosa en este horizonte es la 100-200 μ , para no haber poros de más de 500 μ . La figura que se obtiene en la relación P/A, traslada su centro geométrico más hacia el origen de coordenadas que ninguna otra.

CONCLUSIONES

Es necesario adaptar la clasificación de poros a la óptica del Micro-Videomat Zeiss.

Se ha trabajado a una escala de 1 p. i. = 5 μ .

La porosidad de la tierra negra andaluza en estudio, en el rango 30-600 μ , es máxima en el horizonte Ap (21 por 100), disminuye en la transición al (B)/C₁ (13 por 100), efecto de compactación; aumenta hasta 15 por 100 en el (B)/C₁, a 12,9 por 100 en su parte baja, y a 6 por 100 en la roca madre.

En todos los horizontes y subhorizontes estudiados, el máximo de porosidad radica en la clase de 30-100 μ , excepto en el horizonte C₂, que lo alcanza en la clase 100-200 μ .

La tierra negra pasa de ser grumosa en superficie (huecos de empaquetamiento compuesto), a un complejo cavidades-cámaras-canales-planos articulados y quebrados en el (B)/C₁, a planos articulados y oblicuos en el C₂. Tal secuencia coincide en la gráfica P/A en un desplazamiento del centro geométrico de la figura hacia el origen de coordenadas, indicando menor cantidad de poros menos complejos cada vez.

Se propone medir la proyección a los dos ejes de los bordes de los huecos, para obtener una mayor exactitud en la medida.

RESUMEN

Se pone a punto el sistema óptico-electrónico de análisis de imágenes Micro Videomat Zeiss. Se estudia la porosidad de una tierra negra. Hay correlación entre los huecos existentes (micromorfología) y su cuantificación. Se propone obtener las proyecciones sobre los dos ejes, para aumentar la exactitud de las medidas.

*Centro de Edafología y Biología
Aplicada del Cuarto
Sevilla*

BIBLIOGRAFÍA

- JONGERIUS, A.; SCHOONDERBEEK, D.; JAGER, A. y KOWALINSKI, St. (1972g) Electro-optical soil porosity investigation by means of Quantimet-B equipment, *Geoderma*, 7, 177-198.
- JONGERIUS, A.; SCHOONDERBEEK, D. y JAGER, A. (1972m). The application of the Quantimet 720 in Soil Micromorphometry. *Microscope*, 20, 243-254.
- LANG, W. (1972). Micro Videomat. *Revista Zeiss*, 73, 100-107.
- RICHARDS, L. A. (1947). Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agr. Eng.*, 28, 451-454.
- RICHARDS, L. A. (1949a). Methods of measuring soil moisture tension *Soil Sci.*, 68, 95-112.
- RICHARDS, L. A. (1949b). Methods for mounting porous plates used in soil moisture measurements. *Agron. Jour.*, 41, 487-490.

Recibido para publicación: 3-XI-75

EL ORDEN ARIDISOL EN LA ISLA DE GRAN CANARIA

por

J. SANCHEZ DIAZ **, E. FERNANDEZ CALDAS ** y A. GUERRA DELGADO *

SUMMARY

THE ARIDISOL ORDER IN THE ISLAND OF GRAN CANARIA

The soils of the arid and semi-arid of Gran Canaria (Canary Islands) are studied. The Chemical, mineralogical and morphological characteristics of these are described and the relictic character of the soils as well as the antropic influence are deduced. The distribution of these soils in the island is detailed.

Ocupa la mayor extensión de los suelos, encontrándose en la mayor parte en la unidad Sur, llegando hasta los 1.200 metros de altitud, no pasando de los 300 metros al Este de la Isla.

Dentro de este orden el único suborden que aparece en la Isla es el Argid, ya que los suelos enmarcados en esta unidad presentan un horizonte argílico muy desarrollado.

Es obvio decir que el clima es el principal factor que ha incidido en la clasificación actual de estos suelos, y ha sido la principal característica para su denominación taxonómica, pero al ocupar no sólo el sector árido sino también el semiárido es porque en estas zonas las precipitaciones tienen lugar en cortos espacios de tiempos con fuerte carácter torrencial y al existir una gran evaporación, nos permite pensar que la sección control humedad del suelo permanezca seca más de noventa días al año. Correspondiendo a esta zona tenemos las siguientes estaciones termopluviométricas:

Gando: Ed B₃ a'

Arido, falta de agua en todos los meses, mesotérmico y con una evapotranspiración potencial estival menor del 48 por 100.

** Centro de Edafología de Tenerife.

* Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid.

Inagua: Ds B'₃ a'

Semiárido, moderado exceso de agua en invierno, mesotérmico y con una evapotranspiración potencial estival menor del 48 por 100.

Aguimes: Dd B'₃ a'

Semiárido sin exceso de agua en invierno, mesotérmico y con una evapotranspiración potencial estival menor del 48 por 100.

Corresponden a este suborden los perfiles I, II, VII, X y XIX. De todos ellos el perfil I puede considerarse como el más natural, aunque muestra los efectos de una ligera antropización, mientras que el resto corresponde a zonas que han estado bajo régimen de regadío durante un tiempo más o menos largo.

Descripción de los perfiles:

Perfil núm. I

Localidad: San Bartolomé de Tirajana.

Situación: Km. 1 de la carretera de S. Bartolomé a Las Palmas.

Orientación: N. E.

Altitud: 800 m.

Posición fisiográfica: ladera de un cerro.

Pendiente: 6 por 100.

Vegetación: *Gen. lavandula*, *Gen. avena*.

Material originario: basalto.

Prof. cms.	Horizonte	Descripción
0-2	A ₀₀	Acúmulo de restos vegetales solamente localizados en los alrededores de la escasa vegetación.
2-15	B ₁	Color pardo amarillento (10 YR 5/6). Textura franca, estructura granular poco desarrollada. Abundante pedregosidad. Límite gradual y plano.
15-40	B _{2t}	Color pardo-rojizo (5 YR 4/4). Textura arcillosa con estructura poliédrica muy desarrollada, con cutanes espesos y continuos. Bastante consistente. Escasas raíces.
40	C	Basalto. Contacto lítico.

Datos analíticos

		B ₁	B _{2t}
Análisis mecánico	Ar. gr.	29	16
	Ar. fina	18	11
	Ar. total	47	27
	Limo	32	32
	Arcilla	21	41
Complejo de cambio (1) (m. e/100 gr.)	Cap. total	53,0	24,5
	Ca ⁺⁺	7,35	7,00
	Mg ⁺⁺	3,34	3,91
	Na ⁺	0,75	0,90
	K ⁺	1,00	0,70
	H ⁺	10,4	11,6
	Saturación %	55 %	51 %
(1) (mhos × 10 ⁻⁵)	Conductividad	11,0	9,2
pH	H ₂ O	6,8	6,1
	ClK	5,9	5,1
	M. O.	1,4	0,5
	C. O.	0,8	0,3
	N.	0,08	0,03
	C/N	10,1	9,6
Elementos amorfos	Fe ₂ O ₃ %	2,64	3,23
	Al ₂ O ₃ %	0,68	0,78
	SiO ₂ %	0,4	0,5
Relaciones molares	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,4	0,41
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1	1,09
Relación amorf/total	Fe ₂ O ₃ total	4,57	5,29
	Al ₂ O ₃ total	5,66	7,55
	Fe ₂ O ₃ libre/total	57 %	61 %
	Al ₂ O ₃ libre/total	12 %	10 %

Observaciones: La morfología del perfil muestra un desequilibrio con las actuales condiciones ambientales, ya que la alteración del material originario ha sido muy intensa y únicamente ha podido realizarse en una situación de equilibrio ecológico que no se observa en

(1) Método de Mehlich.

(1) Extracto 1:5.

la actualidad. La antigua vegetación natural, distinta a la actual, permitió la formación de horizonte A, que hoy día no se observa y la cobertura vegetal protegió el suelo hasta la formación de un horizonte de manifiesta acumulación de arcilla, el comprendido entre los 15 y 40 cms.

Clasificación: 7.* Americana: paleargid lítico. F. A. O.: xerosol lúvico petrocálcico.

Perfil núm. II

Localidad: Cuatro Puertas.

Situación: Km. 20 carretera de Telde a Ingenio.

Orientación: Este.

Altitud: 230 m.

Posición fisiográfica: suave pendiente de un cerro.

Pendiente: 3 por 100.

Vegetación: *Nicotiana glauca*, *Euphorbia balsamifera*.

Material originario: basalto.

Prof. cms.	Horizonte	Descripción
0- 40	B _{2t}	Color rojo oscuro (2,5 YR 3/6), textura arcillosa, estructura prismática con cutanes frecuentes y continuos. Consistencia media. Límite inferior gradual y ondulado.
40- 65	B ₂ Ca	Color abigarrado, pardo rojizo más dominante (5 YR 5/4), con recubrimientos de carbonato cálcico las caras de los agregados; textura arcillosa, con estructura poliédrica desarrollada. Límite inferior gradual y plano.
65- 90	Ca	Color amarillo rojizo (7,5 YR 7/6). Deleznable poroso, poco consistente.
90-130	II B _t	Color rojo débil (10 R 4/3), de textura arcillosa y con estructura poliédrica muy desarrollada. Cutanes continuos.

Datos analíticos

	B _{2t}	B ₂ Ca	Ca	II B _t
<i>Análisis mecánico</i>				
Ar. gr.	2	7	26	1
Ar. fina	11	8	9	5
Ar. total	13	15	35	6

Limo	27	19	19	13
Arcilla	60	66	46	81

Complejo de cambio

Cap. total	42,7	40,2	39,5	43,0
Ca ⁺⁺	15,5	19,0	21,5	10,5
Mg ⁺⁺	19,0	14,3	8,7	15,1
Na ⁺	25,0	16,5	10,7	26,0
K ⁺	1,4	1,6	1,0	2,5
H ⁺	—	—	—	—
Saturación %	—	—	—	—

mhos × 10⁻⁵

Conductividad	293,0	70,6	49,0	119,6
Carbonatos %	ind.	20,6	58,5	2,0
pH (H ₂ O)	8,0	9,0	9,2	8,9
pH (ClK)	7,5	7,7	8,1	7,7
M. O.	0,4	0,2	0,2	0,2
C. O.	0,23	0,88	0,08	0,08
N.	0,04	0,03	0,02	0,03
C/N	5,7	2,6	4,0	2,6

Elementos amorfos

Fe ₂ O ₃ %	3,8	3,3	1,7	10,1
Al ₂ O ₃ %	1,4	1,2	0,6	1,4
SiO ₂ %	0,7	0,6	0,3	0,8

Relaciones molares

SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,48	0,48	0,46	0,21
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,84	0,80	0,85	0,94

Relación amorf/total

Fe ₂ O ₃ total	9,5	7,8	4,0	13,7
Al ₂ O ₃ total	15,1	11,3	5,6	16,9
Fe ₂ O ₃ libre/total	40	41,9	43,5	73,8
Al ₂ O ₃ libre/total	9,3	11,2	10,6	8,5

Observaciones: este perfil constituye una secuencia de horizontes relacionados entre sí por consideraciones edáficas y sedimentológicas.

Muestra bajo el punto de vista edáfico dos secuencias distintas. El horizonte II B_t es un antiguo suelo rojo mediterráneo que muestra todas las características morfológicas y mineralógicas de este tipo de suelo excepto en lo que se refiere al elevado contenido de sales solubles y valores del pH que se consideran como adquiridos por contaminación con posterioridad a su formación.

La mineralogía de arcillas por difracción de rayos X y microscopía electrónica presenta las siguientes características:

- H. B₂: Haloisita fibrosa, ilita y montmorillonita. Presencia de caolinita subredondeadas.
- H. B₂Ca: Frecuente haloisita fibrosa, ilita y posible presencia de montmorillonita.
- H. Ca: Abundante haloisita y mica. Frecuente caolinita y presencia de calcita.
- H. II B_t: Frecuente mica. Presencia de haloisita y caolinita. Montmorillonita.

Clasificación: 7.^a Americana: natrargid. F. A. O.: xerosol lúvico nátrico.

Perfil núm. VII

Localidad: Las Rosas Viejas.

Situación: carretera a la playa de las Cruces. Km. 30 autopista del S.

Orientación: N. E.

Altitud: 40 m.

Posición fisiográfica: llano.

Erosión: intensa.

Vegetación: *Nicotiana glauca*, *Euphorbia balsamifera*.

Material originario: basalto.

Prof. cms.	Horizonte	Descripción
0-30	Ap	Capa alóctana pedregosa.
30-70	(B)/B _t	Color pardo rojizo (5 YR 4/4) de textura arcillosa, con estructura poliédrica desarrollada y con cutanes espesos no continuos. Límite con la costra neto y plano.
70-120	Ca	Horizonte petrocálcico.
> 120	C	Basalto troceado.

Datos analíticos

		H. (B)/B _v
Análisis mecánico	Ar. gr.	3
	Ar. fina	18
	Ar. total	21
	Limo	36
	Arcilla	43
Complejo de cambio	Cap. total	35,2
	Ca ⁺⁺	16,5
	Mg ⁺⁺	10,0
	Na ⁺	17,0
	K ⁺	0,7
	H ⁺	—
	Saturación %	—
mhos × 10 ⁻⁵	Conductividad	125,2
	Carbonatos %	indic.
pH	H ₂ O	8,3
	ClK	7,3
Relaciones molares	M. O.	0,6
	C. O.	0,34
	N.	0,05
	C/N	7,5
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,49
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,78
Relación amorf/total	Fe ₂ O ₃ libre/total	46
	Al ₂ O ₃ libre/total	13

Observaciones: suelo pardo-rojizo formado bajo condiciones climáticas más húmedas que las actuales, ya que muestra una morfología y desarrollo no compatible con el régimen hídrico actual.

Suelo extraordinariamente antropizado, que ha sufrido un proceso de terrificación y de salinización antrópica. La consecuencia de estos efectos se manifiestan como puede observarse en los datos físico-químicos del perfil.

Clasificación: 7.^a Americana: natrargid. F. A. O.: xerosol lúvico.

*Perfil núm. X**Localidad:* Gando.*Situación:* Km. 27 de la autopista del Sur.*Orientación:* Oeste.*Altitud:* 30 m.*Posición fisiográfica:* llano.*Erosión:* severa.*Vegetación:* *Nicotiana glauca*, *Euphorbia balsamifera*.*Material originario:* basalto.

Prof. cms.	Horizonte	Descripción
0-40	Ap	Capa alóctona de origen antrópico.
40-70	B _t	Color pardo rojizo (5 YR 4/4) arcilloso con estructura prismática poco desarrollada, aunque también presenta formas poliédricas con escasos cutanes por terrificación.
70-85	Ca	Encostramiento calizo, pulverulento mal o nada cristalizado.
85-145	R	Colada basáltica.
145-185	II B _t	Color pardo rojizo, con las mismas características que el B _t pero menos terrificado.
185-200	II Ca	Encostramiento calizo pulverulento.
+200	R	Colada.

Datos analíticos

		B _t	II B _t
Análisis mecánico	Ar. gr.	4	1
	Ar. fina	10	10
	Ar. total	14	11
	Limo	29	47
	Arcilla	57	42
	Cap. total	34.5	37.5
	Ca ⁺⁺	11.5	4.5
	Mg ⁺⁺	24.4	19.0

Complejo de cambio	Na+	29,0	23,5
	K+	1,6	3,1
	H+	—	—
	Saturación %	—	—
mhos × 10 ⁻⁵	Conductividad	458,9	104,3
	Carbonatos	—	—
pH	H ₂ O	7,9	8,0
	ClK	7,5	6,7
	M. O.	0,2	0,1
	C. O.	0,11	0,05
	N.	0,02	0,02
	C/N	5,5	2,5
Elementos amorfos	Fe ₂ O ₃ %	3,5	3,3
	Al ₂ O ₃ %	1,6	1,1
	SiO ₂ %	0,8	0,8
Relaciones molares	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,6	0,6
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,8	1,2
Relación amorf/total	Fe ₂ O ₃ total	8,4	9,0
	Al ₂ O ₃ total	15,1	15,1
	Fe ₂ O ₃ libre/total	42	37
	Al ₂ O ₃ libre/total	10	7,5

Observaciones: este perfil muestra dos sequum separados por una colada basáltica, pero que tienen idénticas características. El primer sequum o superior, por debajo de un horizonte antrópico y de origen alóctono, presenta un horizonte argílico intensamente salinizado por influencia humana. Este horizonte también muestra claramente una terrificación del mismo probablemente por su utilización agrícola.

El segundo sequum, al no estar antropizados conserva el horizonte argílico las características originales puestas de manifiesto por una terrificación muchísimo menor, así como una pequeña salinidad. Sin embargo estas características originales han cambiado en cierta amplitud debido al proceso de fosilización que decapitó por una parte el suelo e introducirá modificaciones importantes en la estructura del mismo.

Presentan halosita, caolinita y mica. En el horizonte II B_t es de señalar la presencia de feldespatos ausentes en el B_t.

Clasificación: según la 7.^a Americana: natrargid. F. A. O.: xerosol lúvico.

*Perfil núm. XIX**Localidad:* Aguimes.*Situación:* Km. 29 de la carretera Aguimes-San Bartolomé.*Orientación:* Sur.*Altitud:* 300 m.*Posición fisiográfica:* planicie.*Erosión:* severa.*Vegetación:* *Gen. opuntia*, *Gen. phoenix*.*Material originario:* basalto.

Prof. cms.	Horizonte	Descripción
0-30	B _{1t}	Color pardo ligeramente oscuro (7,5 YR 4/4), de textura moderada, poliédrica fina. Muy terrificada y con cutanes destruidos. Límite inferior gradual y plano.
30-90	B _{2t}	De color pardo oscuro (7,5 YR 3/2) arcilloso poliédrico mediano, desarrollado, con cutanes espesos y continuos. Límite inferior gradual y plano.
90-120	B _{3t}	Color pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4). Arcilloso muy terrificado, con cutanes muy irregulares, con estructura prismática muy destruida. Límite inferior gradual y discontinuo.
+120	Ca	Costra muy pulverulenta que afecta a la zona inferior del B _{3t} . Es de destacar la alta pedregosidad que tiene este horizonte.

Datos analíticos

	B _{1t}	B _{2t}	B _{3t}	Ca
<i>Análisis mecánico</i>				
Ar. gr.	8	3	3	6
Ar. fina	14	9	8	13
Ar. total	22	12	11	19
Limo	24	19	24	14
Arcilla	54	69	65	67

Complejo de cambio

Cap. total	34,5	41,5	34,0	32,5
Ca ⁺⁺	27,5	29,5	29,5	25,5
Mg ⁺⁺	8,3	10,3	10,0	4,6
Na ⁺	0,8	0,9	1,2	0,6
K ⁺	4,8	1,3	0,4	0,2
H ⁺	—	—	—	—
Saturación %	—	—	—	—

mhos × 10⁻⁵

Conductividad	22,3	24,5	29,8	26,6
Carbonatos	15,7	4,7	7,8	62,7
pH(H ₂ O)	8,0	8,0	8,0	8,2
pH(C.K)	7,4	7,2	7,1	7,5
M. O.	1,5	0,6	0,4	0,3
C. O.	0,87	0,34	0,23	0,17
N.	0,12	0,06	0,05	0,02
C/N	7,2	5,6	4,6	8,5

Elementos amorfos

Fe ₂ O ₃ %	4,8	3,5	3,1	2,5
Al ₂ O ₃ %	1,0	1,5	1,5	1,3
SiO ₂ %	0,9	0,7	0,8	0,4

Relaciones molares

SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,48	0,52	0,70	0,43
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	1,46	0,79	0,93	0,50

Relación amorf/total

Fe ₂ O ₃ total	9,5	8,4	9,6	6,4
Al ₂ O ₃ total	5,4	7,2	7,9	9,4
Fe ₂ O ₃ libre/total	51	42	31	38
Al ₂ O ₃ libre/total	19	20	18	14

Observaciones: perfil muy antropizado y que probablemente ha sufrido un proceso de recarbonatación, como lo demuestra la distribución sumamente irregular de los carbonatos. También por la morfología observada se puede deducir que ha habido un proceso de

sedimentación, ya que la distribución de las gravas es también irregular. Otro de los procesos sufridos, el de la terrificación, observándose una amplia destrucción de cutanes en la parte superior, mientras que se conserva en el horizonte B_{2t} . Los cutanes del horizonte B_{3t} están muy terrificados y destruidos, lo que demuestra que este último horizonte estuvo en superficie anteriormente.

La mineralogía de arcilla por difracción de rayos X presenta las siguientes características: presencia de haloisita, caolinita y mica, presentando esta última mejor cristalización en el Hor. B_{2t} .

Aparece la calcita en el Hor. Ca, presentando muy buena cristalización, como bien podemos observar en el preparado en polvo (3,00 Å; 2,47 Å; 2,26 Å; 2,07 Å; 1,90 Å; 1,61 Å), que presenta un pequeño desplazamiento.

Clasificación: 7.^a Americana: paleargid petrocálcico. F. A. O.: xerosol lúvico petrocálcico.

DISCUSIÓN

La presencia de horizontes con intensa formación de arcilla a partir de materiales basálticos es incompatible con las actuales condiciones climáticas, por lo que desde un punto de vista genético podemos considerar estos suelos como paleosuelos, formados bajo condiciones climáticas más húmedas que las actuales, con precipitaciones del orden de 400 a 600 mm, y existencia de estaciones hidrológicamente muy contrastadas, en las que alternasen períodos lluviosos y secos. El clima sería, por lo tanto, parecido al actual clima mediterráneo en lo que al régimen hídrico se refiere.

El perfil X y también la zona del perfil II muestran la presencia de horizontes argílicos fosilizados, que si bien en el caso del P. II podría interpretarse como una fosilización muy reciente, por ser detrítica y de naturaleza coluvial; en el caso del perfil X dicha fosilización se debe a una colada basáltica de edad que se estima en dos millones de años.

La morfología de esta unidad varía únicamente en la presencia o ausencia de horizontes de acumulación de carbonato cálcico y en la naturaleza de dichos horizontes. La existencia de horizontes Ca se debe fundamentalmente a las condiciones topográficas, cuanto éstas son abruptas o con pendientes muy pronunciadas, caso del perfil I, no existen horizontes Ca mientras que, cuando las topográficas se suavizan, perfiles II y X, aparecen horizontes de acumulación de carbonato cálcico de tipo costra y encostramiento por enriquecimiento de carbonato cálcico muy impuro, mezclado con material limoso y presentando el car-

bonato cálcico una cristalización muy imperfecta por estar constituido por microcristales que se yuxtaponen entre sí, englobando material terrígeno. En el caso de topografía casi llana o con una inclinación muy débil, la costra se hace mucho más pura, cristaliza mejor, como el

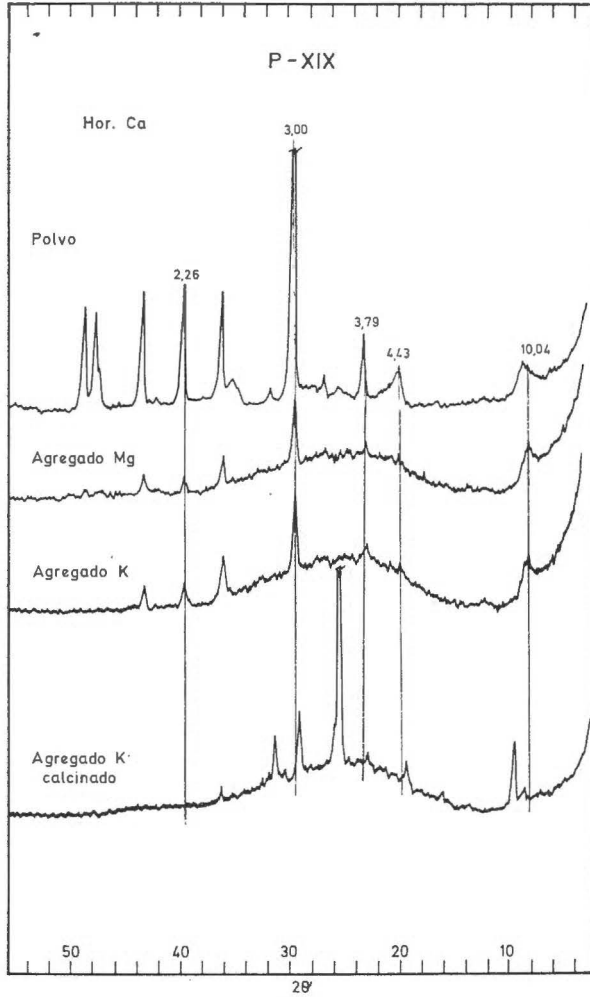


Fig. 1

horizonte Ca del P. XIX, y corresponde al tipo de costra zonal tan frecuente en las zonas mediterráneas de clima semiárido. La génesis de estos horizontes de acumulación de carbonato cálcico podemos atribuirlo, en gran parte, a un movimiento lateral de aguas cargadas con bicarbonato cálcico.

Al ser suelos muy antiguos, no sólo la neoformación de los mine-

rales de la arcilla ha sido muy intensa, sino que también su cristalización se ha desarrollado ampliamente, presentando todos ellos como minerales comunes la caolinita, haloisita y mica, con presencia, también, aunque no muy común en todos ellos, de montmorillonita. La forma

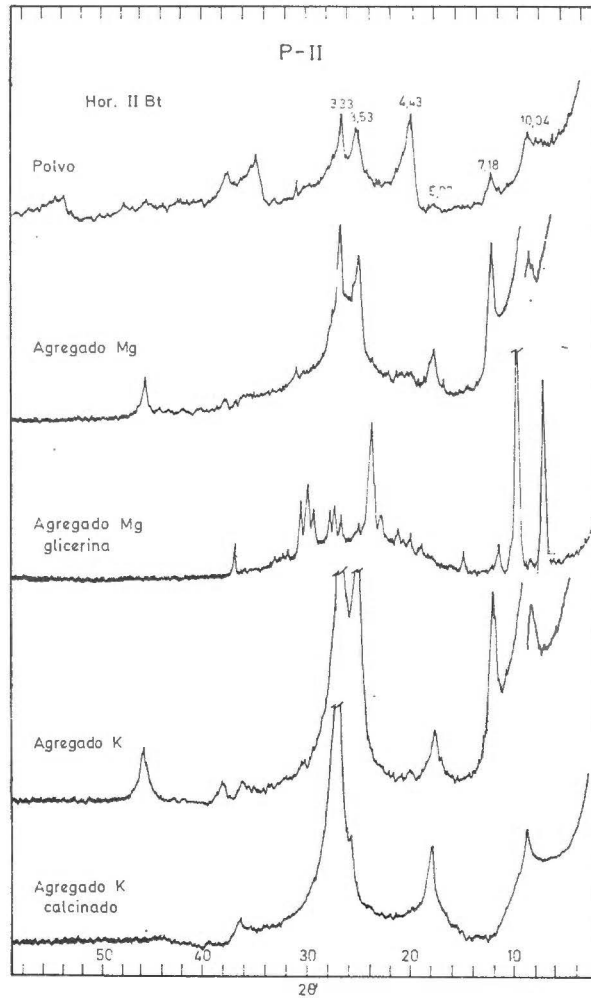


Fig. 2

en que se presenta la haloisita es la fibrosa. La presencia de dichos minerales, en lo que se refiere a la haloisita y al grupo de las micas, excluye toda posibilidad de manifestación tropical en esta isla, circunstancia que también queda avalada por la presencia de horizontes de acumulación de carbonato cálcico. La presencia de cuarzo en los horizontes superiores y siempre por encima del horizonte de acumulación

de carbonato cálcico, demuestra el origen alóctono del mismo, por supuesto, muy posterior al de la formación de dicho suelo, por lo que se le puede atribuir una antigüedad actual o subactual a la misma.

Un problema fundamental y que incide en gran medida en la clasificación y génesis de estos suelos es la presencia de grandes cantidades de Na^+ en el complejo de cambio de los mismos y también en la existencia de cantidades apreciables de sales solubles, este fenómeno no es general en esta unidad taxonómica, ya que en los perfiles I y XIX no hay apenas sales. Na^+ entra en muy pequeña proporción en el complejo de cambio, mientras que en el resto de los perfiles de esta unidad, la existencia de sales solubles es muy manifiesta, así como la elevada proporción de Na^+ cambiante. El origen de esta salinidad también se lo atribuimos a movimientos laterales de agua cargada con cierta salinidad y por lo tanto un origen muy antiguo y, al igual que el horizonte de acumulación de carbonato cálcico, contemporáneo y algo posterior a la formación de estos suelos. Esta contaminación salina se fue incrementando con el transcurso del tiempo, así los horizontes más antiguos y fosilizados, caso del IIB_t del perfil II y del IIB_t del P. X, la salinidad es moderada, mientras que se multiplica por tres en los horizontes argílicos superiores no fosilizados.

Un carácter morfológico de reparto desigual en esta unidad taxonómica es la presencia de un horizonte superficial pedregoso de origen sedimentario y antrópico, como puede observarse en casi todos los perfiles, como en el perfil VII y X. Independientemente de la influencia antrópica que es clara, ésta no ha podido ser la causa principal de la presencia de este horizonte pedregoso superficial, por lo que se debe atribuir a un origen fluvial.

Los caracteres edáficos a tener en cuenta para la clasificación de estos suelos a nivel de Gran Grupo son la estructura del horizonte petrocálcico, distribución de la arcilla, presencia del horizonte petrocálcico y proporción de Na en el Complejo de Cambio, que convierte la mayor parte de los horizontes argílicos, exceptuando el de P. I y XIX en horizontes nátricos, aunque la estructura no es la típica columnar de este horizonte. Si al proceso de una salinización secundaria y desigual se superpone los procesos de terrificación intensa antropización, erosión y salinización antrópica, se comprenderá la dificultad de enmarcar estos suelos dentro de la taxonomía americana a nivel de Gran Grupo y Subgrupo, ya que estos factores hacen que la morfología de estos suelos cambien continuamente en cortos espacios de terreno; por todo ello los Grandes Grupos que pueden encontrarse pertenecen a los Paleargid y Natrargid de dicha clasificación, como ya se ha indicado en la discusión de los perfiles.

La distribución de estos suelos es la siguiente (fig. 3):

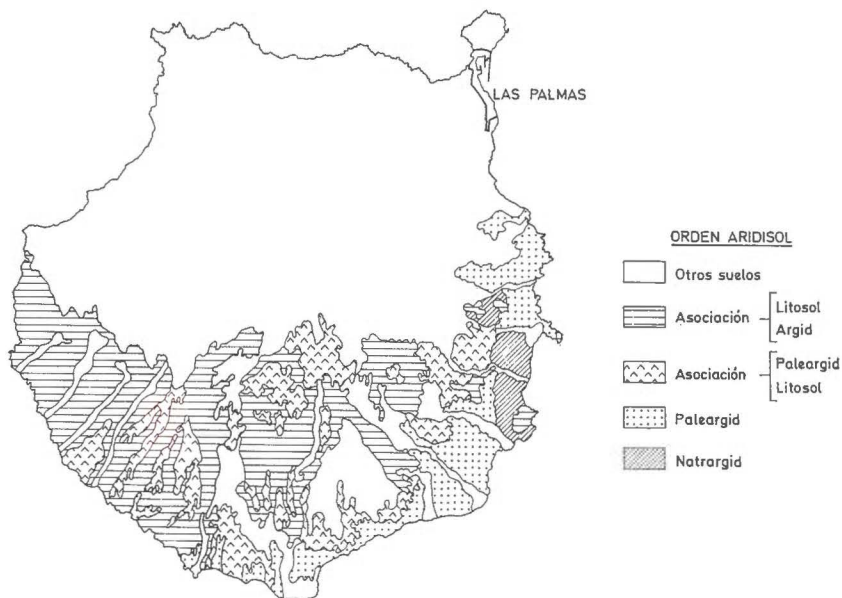


Fig. 3

RESUMEN

Se estudian los suelos de la zona árida y semiárida en la isla de Gran Canaria. Se describen las características morfológicas, químicas y mineralógicas. De ellas se deduce el carácter relicto de los mismos, así como la influencia antrópica. Se detalla la distribución de estos suelos en la isla.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-MONEM, A., WATKINS, N. y GAST, P. W. (1971). Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Island. Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria, La Gomera. Amer. Jour. of Science, vol. 271, núm. 5, 490-521.
- ALEXANDRE, V., GARCÍA VICENTE, J. y ALEXANDRE, T. (1962). Estudio de la composición mineralógica de las arcillas de los suelos volcánicos españoles. Anal. Edaf., T. XXI, núm. 3, 117-158.
- BRAVO, T. (1964). Geografía general de las Islas Canarias. T. II, Troya ediciones, Santa Cruz de Tenerife, 592.
- BROWN, G. (1961). The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society, London.
- FERNÁNDEZ, E. y GUERRA, A. (1971). Condiciones de formación y evolución de los suelos de Tenerife. An. de Edaf. y Agrob., T. XXX, núms. 5-6, 565-610.
- FERNÁNDEZ, E., PÉREZ, V. y GARCÍA, V. (1973). Estudio de los métodos empleados en la caracterización de los suelos salinos y alcalinos de las islas Canarias. An. de Edaf. y Agrob., T. XXXII, núms. 5-6, 551-560.

- FONT, I. (1955). Factores que gobiernan el clima de las islas Canarias. *Rev. Est. Geogr.*, núm. 58, 5-21.
- FUSTER, J. M. y col. (1968). Geología y vulcanología de las islas Canarias. Gran Canaria. Inst. L. Mallada, C. S. I. C., Madrid.
- GRIM, R. (1953). *Clay mineralogy*. McGraw-Hill. New York, 126-159.
- GUERRA, A. (1967). El problema de los suelos integrados en España. *An. de Edaf. y Agrob.*, T. XXVI, núms. 1-4, 361-369.
- HOYOS, A. (1945). Condiciones de formación de los suelos canarios. *An. Inst. Esp. Edaf. Ecol. y Fis. Veg.*, IV, 3-65.
- KUBIENA, W. L. (1956). Materialien zur geschichte der bodenbildung auf den west Kanarem (unter Einschluss von Gran Canaria). VI Congr. Intern. de Science du Sol, París.
- MONTURIOL, F., GALLARDO, J. y ALEIXANDRE, T. (1970). Los paleosuelos rojos en las formaciones cuaternarias del campo de Calatrava (Ciudad Real). *An. Edaf. y Agrob.*, T. XXIX, núms. 7-8, Madrid.
- RUELLAN, A. (1970). Contribution a la connaissance des sols des régions méditerranéennes. Thèse Strasbourg, 482.
- SIEFFERMANN, G. (1969). Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun. Thèse Strasbourg, 290.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. Supplement to soil classification system. 7th Approximation. U. S. A.

Recibido para publicación en 10-VI-76.

EL METABOLISMO NITROGENADO EN ARBOLES DE *OLEA EUROPEA* VAR. *MANZANILLO*, EN RELACION CON LA FLORACION

II. ESTUDIO DE LOS AMINOACIDOS LIBRES

por

L. CATALINA, R. SARMIENTO, F. GONZALEZ GARCIA y V. VALPUESTA

SUMMARY

NITROGEN METABOLISM IN *OLEA EUROPEA* TREES, VAR. *MANZANILLO*, IN RELATION WITH FLOWERING. II. STUDY OF THE FREE AMINOACIDS

Changes in the free amino acids in the leaf and buds tissues of productive and non-productive trees of *Olea europea* var. *manzanillo* were determined. Components which this study suggest may be of particular interest the levels of arginine, asparagine, aspartic acid, tyrosine, phenylalanine, triptophan and alanine. The changes in levels of several of the soluble nitrogen compounds may well be significant clues to biochemical mechanisms involved in flowering process.

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que cualquier proceso fisiológico en el vegetal repercute en cambios bioquímicos de excepcional importancia, que se reflejan de forma primordial en aquellos compuestos de bajo peso molecular y sometidos a una rápida utilización. Entre dichos procesos destaca el proceso morfogenético, al que puede considerarse como la culminación del ciclo vital de la planta, y en el que de forma indudable han de tener lugar los antedichos cambios bioquímicos, cuya expresión será reflejada por las modificaciones sufridas en los niveles de sus aminoácidos libres, compuestos solubles de bajo peso molecular y sometidos a un rápido intercambio. Si tenemos en cuenta que dichos aminoácidos son importantes precursores de proteínas, coenzimas y otros varios compuestos de alto interés fisiológico en el vegetal, se comprende la importancia que ha de tener la investigación de los cambios cuali y cuantitativo de los mismos, que se produzcan a lo largo del desarrollo de aquél.

En el caso del olivar, en el mes de octubre, el árbol desarrolla nuevas yemas, que en el período que se extiende hasta la primavera

del siguiente año, sufren un proceso de desarrollo que culminará en dicha estación con su transformación a flor u hoja. Esta dualidad de transformación de las yemas primaverales en el olivo está ligada estrechamente con la expresión fisiológica del árbol en el año precedente, de tal forma que aquellos árboles que en aquel entonces fueron productivos, desarrollarán sus nuevas yemas a hojas, mientras que, por el contrario, aquellos otros que permanecieron en ciclo de descanso de producción, lo harán a flores. Estos hechos constituyen el conocido proceso de la alternancia en el olivar, también denominado «vecería».

El presente trabajo recoge los resultados del estudio cuali y cuantitativo de los aminoácidos libres en las hojas y yemas de olivo (*Olea europea* L.), de la variedad manzanillo, productivos (árboles P), y no productivos (árboles NP). Las determinaciones se han realizado de forma paralela, y los resultados que se consignan son el promedio de un cuatrienio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La toma de muestras ha quedado descrita en un trabajo anterior (Sarmiento et al., 1972).

Extracción de los aminoácidos libres

Cuatro gramos de muestra vegetal en estado fresco (o menos, disminuyendo en este caso los volúmenes de líquidos extractores utilizados), se cortaron primero en trozos pequeños y desmenuzaron posteriormente con la ayuda de la mano en un mortero, en el seno de 50 ml de etanol al 80 por 100 hirviendo. La solución alcohólica se mantuvo diez minutos más en ebullición, y los líquidos se decantaron. El residuo se extrajo posteriormente con 50 ml de agua a 80° C durante otros diez minutos, y nuevamente se decantó la capa acuosa. Ambos extractos, acuoso y alcohólico, se mezclaron y diluyeron por adición de etanol al 50 por 100 hasta un volumen total de 200 ml.

Determinación cualitativa de los aminoácidos libres

La determinación se realizó por cromatografía en papel. Para un buen desarrollo de los cromatogramas, el medio más adecuado encontrado para la purificación de los extractos fue el siguiente: 1) 25 ml del extracto se añadieron a 9 ml de resina Dower 50-X12 (forma H⁺); 2) la resina y la muestra se agitan diez minutos y, tras sedimentar, se decantó la solución; 3) la resina se lavó dos veces con 25 ml de etanol al 80 por 100, agitándose las muestras dos veces con cada lavado y decantándose las soluciones tras la sedimentación de la resina; 4) la resina, que contiene los aminoácidos, se lavó dos veces con solución 4 N de hidróxido amónico en etanol al 50 por 100 (25 ml cada) agitándose dos minutos con cada lavado, y recogiendo las soluciones tras

la sedimentación. Lavados adicionales pueden realizarse para asegurar la completa separación de los aminoácidos; y 5) finalmente, la resina se lavó con etanol al 80 por 100, y posteriormente con agua, con dos minutos de agitación en cada lavado. En el caso de que el estudio cromatográfico de estas nuevas fracciones demostraron la existencia en las mismas de aminoácidos, éstas se reunieron con las obtenidas en 4).

Las muestras purificadas, como ha quedado expuesto, se evaporaron a baja presión, y se conservaron en estado seco hasta su estudio analítico. Previamente a éste, los residuos sólidos se disolvieron en 1 ml de alcohol isopropílico al 10 por 100, y 100 μ l de estas muestras concentradas se cromatografiaron en papel Whatman núm. 1. Para el desarrollo de los cromatogramas se utilizaron las siguientes mezclas: i) fenol saturado de agua en la primera dirección y butanol : ácido propiónico : agua (4:1:5 v/v) en la segunda, según lo propuesto por Benson et al. (1950); e ii) butanol : ácido acético : agua (4:1:5) en primera dirección y butanol sec : butanol terc. : butanona 2 : agua (4:4:8:5) en segunda.

La identificación de las manchas de los aminoácidos desarrollados se realizó de acuerdo con los tres métodos siguientes: 1) su coloración por ninhidrina, 2) comparación de los valores de Rf con los de muestras patrones, y 3) co-cromatografía con estas mismas muestras.

Determinación cuantitativa de los aminoácidos libres

Para la determinación cuantitativa individual de los distintos aminoácidos libres identificados en el material vegetal objeto de nuestro estudio, los cromatogramas se hicieron por duplicado. Revelado uno de la forma anteriormente expuesta, se recortaron del otro las manchas correspondientes determinadas por la superposición de ambos. Los trozos recortados se introdujeron en tubos de tapón esmerilado, y se dejaron en contacto con una solución de ninhidrina en butanol. A cada tubo se añadieron 5 ml de etanol al 70 por 100 conteniendo 70 mg de sulfato de cobre por litro, y se agitó durante quince minutos. La D. O. de cada solución se midió a 515 nm en espectrofotómetro Beckman D. U., deduciéndose la concentración de cada aminoácido de una curva patrón obtenida para cada uno de ellos en cantidades crecientes del mismo, cromatografiadas y eluidas de la misma forma.

Determinación cuantitativa de ácidos fenóles

La extracción y cuantificación de los ácidos fenóles libres, conjugados y totales ha sido ya previamente descrita (Sarmiento et al., 1972).

Determinación cuali y cuantitativa de los componentes de la fracción de ácidos fenóles libres

Alícuotas de las fracciones etéreas conteniendo los ácidos fenóles libres, se evaporaron a sequedad y los residuos se redisolviaron en etanol al 95 por 100. Alícuotas de estas soluciones alcohólicas se colo-

caron en papel Whatman núm. 1 y se desarrollaron con las siguientes mezclas: toluol : ácido acético : agua (4:1:5); benceno : ácido acético : agua (6:7:3); butanol : etanol : agua (4:1:2); butanol : piridina : agua (14:3:3); butil-metilcetona : ácido fórmico : agua 14:3:2) y ácido acético al 2 por 100. En todos los casos la cromatografía fue descendente, salvo cuando se utilizó la mezcla butanol : piridina : agua.

Los cromatogramas una vez desarrollados se dejaron secar y se estudiaron bajo luz UV, sin y en atmósfera de amoníaco. Finalmente, se revelaron con la solución de p-nitroanilina diazoada, sin y con posterior nebulización de solución de carbonato sódico al 15 por 100. La extracción y cromatografía conjunta con sustancias tipo permitió la caracterización definitiva de las distintas manchas.

En cuanto a la determinación cuantitativa, la realización de los cromatogramas por duplicado, permitió recortar en uno de ellos las manchas observadas en el otro, bien por luz UV o por la solución reactivo. Dichos recortes se colocaron en tubos de ensayo conteniendo 5 ml de agua destilada y los tubos se mantuvieron cinco minutos en baño maría a 90° C. Las soluciones acuosas obtenidas se estudiaron midiendo la D. O. en espectrofotómetro con longitud de onda comprendida en el ultravioleta. En otros casos se utilizó la reacción colorimétrica (Folin-Ciocalteu, 1927), realizando las medidas en el visible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos analíticos correspondientes a la determinación de los diferentes aminoácidos en las hojas y yemas de los árboles P y NP quedan recogidos en las tablas I y II. En ambos tipos de árboles y para los dos órganos estudiados aumenta el contenido total de sus aminoácidos libres, aunque este aumento es especialmente señalado en las yemas y hojas de los árboles NP, que ven sus contenidos iniciales multiplicados por 4 y 7, respectivamente, al finalizar el período experimental.

La observación detallada de las citadas tablas nos conduce a la apreciación de ciertos hechos que consideramos de un gran interés. Tales hechos son los siguientes: 1.º) las hojas y yemas de los árboles NP acumulan fuertes cantidades de arginina, asparagina y ácido aspártico; 2.º) los aminoácidos tirosina y fenilalanina se incrementan a lo largo del período experimental en las hojas y yemas de los árboles NP, en contraposición a lo que ocurre en los árboles P, en cuyos órganos sólo son detectables en cantidad de trazas a partir de enero; 3.º) en los árboles NP prácticamente desaparecen los contenidos de triptofano a partir del mes de enero, y 4.º) las hojas y yemas de los árboles P presentan un contenido sensiblemente mayor de alanina, cuyos niveles se mantienen bajos en los NP. Tales hechos son, a nuestro juicio, demostrativos de profundas diferencias en el metabolismo de los aminoácidos y, consiguiente, en el metabolismo general de ambos tipos de árboles.

De los apartados anteriormente creemos no pueden desligarse la acumulación de arginina, ácido aspártico y asparagina en hojas y yemas

TABLA I

Contenido de aminoácidos libres (expresados en $\mu\text{mols}/100$ g. de peso fresco) en hojas de árboles P y NP de *Olea europea* L. var. «manzanillo» (1).

Aminoácidos	Árboles productivos (P)						Árboles no productivos (NP)					
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Triptófano	T	11	11	21	35	32	10	19	30	—	—	—
Lisina	T	T	T	2	7	12	7	7	7	4	T	T
Histidina	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Arginina	32	32	40	50	50	65	50	125	460	520	615	660
Aspártico	7	7	7	T	T	T	15	27	35	45	67	115
Asparagina	33	33	33	27	27	27	16	27	40	56	168	168
Treonina	50	50	50	33	22	14	14	15	14	14	14	14
Serina	11	11	11	5	T	T	14	14	14	14	14	14
Glutámico	35	32	31	26	19	10	7	26	26	17	12	11
Glutamina	17	17	8	T	T	T	24	24	12	12	2	2
Prolina	T	T	T	T	T	T	50	50	235	260	300	300
Glicina	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Alanina	43	43	60	123	203	203	16	16	22	22	26	31
Cistina	T	T	T	T	T	T	3	1	1	3	1	1
Valina	13	12	8	3	3	T	4	12	25	25	5	T
Metionina	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Leucina	54	49	25	22	11	5	3	7	9	11	11	5
Tirosina	14	22	38	T	T	T	12	12	22	32	46	46
Fenilalanina	6	18	42	T	T	T	5	8	36	50	74	74
TOTAL	315	337	364	312	377	368	250	390	997	1.085	1.355	1.441

(1) Resultados promedios de un cuatrienio.

de los árboles NP, de los bajos niveles que en estos mismos árboles presenta la alanina. Los hechos parecen indicar que existe en los citados árboles una alteración de la biosíntesis de este último aminoácido.

Tales hechos parecen tener confirmación en los resultados analíticos correspondientes a los árboles P, en los que los citados aminoácidos o no varían o lo hacen de forma mesurada, y en los que, por el contrario, destacan las concentraciones de alanina.

Tal como hemos indicado anteriormente, otra de las características diferenciales en relación a las concentraciones de aminoácidos entre ambos tipos de árboles, reside en los distintos niveles de fenilalanina y tirosina, aminoácidos sólo detectables en cantidad de trazas en los árboles P a partir de enero, mientras que en los NP su contenido se incrementa a lo largo de todo el período experimental. Tales hechos parecen estar relacionados con el incremento en el contenido de ácidos fenólicos que se pone de manifiesto en los árboles P, en especial a partir del mes de enero. Por otra parte, el estudio de la actividad FAL (fenilalaninaamonioliase) parece confirmar estos hechos al comprobarse un fuerte incremento de la misma, coincidente con la desaparición

TABLA II

Contenido en aminoácidos libres (expresados en μ moles/100 g. de peso fresco) en yemas de árboles P y NP de *Olea europea* L var. «manzanillo» (1).

Aminoácidos	Árboles productivos (P)						Árboles no productivos (NP)					
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
Triptófano	25	34	46	46	72	72	11	25	36	—	—	—
Lisina	19	18	19	19	24	28	10	14	18	14	11	7
Histidina	9	14	18	41	58	68	19	26	37	7	6	T
Arginina	50	50	50	68	68	68	13	13	43	132	250	300
Aspártico	40	75	56	40	20	7	21	21	46	178	200	200
Asparagina	8	12	22	22	32	36	18	18	27	62	77	103
Treonina	14	15	17	24	32	32	T	T	T	T	T	T
Serina	7	26	26	35	36	52	15	15	12	19	6	2
Glutámico	2	12	12	12	12	12	T	T	T	T	T	T
Glutamina	28	61	42	37	10	T	42	42	27	15	7	1
Prolina	T	T	T	12	12	12	10	10	17	36	58	72
Glicina	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Alanina	6	10	10	30	60	95	6	10	T	T	T	T
Cistina	T	2	3	9	9	9	T	T	T	T	T	T
Valina	13	22	27	33	42	50	12	22	22	12	7	5
Metionina	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Leucina	7	14	22	37	49	53	4	3	8	8	8	8
Tirosina	7	7	10	T	T	T	10	24	24	42	56	56
Fenilalanina	5	T	T	T	T	T	12	36	45	78	98	98
TOTAL	240	372	380	465	535	594	201	279	362	603	784	852

(1) Resultados promedios de un cuatrienio.

ción de los citados aminoácidos, y el aumento del contenido en ácidos fenoles de los citados árboles (datos pendientes de publicación), lo que parece indicar la fuerte utilización de dichos aminoácidos aromáticos hacia sus productos de transformación, los ácidos fenoles, vía ácido cinámico.

Los datos experimentales recogidos en la tabla III, referentes a los contenidos en ácidos fenoles, demuestran cómo los árboles P presentan un incremento en el contenido de los mismos, especialmente acusado a partir del mes de enero. A este aumento en el contenido total se corresponde un incremento en los ácidos fenoles libres, mientras que los conjugados, aumentados muy ligeramente al comienzo del período experimental, disminuyen sensiblemente a partir de enero. Dicha disminución, que coincide con el fuerte aumento de los ácidos fenoles libres, parece indicar que, al menos en parte, éstos proceden de los conjugados, pero principalmente de síntesis, que sólo puede provenir de los citados aminoácidos, y que justifica la desaparición de los mismos en los órganos estudiados de los árboles P.

TABLA III

Contenido en ácidos fenóles (totales, conjugados y libres) expresado en mg/g. de peso fresco en hojas y yemas de árboles P y NP de Olea europea L. var. «manzanillo» (1).

M e s e s	Arboles productivos (P)						Arboles no productivos (NP)					
	Hojas			Yemas			Hojas			Yemas		
	Totales	Conjugados	Libres	Totales	Conjugados	Libres	Totales	Conjugados	Libres	Totales	Conjugados	Libres
Oct.	2,1	1,7	0,4	2,0	1,2	0,8	2,5	0,5	2,0	1,1	0,2	0,9
Nov.	2,6	2,0	0,6	2,6	1,4	1,2	2,7	0,9	1,8	1,1	0,2	0,9
Dic.	3,0	2,2	0,8	3,0	1,8	1,2	3,1	1,1	2,0	1,1	0,2	0,9
Ene.	4,5	2,5	2,0	3,2	2,0	1,2	3,3	1,2	2,1	1,7	0,6	1,1
Feb.	5,0	2,0	3,0	5,3	1,0	4,3	3,6	1,3	2,3	2,1	0,8	1,3
Mar.	8,5	1,4	7,1	6,5	0,7	5,8	4,2	1,4	2,8	2,2	0,9	1,3

(1) Resultados promedios de un cuatrienio.

los P abundan los monofenoles y m-difenoles sustituidos, en los NP la preponderancia parece inclinarse hacia m-difenoles no sustituidos, trifenoles sustituidos y ésteres de los ácidos cafeico y quínico.

Aparte del interés particular que representa esta distinta cuantificación de los ácidos fenoles según el tipo de árbol estudiado, hay que destacar aquí la importancia que tiene el hecho de hacerse comprobado que el incremento de los mismos en los árboles P se corresponde con un incremento en la actividad del enzima AIA-oxidasa (Catalina et al., 1972) responsable, como es sabido, de la destrucción auxínica. Dicha activación del enzima no tiene lugar, por el contrario, en los árboles NP en los que, como puede verse en las tablas I y II, lo que sí existe es una práctica desaparición del triptofano en sus hojas y yemas, desaparición probablemente relacionada con una síntesis acelerada de auxina que les es necesaria a los mismos para el crecimiento vegetativo.

RESUMEN

Se han estudiado las variaciones en aminoácidos libres de hojas y yemas de árboles productivos y no productivos de *Olea Europea* L. var. *manzanillo*. Las diferencias encontradas para algunos de los compuestos solubles de nitrógeno pueden ser significativas en relación con los mecanismos bioquímicos envueltos en el proceso de la floración.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

- BENSON, A. A., BASSHAN, J. A., CALVIN, M., GOODALE, T. C., HAAS, V. A., STEPKA, W. (1950). *J. Amer. Soc.*, **72**, 1710.
 CATALINA, L., SARMIENTO, R., VALPUESTA, W. (1972). *Anal. Edaf. Agrob.*, **7-8**, 608-13.
 FOLIN, O., CIOCALTEU, V. (1927). *J. Biol. Chem.*, **73**, 627.
 SARMIENTO, R., CATALINA, L., VALPUESTA, M. (1972). *Anal. Edaf. Agrob.*, **5-6**, 407-12.
 SARMIENTO, R., CATALINA, L., VALPUESTA, M. (1972). *Anal. Edaf. Agrob.*, **7-8**, 601-05.

Recibido para publicación: 15-VII-76

INFLUENCIA DE LA HUMEDAD EDAFICA EN LA COMPOSICION Y EVOLUCION DE LA FRACCION ARCILLA EN SUELOS DE ZONAS SEMIARIDAS

por

M. LEDESMA GARCIA y M. SANCHEZ CAMAZANO

SUMMARY

INFLUENCE OF THE EDAFIC MOISTURE IN THE COMPOSITION AND EVOLUTION OF THE CLAY FRACTION IN SOILS OF SEMIARID ZONES

A comparative study has been made of the mineralogical composition and evolution of the clay fraction between hydromorphic soils and the soils which surround them. These soils belong to four sequences or associations of soils in the Salamanca-Ciudad Rodrigo basin. It has been concluded that the transformation by degradation of stable minerals, such as illite, to cause illite-vermiculite, illite-chlorite or illite-montmorillonite interstratifications, is intensified in proportion to the increase of the hydromorphic character of the soil. In normal soils these mixed-layer minerals only appear in the upper horizons while in hydromorphic soils they are found through out all different horizons of the profile.

En trabajos anteriores se ha estudiado la composición y evolución de la fracción arcilla en suelos pseudogleyizados (Ledesma y Sánchez Camazano, 1976) y en suelos gleyizados, de vega y planosuelos (Sánchez Camazano y Ledesma, 1976). En este trabajo, con el fin de conocer la influencia de la humedad edáfica en la composición de la arcilla y en la transformación de los minerales que constituyen esta fracción, se realiza un estudio comparativo entre suelos hidromorfos y de los bordes próximos. En el mismo se estudian cuatro secuencias o asociaciones de suelos de la depresión Salamanca-Ciudad Rodrigo a las que pertenecen los suelos hidromorfos estudiados en los trabajos anteriormente mencionados y que son las siguientes:

Secuencia de suelos del Valmuza: perfiles VII-VIII-IX-X.

Asociación de suelos de la depresión de La Fuente de San Esteban-Boadilla: XII-XIII-XIV.

Secuencia de suelos del Tenebrilla: XV-XVI.

Secuencia de suelos del Yeltes: XVII-XVIII.

Las técnicas empleadas en este estudio y los datos correspondientes a los perfiles de suelos hidromorfos se encuentran descritos en los trabajos anteriores. En la tabla I se incluyen los datos de descripción más

importantes de los perfiles no hidromorfos, cuya composición mineralógica se estudia detalladamente en este trabajo, para dar paso después al estudio de las secuencias o asociaciones correspondientes.

TABLA I

Geología y tipo de suelo de los perfiles estudiados

Localidad	Geología Roca madre	Tipo de suelo	Horizonte	Profundidad
VII Salamanca Muñovela	Oligoceno Areniscas y arcillas	Suelo rojo	Ap	0 — 25
			B ₂	25 — 80
			B ₁ ca	80 — 110
			B ₂ ca	+ 110
X Salamanca Doñinos	Oligoceno Areniscas y arcillas	Pardo calizo aluvio-coluvial	A ₁₁	0 — 25
			A ₁₂	25 — 45
			B	45 — 60
			B ₂	60 — 100
			C ₁	100 — 120
			2 C ₁ 2 G	120 — 150 150 — 200
XII Salamanca Boadilla	Eoceno Areniscas calizas	Pardo calizo	Ap	0 — 25
			B	25 — 60
			Ca	60 — 110
			C ₃	110 — 150
XVII Salamanca Castraz	Eoceno-Oligoceno Gravas y arcillas	Aloctono	Ap	0 — 30
			B ₁	30 — 60
			B ₂	60 — 95
			2 C ₁	95 — 130
			2 C ₂	130 — 170

ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS PERFILES

Perfil VII. Suelo rojo

La capacidad de cambio de cationes de las arcillas de este perfil es de 26,37 meq/100 g en el primer horizonte, y en los tres restantes ligeramente superior y prácticamente constante. Tienen contenido alto en Fe₂O₃, que está en parte en forma de óxidos libres, porcentajes bajos de MgO que aumentan ligeramente con la profundidad y también bajos en K₂O, exceptuando el del primer horizonte (tabla II). Las razones SiO₂/Al₂O₃ son en general bajas; el valor más elevado en el primer horizonte es debido a la presencia de cuarzo libre según se pone de manifiesto a través de los diagramas de difracción de rayos X.

Las curvas térmico diferenciales de las arcillas de todos los horizontes tienen efectos endotérmicos pronunciados, correspondientes a la pér-

TABLA II

Datos de análisis químico de las arcillas de los perfiles VII y X

Perfil	Ho- rizonte	Capacidad de cambio meq/100 g	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	SiO ₂	- H ₂ O	+ H ₂ O	Fe ₂ O ₃ libre
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	Al ₂ O ₃	R ₂ O ₃	%	%
VII	A _p	26,37	41,90	9,78	0,42	28,76	0,99	0,21	0,96	2,16	2,51	2,00	4,46	9,17	6,26
	B ₂	32,53	39,62	9,20	0,33	31,37	1,07	0,77	0,64	1,17	2,14	1,78	4,64	9,89	7,03
	B _{1ca}	32,15	41,20	9,97	0,51	28,57	1,48	0,91	0,64	1,39	2,44	1,96	5,08	9,22	6,02
	B _{2ca}	33,69	41,76	8,52	0,29	29,94	1,40	1,08	0,83	1,34	2,36	1,98	5,43	8,54	5,84
X	A ₁₁	23,68	44,50	7,97	0,96	27,93	1,15	—	0,72	4,03	2,70	2,20	2,50	8,09	—
	A ₁₂	25,86	42,58	8,88	0,96	27,92	1,44	—	0,56	3,12	2,58	2,07	3,28	8,26	—
	B	35,15	41,92	9,97	0,73	26,28	1,28	—	0,72	3,12	2,70	2,11	4,82	8,69	—
	B ₂	41,71	42,10	10,15	0,68	26,23	1,44	0,52	0,80	2,06	2,72	2,12	6,20	8,95	—
	C ₁	42,26	41,70	10,08	0,62	26,04	1,53	0,49	0,72	1,96	2,71	2,12	6,32	9,16	—
	2 C ₁	40,44	41,68	10,87	0,59	25,20	1,53	0,38	0,72	2,01	2,80	2,15	6,23	9,12	—
2 G	36,80	44,26	8,88	0,54	24,18	1,77	0,59	0,72	2,25	3,10	2,45	5,55	8,36	—	

dida de agua de hidratación, a aproximadamente 130° C, seguidos en todos los casos de una inflexión endotérmica con máximo a 200° C. En los registros aparece un efecto endotérmico a 560° C, característico por su forma de mezclas de ilita y caolín. En las curvas de las arcillas de los horizontes B_{1ca} y B_{2ca} se insinúa una inflexión alrededor de los 670° C correspondiente a la deshidroxilación de montmorillonita.

Las curvas termogravimétricas presentan una pérdida de peso de agua de hidratación baja para el horizonte Ap (3,5 por 100) y más elevada y aproximadamente igual para los horizontes restantes (5,7-6,2 por 100).

El difractograma de la arcilla natural correspondiente al horizonte Ap tiene un pico a 10 Å con una inflexión en la zona 11-14 Å que se modifica por tratamiento con glicerol a 12-16 Å dando un pequeño máximo a 16 Å. Por calentamiento de la muestra a 500° C durante una hora permanece, aunque con menor intensidad, la inflexión a 11-14 Å. Estas modificaciones indican la presencia de ilita, ilita-montmorillonita y clorita-montmorillonita. Estas últimas interstratificaciones son irregulares, aunque con cierta tendencia a la regularidad la de clorita-montmorillonita.

La muestra sin tratamiento del horizonte B_2 presenta una banda en la zona 11-15 Å. En la muestra tratada con glicerol aparece un pico a 17 Å, asimétrico hacia ángulos más altos, lo que indica que no corresponde a montmorillonita sino a interstratificación irregular de clorita y montmorillonita, donde el número de láminas de montmorillonita debe ser elevado. Esto queda confirmado por el difractograma de la muestra calentada a 500° C, donde el pico a 10 Å presenta una gran asimetría hacia ángulos más bajos. Debe existir además una pequeña proporción de montmorillonita.

Por último, en los horizontes B_{1ca} y B_{2ca} , la banda a 11-14 Å se desplaza totalmente a 17,65 Å por tratamiento con glicerol. Esta difracción presenta en todos los casos asimetría hacia ángulos mayores. Esto unido a la asimetría de la difracción a 10 Å hacia ángulos bajos en la muestra calentada a 500° C, indica que hay interstratificación clorita-montmorillonita, junto a montmorillonita.

Perfil X. Suelo pardo calizo

La capacidad de cambio de cationes de las arcillas es baja en los dos primeros horizontes (tabla II); en los restantes aumenta, oscilando entre 35,15 y 42,26 meq/100 g. Tienen contenido bajo en MgO que aumenta ligeramente en profundidad y alto en Fe_2O_3 . El porcentaje de K_2O disminuye al descender en el perfil. La razón SiO_2/Al_2O_3 oscila poco a lo largo del perfil.

Las curvas térmico diferenciales son prácticamente iguales, con efectos endotérmicos a 130° C y a 545-550° C. Se observa además otro pequeño pico endotérmico a 300° C, más pronunciado en los horizontes B_1 , B_2 , C_1 y $2C_1$ y en la mayor parte de las curvas una inflexión a 600-700° C.

Las curvas termogravimétricas tienen todas el mismo hábito, solamente se diferencian en el aumento gradual que experimenta la pérdida

de peso correspondiente al agua de hidratación con la profundidad, desde 2,5 por 100 en el primer horizonte hasta 6,5 por 100 en el más profundo.

En los difractogramas de las muestras naturales de los horizontes A_{11} y A_{12} la difracción a 10 Å tiene una caída hacia ángulos bajos que se prolonga hasta 14 Å y no sufre modificación alguna por tratamiento con glicerol ni por calentamiento a 500° C. Debe existir en las arcillas de estos horizontes ilita-clorita junto a ilita.

En el horizonte B, además de la mencionada caída del pico a 10 Å, hay otra difracción a 13 Å, que desaparece por tratamiento con glicerol y debe de corresponder a una pequeña proporción de montmorillonita o a clorita-montmorillonita. Los difractogramas de los horizontes restantes presentan bandas o picos a 11-14 Å, las modificaciones que experimenta esta banda por tratamiento con glicerol o por calentamiento a 500° C ponen de manifiesto la existencia de ilita-clorita, ilita-montmorillonita y clorita-montmorillonita, aumentando la proporción de las dos últimas interstratificaciones con la profundidad.

Perfil XII. Suelo pardo calizo

Las arcillas de los diferentes horizontes del perfil tienen valores medios y constantes de capacidad de cambio de cationes (tabla III). El contenido en MgO aumenta en los horizontes profundos, lo mismo sucede con la razón $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, indicando ambos hechos un aumento en esta dirección de la proporción de montmorillonita o minerales ricos en magnesio. El porcentaje de K_2O disminuye gradualmente al descender en el perfil, desde 2,20 por 100 en el horizonte superior hasta 1,10 por 100 en el más profundo.

Las curvas térmicas diferenciales de las arcillas de los cuatro horizontes (fig. 1) presentan un efecto endotérmico a 130-150° C que aumenta de intensidad con la profundidad, otro efecto también endotérmico aproximadamente a 550° C que disminuye en magnitud con la profundidad y por su forma ancha y temperatura a que se presenta es probablemente debido a ilita. Las curvas correspondientes a los tres horizontes profundos presentan un efecto endotérmico a aproximadamente 280° C, que unido a la presencia de una inflexión, también endotérmica, en la zona 450-500° C hacen pensar en la existencia de atapulgita en las muestras.

Las curvas termogravimétricas (fig. 2) tienen pérdidas de peso correspondientes al agua reticular muy próximas para todos los horizontes, se observa solamente un ligero aumento con la profundidad, desde 5,5 por 100 hasta 6 por 100. La correspondiente al horizonte B presenta una inflexión en la zona 200-250° C que se acentúa en los horizontes C_{ca} y C_2 y está de acuerdo con la presencia de atapulgita en los mismos.

Los difractogramas de las muestras naturales (figs. 3 y 4) tienen una banda de difracción a 12-15 Å con máximos a ángulos que varían de unas muestras a otras. Por tratamiento con glicerol esta banda se desplaza a 14-17 Å presentando máximos a distintos ángulos, cuya intensidad aumenta con la profundidad. No parece existir montmorillonita, sino más bien interstratificaciones ilita-montmorillonita y clorita-montmorillonita, ya que no existen picos a 18 Å en las muestras tratadas con

TABLA III

Datos de análisis químico de las arcillas de los perfiles XII y XVII

Perfil	Horizonte	Capacidad de cambio meq/100 g	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₂	SiO ₂	- H ₂ O	+ H ₂ O
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
XII	A _p	42,62	45,16	6,34	0,53	22,89	2,68	1,08	0,80	2,20	3,34	2,77	7,18	8,67
	B	42,62	45,58	5,98	0,47	21,81	2,26	1,08	0,91	2,11	3,54	2,94	8,68	8,96
	C _{ca}	36,79	44,88	5,43	0,57	19,26	4,12	2,17	0,56	1,24	3,95	3,24	9,69	10,10
	C ₂	47,36	46,74	6,52	0,37	18,67	3,67	1,84	0,61	1,10	4,24	3,40	9,12	9,30
XVII	A _p	25,13	42,76	9,06	0,82	30,30	0,94	—	0,80	2,59	2,39	1,95	2,57	9,30
	B ₁	24,41	41,06	9,60	0,94	31,18	0,86	0,03	0,64	2,68	2,23	1,80	3,08	9,18
	B ₂	29,51	39,80	10,69	0,70	27,97	0,90	0,38	0,51	1,80	2,41	1,89	4,65	10,14
	2 C ₁	22,59	41,16	8,70	0,92	31,34	1,15	0,07	1,18	2,78	2,11	1,76	2,85	8,56
	2 C ₂	30,24	41,16	13,59	0,95	25,86	0,86	0,59	0,96	2,40	2,96	2,03	2,86	9,66

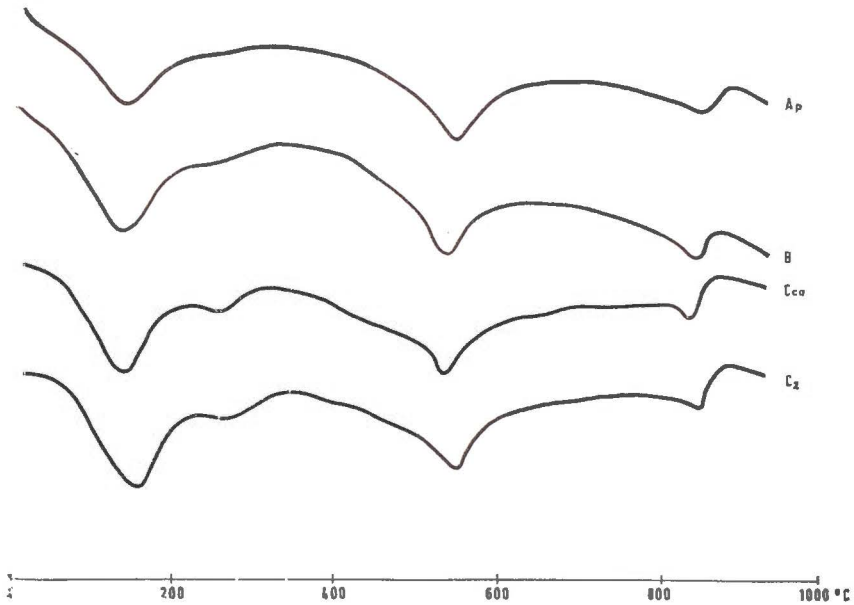


Fig. 1.—Curvas térmico diferenciales de las arcillas del perfil XII.

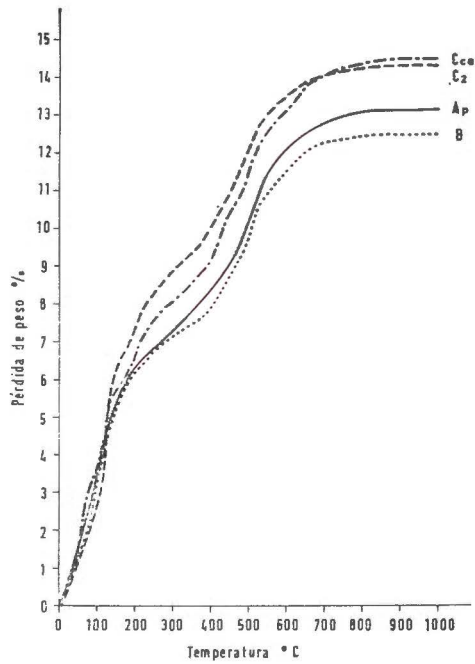


Fig. 2.—Curvas termogravimétricas de las arcillas del perfil XII.

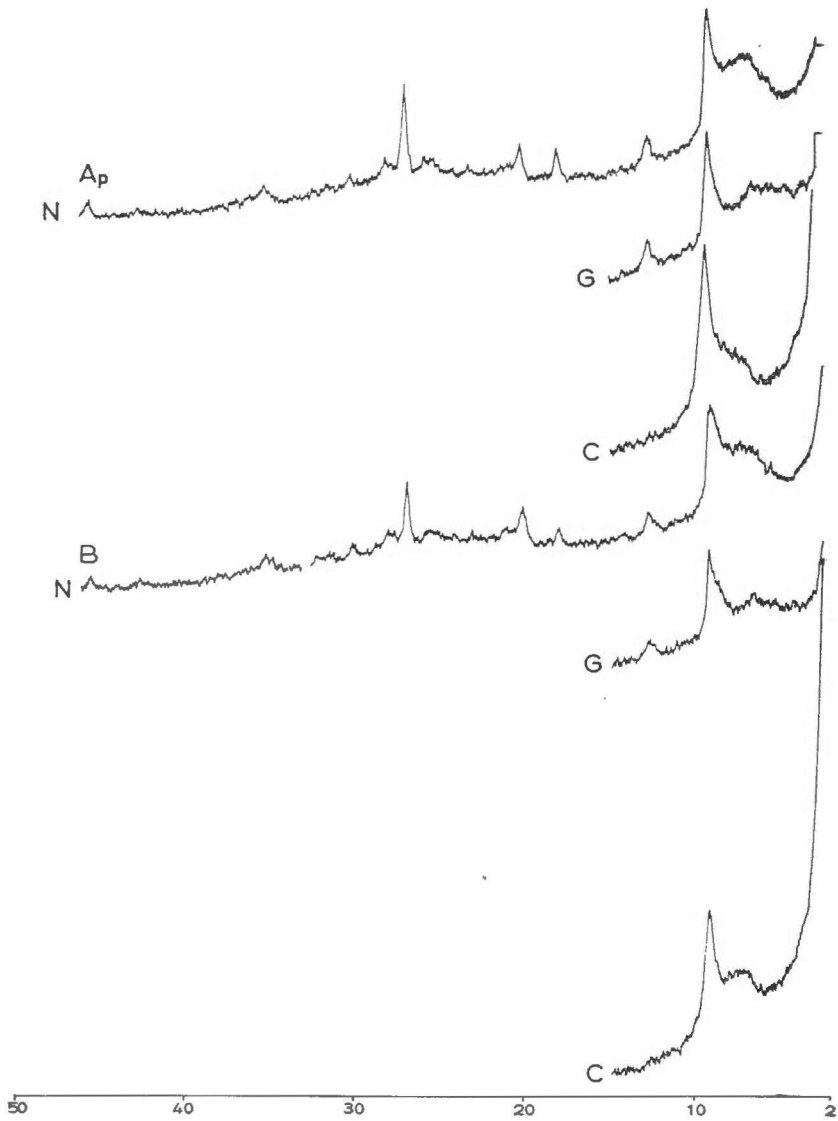


Fig. 3.—Difractogramas de las arcillas de los horizontes A_p y B del perfil XII

N: Agregado orientado de la muestra natural.

G: Agregado orientado de la muestra tratada con glicerol.

C: Agregado orientado de la muestra calentada a 500° C.

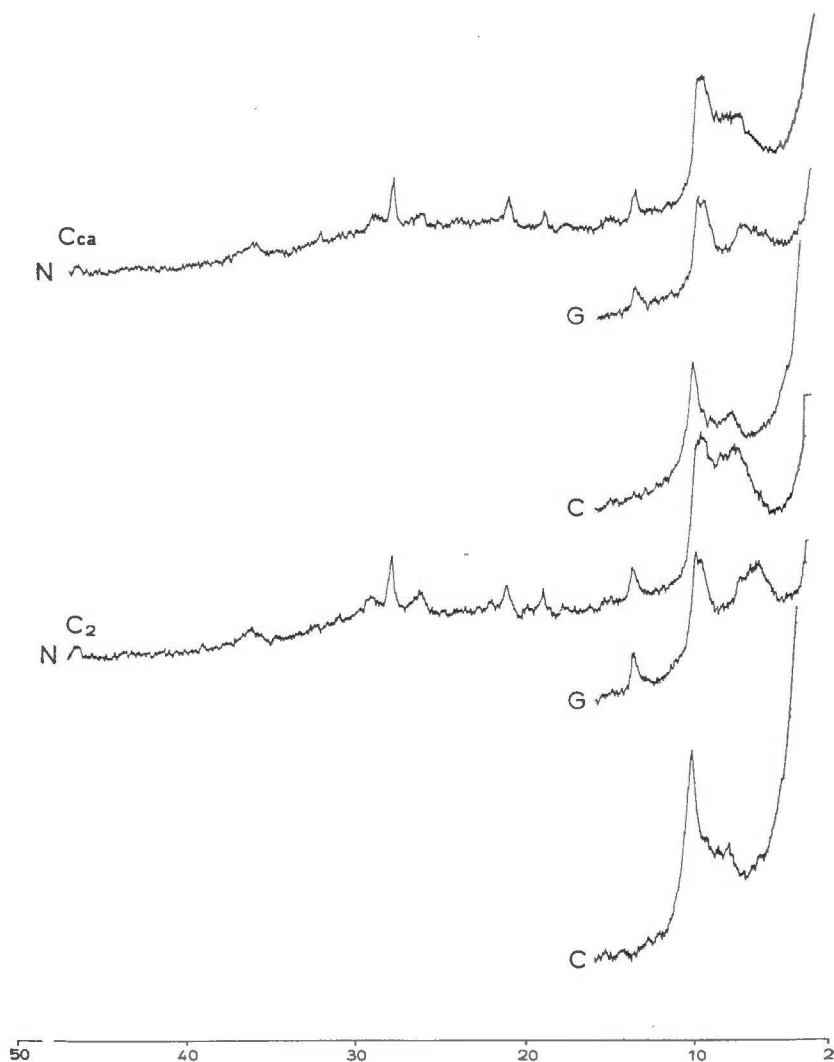


Fig. 4.—Difractogramas de las arcillas de los horizontes Cca y C₂ del perfil XII.

glicerol, los más definidos aparecen en algunas muestras a 17 Å. Además queda confirmado por el comportamiento de las muestras en el calentamiento a 500° C, dando diagramas con bandas o picos a 11-13 Å. Tanto la proporción de illita-montmorillonita como la de clorita-montmorillonita deben disminuir al ascender en el perfil. En la interestratificación clorita-montmorillonita el número de láminas de clorita debe ser elevado.

En todos los diagramas, excepto en los correspondientes al horizonte

superficial, se observa que la línea a 10 Å se encuentra desplazada hasta 10,2 Å o seguida de otro pico a 10,3-10,5 Å. Esto, junto con la presencia de pequeñas difracciones a 5,4 y 6,4 Å, ponen de manifiesto la presencia de atapulgita.

En todos los diagramas aparecen además las difracciones características de ilita y caolinita.

Perfil XVII. Suelo alóctono

Los valores de la capacidad de cambio de las arcillas de este perfil son bajos, oscilando entre 22,55 y 30,24 meq/100 g y correspondiendo los valores más altos a los horizontes B₂ y 2 C₂ (tabla III). Tienen contenido elevado en Fe₂O₃, que en parte debe encontrarse en estado amorfo, contenidos bajos en MgO y en K₂O y también son bajas las razones SiO₂/Al₂O₃.

En las curvas de análisis térmico diferencial se observa una gran homogeneidad a lo largo del perfil, presentando todas ellas un efecto de pequeña magnitud correspondiente a la eliminación del agua de hidratación y otro efecto a aproximadamente 560° C. Algunas de ellas presentan, además, otro pequeño efecto endotérmico alrededor de 300° C.

Las curvas termogravimétricas tienen pérdidas de peso correspondientes al agua de hidratación bajas, siendo ligeramente más elevada la del horizonte B₂, donde de acuerdo con los diagramas de difracción de rayos X existe proporción mayor de ilita-montmorillonita. Se observan pérdidas de peso en la zona correspondiente a la deshidratación de óxidos libres en todas las muestras, siendo más manifiesta en el horizonte 2 C₂.

Los difractogramas de las muestras naturales-Mg presentan, además de la línea a 10 Å, una banda a 11-14 Å en la que se insinúan máximos a 12 y 13 Å. Esta banda se modifica ligeramente por tratamiento con glicerol, permaneciendo un pico a 13,38 Å. La magnitud de esta modificación, que pone de manifiesto la existencia de ilita-montmorillonita, varía de unos horizontes a otros, siendo superior en los horizontes B₂ y 2 C₂. En el diagrama de las muestras calentadas a 500° C se definen dos pequeños picos a 11,62 y 13,38 Å, poniendo de manifiesto la existencia de interstratificaciones ilita-clorita; el segundo pico debe corresponder a un grado de interstratificación con predominio de láminas de clorita.

DISCUSIÓN

Secuencia de suelos del Valmusa

Se estudian cuatro perfiles de suelos desarrollados a partir del mismo material original: areniscas y arcillas con nódulos calizos. Dos de ellos son suelos hidromorfos: el perfil IX de Muñovela un suelo pardo pseudogleizado y el perfil VIII de Muñovela una vega parda. Se estudia

además un suelo rojo situado en ladera (perfil VII de Muñovela) y otro suelo en la parte llana que corresponde a un suelo pardo rojizo aluvio-coluvial (perfil X de Doñidos). La distribución de estos perfiles permite comparar la composición de la fracción arcilla de los suelos hidromorfos con la de los bordes próximos. La composición semicuantitativa se da en la tabla IV.

TABLA IV

Secuencia de suelos de Valmuza. Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla

Per	Hor.	Ilita %	Caolinita %	Montmorillonita %	Mins. Interestratificados	Mins. Accesorios
VII Muñovela suelo rojo	Ap	90	10	—	I — Mo, Mo — Cl	Cuarzo
	B ₂	85	10	5	Mo — Cl	Goethita
	B _{1ca}	80	10	10	Mo — Cl	Goethita
	B _{2ca}	80	10	10	Mo — Cl	Goethita
VIII Muñovela suelo de vega	A	90	10	—	I — Mo, I — Cl	Cuarzo
	B	85	10	5	I — Cl, Mo — Cl	Goethita
	Ca	80	10	10	I — Cl, Mo — Cl	Goethita
	2 C	80	10	10	I — Cl, Mo — Cl	Goethita
	2 Cg	80	10	10	Mo — Cl	Goethita
	3 Cg	75	10	10	Mo — Cl	Goethita
IX Muñovela suelo pardo pseudogleizado	A	85	15	—	I — Cl, I — Mo	Cuarzo
	B	85	15	—	I — Cl, I — Mo	Cuarzo
	Bcn	85	15	—	I — Cl, I — Mo	Goethita
	Bg	80	15	5	I — Cl, I — Mo, Mo — Cl	Goethita
	2 B	75	15	10	Mo — Cl	Goethita
X Doñidos Suelo pardo rojizo aluvio-coluvial	A ₁₁	95	5	—	I — Cl	Cuarzo, goethita
	A _{1a}	95	5	—	I — Cl	Cuarzo, goethita
	B	90	10	—	I — Cl, I — Mo, Mo — Cl	Cuarzo, goethita
	B ₂	90	10	—	I — Cl, I — Mo, Mo — Cl	Goethita
	C ₁	90	10	—	I — Cl, Mo — Cl	Goethita
	2 C ₁	90	10	—	I — Cl, Mo — Cl	Goethita
	2 G	90	10	—	I — Cl, Mo — Cl	Goethita

Como puede observarse los minerales constituyentes de la fracción arcilla son los mismos en los cuatro perfiles: ilita como mayoritario, caolinita en proporción baja, montmorillonita y/o montmorillonita-clorita, interestratificaciones de ilita-montmorillonita e ilita-clorita. El hecho más significativo es la distribución diferente de montmorillonita, montmorillonita-clorita y minerales interestratificados, en relación con el hidromorfismo.

En la composición de la arcilla de los horizontes C y C₁ siempre hay montmorillonita y/o montmorillonita-clorita, lo que hace pensar que am-

bos minerales proceden en estos suelos del sedimento, siendo por consiguiente heredados. Su persistencia o evolución en el suelo dependen de las características de éste, en este caso del hidromorfismo. La montmorillonita no es estable en los medios lavados, ni tampoco en los medios confinados de la sedimentación química básica, donde frecuentemente se encuentra en estado de «agradación», como en este caso, hacia clorita.

En el suelo rojo persiste la montmorillonita hasta el horizonte B₂ y la montmorillonita-clorita hasta el Ap, siendo por consiguiente más inestable la montmorillonita. El fenómeno de «agradación» montmorillonita-clorita debe invertirse de nuevo hacia la formación de montmorillonita.

En el suelo de vega y el suelo pardo rojizo aluvial hay montmorillonita o montmorillonita-clorita hasta el horizonte B, pero ya no persiste esta interstratificación hasta el horizonte A como en el suelo rojo anterior.

En el suelo pseudogleizado sólo hay montmorillonita-clorita en los dos horizontes inferiores. De lo que se deduce que la mayor edafización producida por el hidromorfismo da lugar a la degradación de la montmorillonita o montmorillonita-clorita.

La degradación de ambos minerales al ascender en el perfil aumenta en el siguiente orden:

Suelo rojo < suelo pardo rojizo aluvial = suelo de vega < suelo pseudogleizado.

El origen de las otras dos interstratificaciones que aparecen en estos suelos es diferente, no son heredadas sino formadas por degradación de ilita en la edafogénesis.

En el suelo rojo sólo hay interstratificación ilita-montmorillonita en el horizonte Ap, mientras que en el suelo de vega y el suelo pseudogleizado aparecen ilita-montmorillonita e ilita-clorita a lo largo de todo el perfil. El suelo pardo-rojizo aluvial ocupa una posición intermedia.

Se observa que en los suelos normales aparecen las interstratificaciones producto de la edafogénesis solamente en los horizontes superiores, mientras que en los suelos hidromorfos la humedad favorece las transformaciones por degradación de los minerales estables como ilita, dando lugar a interstratificaciones en todos los horizontes del perfil.

Asociación de suelos de la depresión de La Fuente de S. Esteban-Boadilla

Se estudian tres perfiles muy próximos. Los dos de La Fuente de San Esteban están desarrollados sobre areniscas y el de Boadilla sobre calizas. El XIII es un suelo pardo pseudogleizado situado en llano en depresión con drenaje interno y externo malo. El XIV es también un suelo pardo pseudogleizado situado en ladera suave con drenaje externo regular e interno malo.

La composición mineralógica cualitativa de la fracción arcilla es semejante ya que los minerales de la arcilla existentes deben ser en su totalidad heredados de la arenisca o caliza (tabla V). Hay ilita en proporción que oscila entre 50 y 75 por 100 y que disminuye al descender en el perfil, caolinita que varía entre 5-10 por 100, montmorillonita y/o montmorillonita-clorita, e interestratificación ilita-montmorillonita. En el perfil de Boadilla hay atapulgita en proporción que oscila entre 10-20 por 100.

TABLA V

*Asociación de suelos de la depresión de La Fuente de S. Esteban-Boadilla.
Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla*

Perfil	Hor.	Ilita %	Caolinita %	Mont- mori- llonita %	Mo — Cl %	Ata- pulgita %	Mins. Interestra- tificados	Mins. accesorios
XII Boadilla Suelo pardo calizo	Ap	75	5	—	20	—	I — Mo	—
	B	65	5	—	20	10	I — Mo	—
	Cca	50	5	—	25	20	I — Mo	—
	C	50	5	—	25	20	I — Mo	—
XIII La Fuente de San Esteban Suelo pardo pseudogleizado	A ₁₁	70	10	—	20	—	I — Mo	—
	A ₁₂	70	10	—	20	—	I — Mo	—
	Bg	70	10	—	20	—	I — Mo	—
	Bg ₂	60	10	—	30	—	I — Mo	—
	Gca	60	10	—	30	—	I — Mo	—
	2 C ₁ 2 C ₂	60 55	5 5	— —	35 40	— —	I — Mo I — Mo	— —
XIV La Fuente de San Esteban Suelo pardo pseudogleizado	Ap	70	15	15	—	—	I — Mo, Mo — Cl	Goethita
	B	70	10	20	—	—	Mo — Cl	Goethita
	Bg	60	10	30	—	—	Mo — Cl	—
	C ₁	60	10	30	—	—	Mo — Cl	—

Aunque la composición cualitativa es semejante, la evolución de los minerales a través del perfil es diferente de acuerdo con el hidromorfismo de cada perfil.

Tanto la atapulgita, como las interestratificaciones montmorillonita-clorita y montmorillonita-ilita deben existir en el sedimento, pudiendo haber sido heredadas por la cuenca de sedimentación o ser fruto de la transformación de montmorillonita por agradación en medio confinado. En ese mismo medio tiene lugar la formación de atapulgita.

En el perfil de Boadilla con pH alto en todos los horizontes (pH: 7,6-7,6-8,1-8,2) y con carbonatos persiste la atapulgita hasta el horizonte B, y las interestratificaciones montmorillonita-clorita e ilita-montmorillonita hasta el horizonte Ap sin cambiar el rumbo de la transfor-

mación hacia montmorillonita ya que el medio es favorable para su persistencia.

En el perfil XIII de La Fuente de San Esteban el pH, aunque alcalino, es más bajo (pH: 6,8-7,3-7,4-7,6-7,6-7,3-7,7) y no hay carbonatos en el perfil. La atapulgita no existe ni en los horizontes de alteración y las proporciones de montmorillonita-clorita e ilita-montmorillonita disminuyen al ascender en el perfil.

Por último en el perfil XIV de La Fuente de San Esteban, con pH menos alcalino que los otros (pH: 6,2-6,4-6,8-6,8) hay ya desde el horizonte mismo de alteración montmorillonita además de montmorillonita-clorita. Como ya se ha dicho, la interestratificación montmorillonita-clorita sólo evoluciona hacia clorita en medio confinado, así al pasar del sedimento al horizonte C₁ con pH = 6,8, no sólo desaparece la atapulgita, sino también la interestratificación montmorillonita-clorita evoluciona por degradación hacia montmorillonita.

Estas interestratificaciones clorita-montmorillonita e ilita-montmorillonita pudieron ser heredadas en la sedimentación y ser estables pasando posteriormente al suelo donde persisten debido al medio alcalino del mismo; o pudieron ser formadas por «agradación» de montmorillonita en la sedimentación y son estables en su medio de génesis o se transforman por degradación en medio menos alcalino.

La evolución de la fracción arcilla se ve que es producida por la mayor alteración química en los perfiles de La Fuente de San Esteban debido a la humedad permanente durante ciertos períodos del año que favorece la desintegración.

Secuencia de suelos del Tenebrilla

Se estudian dos perfiles desarrollados sobre el mismo material original, gravas y arcillas, uno situado en llano (perfil XV) con drenaje externo e interno malo y el otro en ladera suave con drenaje externo regular e interno malo. El primero corresponde a un suelo pardo gleyzado y el segundo a un suelo pardo pseudogleizado.

La composición mineralógica de la fracción arcilla de los dos perfiles es bastante semejante (tabla VI). Hay ilita (40-60 por 100), clorita (20-25 por 100) y caolinita (15-25 por 100) y además interestratificaciones de clorita-montmorillonita, ilita-montmorillonita e ilita-clorita.

Se observan en ambos perfiles una transformación por degradación ilita-montmorillonita que se manifiesta por la presencia de etapas intermedias como ilita-clorita, clorita y clorita-montmorillonita. Esta última etapa más avanzada, sólo es observable en el horizonte B_{g2} del perfil XVI, donde el pH desciende hasta 4,5, desapareciendo además en este horizonte el primer estado de alteración ilita-clorita.

En el perfil XV, con pH más alto, sólo se observan las dos primeras fases de la transformación, ilita-clorita y clorita, siendo la proporción de ilita-clorita a lo largo del perfil inferior que en el perfil XVI.

También cabe la posibilidad de que esta transformación ilita-clorita-montmorillonita proceda del sedimento y haya sido heredada por el

TABLA VI

Secuencia de suelos del Tenebrilla. Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla

Perfil	Hor.	Ilita %	Clorita %	Caolinita	Cl—Mo %	I—Cl %	Mins. Interestratificados	Mins. accesorios
XV	A	60	25	15	—	—	I—Mo, I—Cl	Cuarzo
Tenebrón	B ₁	60	20	20	—	—	I—Mo, I—Cl	Cuarzo
Suelo pardo	B ₂	60	20	20	—	—	I—Cl	Cuarzo
gleyzado	G	60	20	20	—	—	I—Cl	Cuarzo
	Ap	40	25	15	—	20	—	Cuarzo Goethita Gibsita
	E	40	25	15	—	20	—	Cuarzo Goethita Gibsita
XVI								
Tenebrón								Cuarzo
Suelo pardo	B	40	20	25	—	15	—	Goethita Gibsita
pseudogley- zado	B _g	40	20	25	—	15	—	Cuarzo Goethita Gibsita
	B _{g2}	60	—	20	20	—	—	Cuarzo Goethita Gibsita

suelo. De todas formas la evolución de estos minerales está influida por las condiciones de hidromorfismo que dan lugar a un pH inferior en el perfil XVI, siendo en este perfil donde el proceso de degradación de la ilita ha continuado por encontrar condiciones favorables para proseguir, condiciones que en este sentido no han sido favorables en el perfil XV donde el proceso se ha estabilizado.

Secuencia de suelos del Yeltes

Estos dos perfiles están desarrollados sobre el mismo material que los de Tenebrón, gravas y arcillas. El de Castraz es un suelo aloctono en llano con drenaje externo e interno malo y el de Sancti Spiritus es un planosuelo en llano.

La composición mineralógica de la fracción arcilla es bastante semejante: ilita (70-80 por 100), caolinita (15-30 por 100) e interestratificaciones de ilita-montmorillonita, ilita-clorita e ilita-vermiculita (tabla VII).

La proporción de ilita-clorita en Castraz es baja y constante a lo largo del perfil, mientras que en el perfil de Sancti Spiritus la proporción es superior y aumenta al ascender en el perfil, lo que puede indicar que en el primer caso esta interestratificación puede ser heredada mientras que en el perfil de Sancti Spiritus las transformaciones ilita-clorita e ilita-vermiculita y su presencia a lo largo del perfil están ligadas al hidromorfismo.

En el perfil de Castraz los minerales interestratificados es fácil que sean heredados por los diferentes horizontes del perfil ya que se trata de un suelo alóctono.

TABLA VII

Secuencia de suelos del Yeltes. Composición mineralógica semicuantitativa de la fracción arcilla

Perfil	Horizonte	Iilita %	Caolinita %	Mins. Interestratificados	Mins. Accesorios
XVII Castraz	Ap	85	15	I — Mo, I — Cl	Cuarzo
	B ₁	85	15	I — Mo, I — Cl	Cuarzo
	B ₂	80	20	I — Mo, I — Cl	Goethita
Suelo alóctono	2 C ₁	80	20	I — Mo, I — Cl	Goethita
	2 C ₂	75	25	I — Mo, I — Cl	Goethita
XVIII Sancti Spiritus	Ap	80	20	I — Cl, I — V	Cuarzo
	Bw	80	20	I — Cl, I — V	Cuarzo
	Bcs	75	25	I — Cl, I — V	Cuarzo goethita
Planosuelo	Bg	75	25	I — Cl, I — V	Goethita
	Cg	75	25	I — Cl	Goethita
	Cg ₂	70	30	I — Cl	Goethita

Si se compara el planosuelo de Sancti Spiritus con los suelos hidromorfos de Tenebrón se observa que la transformación por degradación ilita-montmorillonita era más avanzada en los suelos gleyzados y pseudo-gleyzados y que aunque el pH en el planosuelo y en el gley es aproximadamente igual, sin embargo la transformación ha progresado más en el segundo por ser la humedad permanente a lo largo del perfil, mientras que en el planosuelo es temporal.

RESUMEN

Se ha realizado un estudio comparativo entre la composición mineralógica y evolución de la fracción arcilla en suelos hidromorfos y en suelos de los bordes próximos, pertenecientes a cuatro secuencias o asociaciones de suelos de la depresión Salamanca-Ciudad Rodrigo. Se concluye que la transformación por degradación de minerales estables, tales como ilita, que dan lugar a interestratificaciones ilita-vermiculita, ilita-clorita o ilita-montmorillonita, se intensifica a medida que aumenta el carácter hidromorfo del suelo. Así, en los suelos normales estos minerales de láminas mezcladas sólo

aparecen en los horizontes superiores, mientras que en los suelos hidromorfos existen a lo largo de los distintos horizontes del perfil.

*Centro de Edafología y Biología
Aplicada de Salamanca*

BIBLIOGRAFÍA

- LEDESMA, M. y SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1976). Composición y evolución de la fracción arcilla en suelos hidromorfos de zonas semiáridas. II. Suelos pseudogleyizados. An. Edaf. Agrobiol. (En prensa.)
- SÁNCHEZ CAMAZANO, M. y LEDESMA, M. (1976). Composición y evolución de la fracción arcilla en suelos hidromorfos de zonas semiáridas. III. Suelos de vega, gleyizados y planosuelos. An. Edaf. Agrobiol. (En prensa.)

Recibido para publicación en 14-XI-76.

INFLUENCIA DEL SULFATO MAGNESICO EN LA PRODUCCION Y CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES DE PLANTAS DE TOMATE SOMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO SODICO MAS CLORURO CALCICO

por

M.ª P. SANCHEZ CONDE

SUMMARY

INFLUENCE OF SO_4Mg ON THE PRODUCTION AND MINERAL ELEMENTS CONTENT OF TOMATO PLANT CULTIVATED WITH DIFFERENT CONCENTRATIONS OF $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$

It is studied in hidroponic medium the action of doses of 4-12-20 m.e. Mg/l of nutritive solution applied with doses of 68-102-136 m.e. $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$ in 1/1 relation, on the production and contents of mineral elements on the tomato plant.

With some doses of magnesium it is obtained a increase in the yield of fruit. This increase in some cases reach a 38.8 %.

We observed a mutual influence of magnesium and calcium on its absorption. The influence of magnesium has been observed in the absorption of sodium and manganese. The plants with lower contents in these elements are obtained with the application of the doses of 12 or 20 m.e. magnesium to the culture.

La salinidad producida por el cloruro sódico actúa sobre la planta de tomate produciendo una serie de trastornos en el metabolismo vegetal que se traducen en la planta en síntomas visuales característicos y en una menor producción.

En un trabajo anterior (9), en el que estudiamos el efecto beneficioso del magnesio sobre las plantas de tomate sometidas a concentraciones elevadas de cloruro sódico, hemos podido demostrar que algunas dosis aplicadas al cultivo, tienen gran influencia sobre el aumento de rendimiento y en la disminución de los síntomas de salinidad.

Una vez estudiado el efecto del magnesio cuando en el medio nutritivo la salinidad es debida exclusivamente a cloruro sódico, pasamos a estudiar en el presente trabajo el efecto del magnesio cuando la salinidad es debida a una mezcla de $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$.

PARTE EXPERIMENTAL

En el presente experimento, la salinidad en el cultivo se produce mediante la aplicación de una mezcla de $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$ en la rela-

ción 1/1, utilizando concentraciones de cada una de estas sales de 34, 51 y 68 m. e./l., lo que hace una concentración total de 68, 102 y 136 m. e. de cloro/l., las mismas concentraciones que se utilizaron en el experimento anterior, en el que se estudió el efecto de la salinidad producida por el cloruro sódico. A cada uno de los niveles arriba indicados se aplican las dosis de 4, 12 y 20 m. e. de magnesio en forma de $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, por litro de solución nutritiva.

Los experimentos se realizan en invernadero, con planta de tomate en cultivo hidropónico, empleando tiestos con 8 kg. de arena de sílice a la cual se aplica la solución nutritiva. Todos los tiestos se someten a un lavado semanal con objeto de mantener la concentración de las soluciones utilizadas y evitar la posible acumulación de sales que pudieran producirse en la superficie de la sílice.

Se planta directamente en los tiestos un golpe de semilla, después de brotar, se seleccionan las plantas para dejar una sola. Se riegan con solución nutritiva Hoagland y Snyder hasta que las plantas tienen unos 10 cm. de altura, en cuyo momento se procede a la aplicación de los tratamientos salinos, pero con una concentración del 50 por 100 de la que se utilizará en el experimento. Al cabo de unos doce días, se procede a la aplicación de los tratamientos definitivos.

El cultivo se realiza hasta el final del ciclo vegetativo. La recolección de la planta se efectúa en diciembre, separando diversas partes de la misma: hojas, hojas viejas, tallo, brotes e inflorescencia, para realizar su análisis. Se efectúan las determinaciones de N-P-K-Ca-Mg-Na-Fe-Mn-Zn sobre muestra desecada en estufa a 75-80°.

De cada tratamiento se ensayan 4 repeticiones.

Las soluciones nutritivas constan de una serie de sales cuyas concentraciones se mantienen constantes para todos los tratamientos, éstas son: NO_3K 0,51 gr/l. = 5 m. e./l.; $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ 0,82 gr/l. = 10 m. e./l.; $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 0,094 gr/l. = 3 m. e. de PO_4 /l. y microelementos. Contienen además otras sales (ClNa , Cl_2Ca , $\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) cuya concentración varía y que viene indicada en la tabla I.

TABLA I

Concentraciones en m. e./l. y gr./l. en los distintos tratamientos utilizados

ClNa		Cl_2Ca		$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
m. e./l	gr./l	m. e./l	gr./l	m. e./l	gr./l
34	1,989	34	1,887	4	0,49
34	1,989	34	1,887	12	1,47
34	1,989	34	1,887	20	2,45
51	2,983	51	2,830	4	0,49
51	2,983	51	2,830	12	1,47
51	2,983	51	2,830	20	2,45
68	3,978	68	3,774	4	0,49
68	3,978	68	3,774	12	1,47
68	3,978	68	3,774	20	2,45

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos con diferentes niveles de magnesio

Los diferentes tratamientos de magnesio aplicados al tomate actúan con diferente intensidad en las partes aéreas de la planta, acusándose una dependencia entre las dosis aplicadas al cultivo, y los pesos de las diferentes partes en que se ha separado la planta. Así, para las hojas viejas e inflorescencia (tabla III) el máximo peso húmedo se produce con 20 m. e. Mg/l. sol, mientras para los tallos y brotes es el nivel de 4 m. e. Mg/l. sol, el que produce el mayor peso.

Considerando el peso seco, el tratamiento de 20 m. e. Mg/l. es el que produce el peso máximo para todas las partes de la planta, excepto para el brote.

La influencia de los tratamientos de magnesio se acusa perfectamente en el contenido mineral de los distintos elementos de la parte aérea del tomate. Al elevarse la concentración de magnesio en el tratamiento, se produce una disminución en el contenido de potasio, calcio y sodio en todas las partes de la planta (tabla III).

Las relaciones K/Ca y K/Na son más elevadas en las plantas sometidas a los tratamientos más altos de magnesio, esto nos indica que la influencia del magnesio es mayor en la absorción del calcio y sodio que para el potasio. La acción del magnesio sobre el sodio es mayor que sobre el calcio, como se indica en las últimas columnas de esta tabla III donde queda representada la disminución en % que experimenta el contenido en calcio y sodio de la planta al ser sometida a tratamientos de magnesio de concentración superior a la normal (4 m. e. Mg/l.).

*Tratamientos con diferentes niveles de calcio, sodio y magnesio**Hojas*

En muchos tratamientos, el peso máximo húmedo y seco (tabla II) se produce con el nivel de 12 m. e. de Mg/l. sol, donde se obtienen aumentos de peso húmedo de 14,7 por 100, 65,1 por 100 y 23,2 por 100 respecto al nivel de 4 m. e. de Mg.

La cantidad de magnesio del medio exterior influye en todos los casos en el contenido de magnesio en las hojas (tabla IV).

La influencia del magnesio en el contenido de calcio en la planta se pone de manifiesto en todos los tratamientos, las plantas tratadas con 4 m. e. Mg/l. sol poseen siempre más contenido en calcio que las producidas con concentraciones más elevadas de magnesio.

El efecto del magnesio se manifiesta produciendo una disminución de absorción de sodio por la planta para los niveles de 34 y 51 m. e. de sodio del medio de cultivo. Con el nivel de sodio más alto, se produce un efecto de sinergismo.

La relación C/A experimenta un brusco descenso desde las plantas

TABLA II

Peso en gramos de las distintas partes aéreas y fruto de la planta de tomate

Tratamiento m.e./l.			Peso en gramos										
			Fruto Hum.	Tallo		Hoja		Hoja Vieja		Brote		Inflorescencia	
Na	Ca	Mg		Hum.	Seco	Hum.	Seco	Hum.	Seco	Hum.	Seco	Hum.	Seco
34	34	4	139,0	70,8	14,9	58,5	6,5	53,2	8,3	6,2	0,8	5,6	0,9
34	34	12	112,5	92,4	13,9	67,1	8,6	47,4	5,8	7,8	2,2	3,6	0,6
34	34	20	193,0	58,2	11,3	43,8	5,7	60,6	7,7	18,1	2,3	4,1	0,8
51	51	4	123,5	55,4	10,4	47,9	5,5	60,6	8,4	9,5	1,1	3,4	0,6
51	51	12	63,0	72,2	13,8	79,1	8,8	66,5	7,5	13,4	1,8	3,2	0,4
51	51	20	34,0	64,9	11,7	75,2	8,0	74,2	8,0	11,3	1,3	4,5	0,6
68	68	4	96,5	56,9	9,7	61,1	6,6	62,7	6,9	5,8	0,8	4,1	0,6
68	68	12	114,0	61,3	7,6	75,3	6,6	82,0	8,2	3,4	0,5	4,2	0,4
68	68	20	62,5	41,8	8,0	36,5	5,0	34,9	5,8	7,2	0,9	2,8	0,5

TABLA III

Peso en gramos y contenido mineral de las distintas partes aéreas de la planta de tomate tratada con diferentes dosis de magnesio

Trat. Mg m.e./l	Parte planta anal.	%						p. p. m.			Σ C	Σ A	C/A	K/Ca	K/Na	— Δ %		Peso en gr.	
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn						Ca	Na	Húm.	Seco
4	Hojas	2,4	0,24	5,1	2,6	1,17	0,16	91	65	37	9,03	2,64	3,4	1,95	31,87			131,6	17,2
12	»	2,5	0,26	4,4	1,8	3,02	0,07	64	72	29	9,27	2,76	3,3	2,44	62,85	30,8	56,3	147,2	18,4
20	»	2,3	0,23	4,1	1,0	2,20	0,04	93	47	36	7,34	2,53	2,8	4,10	102,50	61,6	75,0	139,5	20,4
4	H. viejas	2,4	0,24	5,0	3,4	1,31	0,13	78	91	42	9,84	2,64	3,7	1,47	38,46			104,9	14,0
12	»	2,2	0,24	4,1	1,8	2,78	0,07	64	74	41	8,75	2,44	3,5	2,27	58,57	47,1	46,2	72,3	10,0
20	»	1,6	0,19	3,7	1,7	2,38	0,03	120	85	43	7,81	1,79	4,3	2,17	123,33	50,0	77,0	118,8	16,9
4	Tallo	1,6	0,26	3,7	1,2	0,59	0,05	33	20	30	5,48	1,86	2,8	3,24	68,81			175,2	28,6
12	»	1,3	0,28	3,5	0,5	1,06	0,03	41	15	20	5,04	1,58	3,1	7,60	125,00	59,7	47,2	149,9	23,0
20	»	1,4	0,26	2,5	0,23	0,65	0,01	36	10	21	3,39	1,66	2,0	10,86	192,30	79,9	75,5	147,7	31,9
4	Brotos	3,5	0,43	4,4	1,2	0,76	0,11	126	46	53	6,47	3,93	1,6	3,66	40,00			12,7	1,7
12	»	3,5	0,45	4,5	0,7	1,42	0,06	78	40	40	6,68	3,95	1,6	6,42	75,00	41,7	46,5	10,8	1,6
20	»	2,5	0,43	3,9	0,4	0,99	0,05	58	29	41	5,34	2,93	1,8	9,75	78,00	66,7	54,6	7,9	1,1
4	Infloresc.	2,0	0,32	3,0	1,0	0,54	0,09	112	25	62	4,63	2,32	1,9	3,00	32,25			6,4	1,1
12	»	1,4	0,25	2,8	0,7	1,26	0,05	63	25	38	4,80	1,65	2,9	4,00	57,14	30,0	47,4	7,6	1,2
20	»	1,6	0,31	2,9	0,5	1,22	0,02	58	25	38	4,64	1,91	2,4	5,80	145,00	50,0	78,4	8,8	1,3

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

— Δ = Disminución en %.

TABLA IV

Contenido mineral de las hojas de tomate sometido a diferentes dosis de magnesio, calcio y sodio

Tratamiento m.e./l			%						p. p. m.			Σ C	Σ A	C/A	Σ C mv	Σ C dv	Cmv/Cdv
Mg	Na	Ca	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn						
4	34	34	2,3	0,13	4,3	5,1	0,43	2,5	52	69	63	12,33	1,43	8,6	6,8	5,5	1,2
12	34	34	2,5	0,15	4,6	4,1	0,75	1,9	71	74	59	11,35	2,65	4,2	6,5	4,9	1,3
20	34	34	2,5	0,14	3,7	4,3	1,10	2,1	75	75	52	11,20	2,64	4,2	5,8	5,4	1,0
4	51	51	2,1	0,13	4,1	6,1	0,41	3,2	56	76	55	13,31	2,23	6,1	7,3	6,5	1,1
12	51	51	2,1	0,14	4,5	4,8	0,74	2,1	70	66	47	12,14	2,24	5,4	6,6	5,5	1,1
20	51	51	2,4	0,15	4,7	3,8	0,86	1,6	57	50	43	10,96	2,55	4,2	6,3	4,7	1,3
4	68	68	2,4	0,15	4,4	5,4	0,40	1,8	65	65	47	12,00	2,55	4,7	6,2	5,8	1,0
12	68	68	2,1	0,15	3,6	5,0	0,67	2,2	91	60	65	11,47	2,25	5,1	5,8	5,7	1,0
20	68	68	2,3	0,14	4,2	5,0	0,83	2,9	77	66	49	12,93	2,44	5,2	7,1	5,8	1,2

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

Σ C mv = Cationes monovalentes.

Σ C dv = Cationes divalentes.

producidas con 4 m. e. Mg/l. sol, a las obtenidas con el resto de los tratamientos, cuyas relaciones adquieren el mismo valor.

A pesar de las variaciones en el contenido de calcio, magnesio y sodio en las hojas, la relación cationes monovalentes/cationes divalentes, se conserva siempre entre límites muy próximos (tabla IV).

Los tratamientos de magnesio producen su máximo efecto para las concentraciones de 51 m. e. Ca + 51 m. e. Na, para las cuales, al aumentar el magnesio del cultivo se produce una disminución de la suma de cationes, relación C/A, relación cationes divalentes/cationes monovalentes, suma cationes monovalentes, suma cationes divalentes.

Para los tratamientos de sodio y calcio más elevados (68 m. e./l.), al aplicar concentraciones más elevadas de magnesio, no se produce en las hojas siempre una disminución sistemática en el contenido de cationes y en las relaciones de los mismos, como sucede con los tratamientos, menos elevados de sodio y calcio.

La tabla V representa la disminución de contenido en % de calcio y sodio de las diferentes partes de las plantas tratadas con niveles de magnesio superiores a 4 m. e. de Mg/l. sol. con respecto a esta concentración, en ella podemos observar cómo el efecto mayor del magnesio se produce para las plantas cultivadas con concentraciones de 51 m. e. Ca + 51 m. e. Na/l.

El contenido de magnesio de las hojas de las plantas tratadas con concentraciones fijas de magnesio y niveles cada vez más elevados de calcio y sodio (tabla VI), experimenta una disminución sistemática. En cambio, esta disminución se produce para el potasio solamente en los niveles de 12 m. e. Mg.

Hojas viejas

El mayor peso de hojas viejas se produce con 20 m. e. de Mg. para los tratamientos de 34 y 51 m. e. de calcio y sodio (tabla II). Los diferentes tratamientos prácticamente no tienen efecto sobre el contenido de nitrógeno y fósforo de las hojas viejas. El contenido de elementos minerales tiene diferencias con respecto al resto de las hojas analizadas (tabla VII).

Para los tratamientos de calcio y sodio y con todos los niveles de magnesio, se produce una mayor acumulación de calcio, magnesio y, sobre todo, de hierro y manganeso, y una disminución en el contenido de nitrógeno y potasio en las hojas viejas con respecto al resto de las hojas. Estos resultados dan como consecuencia el que la relación C/A sea mucho más elevada en las hojas viejas que en las jóvenes. La suma de cationes experimenta un descenso para los diferentes niveles de magnesio aplicados al cultivo.

La influencia de la concentración de magnesio, sobre el contenido de calcio y sodio de las hojas, se manifiesta intensamente para las concentraciones de 51 m. e. de calcio y sodio del medio exterior. En estos tratamientos se llega a producir una disminución de 33,3 y 32,8 para calcio y sodio, respectivamente, al añadir magnesio al medio de cultivo (tabla V).

Si consideramos los datos obtenidos con los tratamientos de dis-

TABLA V

Disminución en tanto por ciento del contenido en calcio y sodio en las distintas partes de la planta de tomate sometida a diferentes concentraciones de magnesio

Tratamiento m.e./l.			- Δ %									
			Hoja		Hoja vieja		Brote		Tallo		Inflorescencia	
Mg	Ca	Na	Na	Ca	Na	Ca	Na	Ca	Na	Ca	Na	Ca
12	34	34	24,0	19,6	30,8	18,9	14,2	6,8	12,5	7,6	17,5	16,0
20	34	34	16,0	15,6	13,5	17,2	+ 6,7	0,0	15,0	23,0	18,5	22,7
12	51	51	34,3	21,3	13,2	21,7	47,7	43,4	23,3	16,6	34,5	+ 23,8
20	51	51	50,0	37,7	32,8	33,3	61,3	52,1	39,3	33,3	32,7	4,7
12	68	68	+ 2,2	7,4	0,9	6,4	+ 16,3	48,2	+ 31,1	0,0	+ 12,2	13,0
20	68	68	+ 61,2	7,4	+ 30,4	1,6	57,9	+ 34,4	+ 37,7	33,3	+ 48,8	8,6

- Δ = Disminución.

Los números precedidos de + indican aumento.

TABLA VI

Contenido mineral de las distintas partes aéreas de la planta de tomate tratada con diferentes niveles de calcio más sodio

Tratamiento m.e./l.			%											
			Hoja				Hoja vieja				Tallo			
Mg	Ca	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na
4	34	34	4,3	5,1	0,43	2,5	3,6	5,8	0,53	2,14	2,8	1,3	0,27	0,80
4	51	51	4,1	6,1	0,41	3,2	3,7	6,9	0,51	2,71	3,1	1,8	0,26	1,07
4	68	68	4,4	5,4	0,40	1,8	3,9	6,2	0,53	2,07	2,4	2,1	0,29	0,90
12	34	34	4,6	4,1	0,75	1,9	4,0	4,7	0,92	1,48	3,0	1,2	0,46	0,70
12	51	51	4,5	4,8	0,74	2,1	4,1	5,4	0,85	2,35	2,7	1,5	0,45	0,82
12	68	68	3,6	5,0	0,67	2,2	3,2	5,8	0,87	2,05	2,1	2,1	0,53	1,18
20	34	34	3,7	4,3	1,10	2,1	3,3	4,8	1,26	1,85	2,8	1,0	0,59	0,68
20	51	51	4,7	3,8	0,86	1,6	4,1	4,6	1,01	1,82	2,3	1,2	0,55	0,65
20	68	68	4,2	5,0	0,83	2,9	3,8	6,1	1,00	2,70	3,0	1,4	0,59	1,24

TABLA VII

Contenido mineral de las hojas viejas de tomate sometido a diferentes dosis de magnesio, calcio y sodio

Tratamiento m.e./l.			%						p. p. m.					Na + Ca	
Mg	Ca	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Σ C	Σ A	C/A	
4	34	34	1,5	0,10	3,6	5,8	0,53	2,14	175	101	60	12,07	1,60	7,5	7,94
12	34	34	1,7	0,12	4,0	4,7	0,92	1,48	113	98	95	11,10	1,82	6,0	6,18
20	34	34	1,7	0,12	3,3	4,8	1,26	1,85	116	97	47	11,21	1,82	6,1	6,65
4	51	51	1,6	0,10	3,7	6,9	0,51	2,71	97	101	56	13,82	1,70	8,1	9,61
12	51	51	1,5	0,12	4,1	5,4	0,85	2,35	82	77	44	12,70	1,62	7,8	7,75
20	51	51	1,8	0,13	4,1	4,6	1,01	1,82	86	72	38	11,53	1,93	5,9	6,42
4	68	68	1,7	0,11	3,9	6,2	0,53	2,07	127	88	52	12,70	1,81	7,0	8,27
12	68	68	1,6	0,11	3,2	5,8	0,87	2,05	115	91	40	11,92	1,71	6,9	7,85
20	68	68	1,7	0,11	3,8	6,1	1,00	2,70	147	91	53	13,60	1,81	7,1	8,80

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

tintas concentraciones de calcio + sodio, conservando constante el nivel de magnesio, las variaciones experimentadas en el contenido de potasio, calcio, magnesio y sodio de las hojas viejas (tabla VI) no parecen guardar relación con los tratamientos aplicados, lo que nos confirma que esta parte del vegetal no es indicativa de los diferentes tratamientos a los cuales ha estado sometida la planta en este experimento.

Brotos

Se observa un efecto beneficioso de la concentración de magnesio del medio de cultivo en el desarrollo de los brotes; éstos en general tienen más peso para los niveles más altos de magnesio (tabla II).

El contenido de nitrógeno (tabla VIII) acusa un aumento para los tratamientos más elevados de calcio + sodio.

Se manifiesta con más intensidad la acción del magnesio en el contenido de sodio del brote, que en contenido de calcio (tabla V). Considerando los datos de $\Sigma \text{Ca} + \text{Na}$, se observa como en los tratamientos de 51 y 68 m. e. de calcio y sodio se produce una clara disminución a medida que las aplicaciones de magnesio a la planta son más elevadas.

Tallo

Para todos los tratamientos es con el nivel de 12 m. e. de magnesio, donde se produce el mayor peso (tabla II).

La influencia del magnesio del medio de cultivo (tabla IX) no se acusa en el nitrógeno y fósforo del tallo.

La proporción de manganeso del tallo disminuye sistemáticamente con el aumento de magnesio del medio exterior; esto mismo se puede aplicar para el contenido de zinc en la mayoría de los casos.

La relación K/Ca aumenta en todos los tratamientos al elevarse el magnesio del medio exterior, debido a la acción inhibitoria del magnesio sobre el calcio, impidiendo que se acuse en el tallo el antagonismo Ca-K.

Los tratamientos de magnesio aplicados a la planta producen en el tallo de la misma (tabla V) una disminución en su contenido en calcio y sodio que en las concentraciones que producen más efecto, llegan a disminuir su contenido en un 39,3 por 100 de sodio y 33,3 por 100 de calcio.

Para el nivel más alto de sodio y calcio (68 m. e.) aplicado a la planta los tratamientos de magnesio no sólo no producen un descenso en el contenido de sodio del tallo, sino que se acusa un gran aumento (37,7 por 100) con respecto a los tallos de las plantas obtenidas con el nivel normal de magnesio.

Inflorescencia

Los tratamientos de magnesio, para los distintos niveles de calcio + sodio utilizados en el cultivo de tomate, producen inflorescencias de

TABLA VIII

Contenido de elementos minerales de los brotes de la planta de tomate sometida a diferentes dosis de magnesio, calcio y sodio

Tratamiento m.e./l.			%						p. p. m.					Ca + Na	
Mg	Ca	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Σ C	Σ A	C/A	
4	34	34	2,9	0,30	4,4	2,9	0,33	1,62	100	51	53	9,3	3,2	2,8	4,5
12	34	34	2,7	0,27	4,3	2,7	0,75	1,39	84	53	54	9,4	2,9	3,2	4,1
20	34	34	2,8	0,25	3,8	2,9	0,85	1,73	163	71	51	9,3	3,1	3,0	4,6
4	51	51	2,6	0,23	3,9	4,6	0,34	2,43	111	74	48	11,3	2,3	3,9	7,0
12	51	51	2,8	0,30	4,3	2,6	0,49	1,27	162	46	42	8,7	3,1	2,7	3,9
20	51	51	3,1	0,31	4,5	2,2	0,58	0,94	91	37	45	8,2	3,4	2,4	3,1
4	68	68	3,4	0,33	4,5	2,9	0,31	6,11	97	45	55	13,9	3,7	3,7	9,0
12	68	68	3,0	0,37	4,0	1,5	0,35	6,20	142	25	62	12,1	3,4	3,5	7,7
20	68	68	3,1	0,27	4,2	3,9	0,68	2,57	102	50	51	11,4	3,4	3,3	6,5

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

TABLA IX

Contenido de elementos minerales del tallo de la planta de tomate sometida a diferentes dosis de magnesio, calcio y sodio

Tratamiento m.e./l.			%						p. p. m.			Σ C	Σ A	C/A	K/Ca
Mg	Ca	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn				
4	34	34	1,5	0,17	2,8	1,3	0,27	0,80	41	19	88	5,2	1,7	3,0	2,15
12	34	34	1,5	0,18	3,0	1,2	0,46	0,70	47	17	31	5,4	1,8	3,1	2,50
20	34	34	1,3	0,18	2,8	1,0	0,59	0,68	42	16	27	5,1	1,5	3,4	2,80
4	51	51	1,5	0,16	3,1	1,8	0,26	1,07	32	20	42	6,2	1,7	3,7	1,72
12	51	51	1,4	0,14	2,7	1,5	0,45	0,82	27	15	29	5,5	1,5	3,5	1,80
20	51	51	1,4	0,15	2,3	1,2	0,55	0,65	31	15	27	4,7	1,6	3,0	1,91
4	68	68	1,5	0,11	2,4	2,1	0,29	0,90	31	20	36	5,7	1,6	3,6	1,14
12	68	68	1,3	0,12	2,1	2,1	0,53	1,18	32	19	50	5,9	1,4	4,1	1,00
20	68	68	1,6	0,19	3,0	1,4	0,59	1,24	20	16	39	6,2	1,8	3,4	2,14

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

TABLA X

Contenido de elementos minerales de la inflorescencia de la planta de tomate sometida a diferentes dosis de magnesio, calcio y sodio

Tratamiento m.e./l.			%						p. p. m			Σ C	Σ A	Ca + Na	Ca + Na	C/A
Mg	Ca	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn					
4	34	34	1.9	0.31	3.2	2.2	0.24	0.97	88	32	66	6.6	2.2	3.17	13.2	2.9
12	34	34	2.1	0.27	3.3	1.9	0.45	0.80	88	38	66	6.5	2.4	2.70	6.0	2.7
20	34	34	1.5	0.15	2.6	1.7	0.48	0.79	181	25	50	5.6	1.7	2.49	5.2	3.3
4	51	51	1.8	0.17	2.6	2.1	0.21	1.13	117	38	54	6.0	1.9	3.23	15.3	3.0
12	51	51	2.0	0.25	3.3	2.6	0.43	0.74	75	50	50	7.1	2.3	3.30	7.7	3.1
20	51	51	1.9	0.20	3.3	2.0	0.53	0.76	84	44	50	6.6	2.1	2.80	5.2	3.1
4	68	68	1.7	0.23	2.8	2.3	0.21	0.90	100	47	50	6.2	1.9	3.20	15.2	3.2
12	68	68	1.6	0.18	2.5	2.0	0.31	1.01	75	42	62	5.8	1.8	3.00	9.7	3.2
20	68	68	1.9	0.18	3.1	2.1	0.44	1.34	70	53	53	6.9	2.1	3.40	7.8	3.3

Σ C = Suma de cationes.

Σ A = Suma de aniones.

distinto peso (tabla II), que no parece guardar ninguna relación con el tratamiento aplicado. En general con las concentraciones de 34 m. e. de calcio y sodio, al ser sometida la planta a dosis más elevadas de magnesio, se acusa una tendencia a disminuir el contenido de calcio y sodio de la inflorescencia, esta tendencia se aprecia mejor en la $\Sigma \text{Ca} + \text{Na}$, al mismo tiempo, como la inflorescencia responde a la aplicación de magnesio, la relación $\text{Ca} + \text{Na}/\text{Mg}$ va adquiriendo valores cada vez más bajos al ir aumentando el magnesio de la solución de cultivo (tabla X). La relación C/A adquiere valores mucho más elevados que con la solución nutritiva normal, observándose variaciones muy ligeras sobre todo para los niveles altos de calcio + sodio en la solución.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Tanto en los tratamientos de sulfato magnésico independientemente (tabla III), como en aquellos en que esta sal se ha aplicado conjuntamente con ClNa y Cl_2Ca (tablas IV-VIII) se observa que los tejidos viejos (hojas) poseen más contenido en magnesio que los tejidos jóvenes (brotes). Estos mismos resultados los ha obtenido Holt (4) experimentando con espinacas. Con respecto al calcio, se puede hacer la misma observación (13); este elemento, debido a su poca movilidad, se acumula en las hojas de preferencia a los brotes.

Al efectuar la comparación de contenido en fósforo de las plantas obtenidas en un medio salino (tratamientos de $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$, tablas IV-VII-VIII-IX-X) con las que se producen con solución nutritiva normal (tabla III), se observa como aquéllas poseen menos fósforo que las cultivadas con la solución normal, resultados que han sido también encontrados por Ashour (1) con plantas de girasol. Cuando las plantas se cultivan en medios salinos, debido a que se aumenta la respiración de los tejidos (2), se producen, según H. Porath (3), una serie de disturbios en la oxidación fosforilativa, produciendo una disminución en el contenido de adenosín trifosfato de la planta, que da como resultado las variaciones en contenido en fósforo observadas en los experimentos.

Los distintos niveles de magnesio utilizados en el experimento tienen influencia en el contenido de manganeso de las diferentes partes de la planta (tabla III); se acusa una tendencia a disminuir el manganeso en la misma, cuando las concentraciones de magnesio del medio exterior se van elevando. Este efecto del magnesio sobre la absorción de manganeso ha sido observado, entre otros, por Maas (5) en los experimentos llevados a cabo por él y sus colaboradores con soluciones de concentraciones comprendidas entre 0 y 0,1 m. e./l.

En estos experimentos observan también que la acción estimulante del calcio sobre la absorción de manganeso, queda eliminada en los sistemas Ca-Mg-Mn . Se obtienen valores más pequeños en la absorción de manganeso cuando en el medio exterior existe además calcio, que cuando solo existe magnesio. En nuestros experimentos los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Maas, ya que, cuando en el medio exterior existe calcio, se acusa un aumento en el contenido de manganeso de las diferentes partes de la planta para la mayoría de las concentraciones de calcio utilizadas en el cultivo (comparación de los

tratamientos 4 m. e. Mg con 4 m. e. Mg + 34 m. e. Ca + 34 m. e. Na). Estos resultados indican que se manifiesta con más intensidad la acción del calcio sobre la activación en la entrada del manganeso en la planta, que el efecto inhibitor del magnesio sobre la absorción del manganeso, resultados que no están de acuerdo con los obtenidos por Maas. Consideremos que los resultados obtenidos por este investigador se han producido en estudios de raíces de cebada o maíz, tratadas durante unas horas con soluciones de concentraciones bajas de sales independientemente o producidas con la mezcla de las sales cuyos efectos se van a estudiar en la absorción de las raíces, y que nuestros experimentos se han llevado a cabo con plantas completas y soluciones nutritivas en las cuales intervienen numerosas sales, debido a lo cual los efectos del calcio y magnesio sobre el manganeso pueden ser estimulantes o inhibidores, según en las concentraciones en que se encuentren en las soluciones y relaciones con respecto a los demás iones existentes en las mismas, ya que el transporte de los iones es función de la naturaleza y concentración de todos los iones presentes en la solución.

En la tabla V se puede observar cómo para una misma concentración de magnesio y aumento de calcio de 34 a 51 m. e. en la solución de cultivo, el contenido de sodio en las diferentes partes de la planta experimenta una disminución más intensa para la concentración de 51 m. e. de calcio que de 34 m. e. de calcio. Este es el mismo efecto observado en suelos salinos al ser aplicados a los mismos distintos niveles de calcio (8).

En un trabajo anterior realizado por nosotros (9) aplicando al cultivo ClNa y distintos niveles de SO_4Mg , el contenido de sodio (211,4-140,9-137 m. e. por 100 gramos de muestra seca) para la planta tratada con 68 m. e. de ClNa, es mayor que el obtenido en este experimento (63,9-83,0-92,6 m. e. de sodio por 100 gramos de muestra seca) en el que se aplican conjuntamente 68 m. e. Na + 68 m. e. Ca, datos que nos vienen a confirmar la acción inhibitor del calcio sobre la absorción de sodio por la planta de tomate.

La influencia de los tratamientos de diferente concentración de magnesio sobre el contenido de calcio de la planta se acusa perfectamente en todas las partes de la misma (tabla III). También se pone de manifiesto para la mayoría de las diferentes partes de la planta con los tratamientos conjuntos de ClNa + Cl_2Ca . Este efecto se puede explicar teniendo en cuenta la hipótesis de que la absorción de los iones depende de los puntos activos que poseen los transportadores en los cuales se fijan los iones para su paso a través de la membrana celular (7), quedando los iones en libertad una vez atravesada la membrana. Los iones potasio, calcio y magnesio son transportados por transportadores cuyos puntos activos tienen igual afinidad o casi igual para todos ellos, por lo cual compiten para un mismo punto activo, y por tanto se interfieren en su transporte. Así pues, al aumentar la concentración de magnesio del medio exterior, este magnesio ocupa gran número de puntos activos, quedando a disposición del calcio muchos menos puntos activos para poder ser transportado, disminuyendo así la concentración del mismo en la planta. De la misma forma, al contener el medio exterior más calcio que el normal, se produce un menor contenido de magnesio

en las diversas partes de la planta (comparación de la tabla III, con las tablas IV-VII-VIII-IX), ya que el calcio, como hemos indicado anteriormente, compite con el magnesio para los mismos puntos activos del transportador, y por tanto interfiere en el transporte del mismo.

Por esta misma causa, para muchos de los tratamientos utilizados se produce un descenso en el contenido en potasio, fundamentalmente en las hojas y en el tallo (tabla III), cuando en el medio exterior aumenta la concentración de magnesio. Este efecto ha sido observado también por Kumar (6) para plantas intactas de cacahuet, indicando ya, como hemos señalado anteriormente, que la absorción de potasio y magnesio es competitiva. Los resultados, según la idea de entrada de iones en la planta, indican que el potasio está afectado por el magnesio, lo mismo que la entrada de magnesio está afectada por la concentración de potasio del medio exterior como hemos podido comprobar en experimentos anteriores realizados con plantas de pimiento, lechuga y maíz (10-11-12).

CONCLUSIONES

Los pesos más elevados de parte aérea de la planta se obtienen con la concentración de 12 m. e. de magnesio para los diferentes niveles de Na + Ca utilizados en el experimento.

Hay un aumento de producción de fruto con las dosis de 20 m. e. de Mg y 34 m. e. Ca + 34 m. e. Na, y con las dosis de 12 m. e. de Mg para los niveles de 68 m. e. Ca + 68 m. e. Na, este aumento llega a alcanzar el valor del 38,8 por 100.

En los tejidos viejos se observa una concentración más elevada de cationes que para los tejidos jóvenes.

El calcio disminuye la entrada del sodio en la planta.

Las plantas de tomate producidas en un medio salino obtenido con $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$ poseen menos contenido en fósforo que las producidas con soluciones normales; los tratamientos de magnesio aplicado independientemente producen disminución en el contenido de manganeso de la planta.

Con las concentraciones utilizadas se pone de manifiesto la influencia del magnesio sobre la entrada de calcio en la planta, se produce una disminución de contenido en calcio para los niveles más altos de magnesio.

Se acusa perfectamente la acción competitiva del magnesio con respecto al potasio.

Se produce gran disminución de contenido en sodio de la planta con los tratamientos de magnesio ensayados en el experimento.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la influencia de diversas dosis de sulfato magnésico aplicadas a plantas de tomate producidas en cultivo hidropónico con diferentes niveles de $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$. Se emplean dosis de 4, 12 y 20 m. e. de magnesio, cada una de ellas aplicadas independiente o conjuntamente con concentraciones de 68, 102 y 136 m. e. de $\text{ClNa} + \text{Cl}_2\text{Ca}$ en la relación 1/1.

Los resultados indican una mayor producción de fruto con alguno de los niveles de

magnesio utilizados. Este aumento llega a alcanzar el valor del 38,8 por 100. Se pone de manifiesto la influencia mutua entre el calcio y el magnesio. También se manifiesta la influencia del magnesio en la inhibición de la absorción de sodio y manganeso en la planta.

*Instituto de Edafología y Biología Vegetal.
Departamento de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Madrid.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ASHOUR, M. I., KOLESH, M. O. (1970). Effect of chloride salinity on the absorption, exudation and distribution of phosphorous P³² by sunflower plants. *Agrochimica*, XIV, núms. 5-6, 462-468.
- (2) ATKINSON, M. R., ECKERINOR, G. and col. (1966). Salt accumulation and adenosine-triphosphate in carrot xylem tissue. *Proc. Nat. Ac. Sci., USA* 55, 560-564.
- (3) HASSON-PORATH, E. and POLJAKOFF-MAYBER (1971). Content of adenosine phosphate compounds in pea roots grow in saline media. *Plant Physiol.*, 47, 109-113.
- (4) HOLT, H. E. and MAYNARD, D. N. (1966). Magnesium nutrition of spinach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89, 478-482.
- (5) MAAS, E. V. y col. (1969). Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant Physiol.*, 44, 796-800.
- (6) NAND, K. F. (1973). Absorption of magnesium and its influence on the uptake of phosphorous, potassium and calcium by intact groundnut plants. *Plant and Soil.*, 40, 313-320.
- (7) NIELSEN, M. E. (1972). A transport kinetic concept of ion uptake from soil by plants. II. The concept and some theoretic consideration. *Plant and Soil*, 37, 561-576.
- (8) POONIA, S. R. and BHUMBLA, D. R. (1973). Availability of Ca from SO₄Ca in a highly saline-sodic soil. *Plant and Soil*, 38, 675-678.
- (9) SÁNCHEZ CONDE, M.^a P. Aplicación de SO₄Mg en la corrección de los efectos de salinidad producidos por el ClNa en el toma:e (1976). *An. Edaf. y Agrob. T. XXXV*, núms. 1-2, 13-32.
- (10) SÁNCHEZ CONDE, M.^a P. (1970). Respuesta de la planta de pimiento ante distintos tratamientos de potasio o de nitrógeno. *An. Edaf. y Agrob. T. XXIX*, núms. 7-8, 503-516.
- (11) SÁNCHEZ CONDE, M.^a P. (1968). Respuesta de la lechuga ante diferentes tratamientos de sodio o potasio. *An. Edaf. y Agrob. T. XXVII*, núms. 1-2, 99-111.
- (12) SÁNCHEZ CONDE, M.^a P. y HERNANDO, V. (1969). Acción del nitrato sódico y del nitrato potásico sobre plantas de maíz. *An. Edaf. y Agrob. T. XXVIII*, núms. 11-12, 823-833.
- (13) WALLACE, A. (1966). Calcium requirements of higher plants. *Nature*, 209-234.

Recibido para publicación en 15-IX-76.

ESTUDIO MICROMORFOLOGICO DE VITRANDEPTS (I. TENERIFE)

por

J. BENAYAS, E. FERNANDEZ CALDAS y M. L. TEJEDOR SALGUERO

SUMMARY

MICROMORPHOLOGICAL STUDY OF SOME VITRANDEPTS FROM TENERIFE (CANARY ISLANDS)

The micromorphological characteristics of the Chio and the Chinyero profiles are studied. These soil profiles are representative Vitrandept soils of Tenerife island. The soils are very young, formed from recent pyroclastic rocks under a vegetation of *Pinus Canariensis*. They have a loose, or very loose, isotropic fabric (X 63). Coarse/fine related distributions correspond to intergrades between enaulic type towards the soil surface and monic type towards the depth.

Skeleton grains are very abundant: there is a predominance of lapilli and other volcanic rocks fragments, of pyroxenes and amphiboles, of opaque crystals and of volcanic glass.

Aggregates formed from rocks alteration are abundant. They have < 0.2 mm size; the rock structure is only recognized in the central part of the aggregate.

The size, roundness and alteration type of the skeleton grains confirm the colluvial nature of the A horizon. The source of the colluvial material is different in the two soils.

Humus form is Syrosem. Fungal hyphae and sclerotia are frequently present.

INTRODUCCIÓN

Se estudian las características micromorfológicas de vitrandepts de la isla de Tenerife sobre los que se ha hecho un análisis detallado, morfológico, físico-químico y mineralógico (Fernández Caldas et al., 1975 a; Tejedor y Fernández Caldas, 1975) con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la génesis de estos suelos.

Son suelos muy poco evolucionados debido a la edad reciente de los materiales sobre los que se forman y, por tanto, pobres en productos de alteración en relación con los materiales primarios.

El trabajo se ha realizado sobre dos perfiles representativos, Chio y Chinyero que corresponden a vitrandepts típicos (7th aproximación 1967); de acuerdo con la clasificación francesa (1971-72) son andosoles poco diferenciados, vítricos, medianamente desaturados (Fernández Caldas et al., 1975 b).

La materia orgánica es abundante, el hor. A tiene valores de 12,1

por 100 C para el perfil Chio y 9,5 por 100 C para el perfil Chinyero que disminuyen a 2,1 por 100 y 1,1 por 100 respectivamente en el horizonte (B)/C. La relación C/N es muy alta, de 37,7 y 25,5 en el hor. A de Chio y Chinyero respectivamente, y la relación AH/AF es del orden de 1 en el hor. A, a pesar del pH cercano a la neutralidad y los valores muy altos de bases cambiables.

La fracción arcilla es baja, contiene alofana, haloisita, ilita y caolinita entre otros componentes (Hernández Moreno et al., 1975).

MATERIAL DE ESTUDIO

Los perfiles se encuentran situados en la vertiente sur-este de la isla, a una altitud de 1.100-1.300 m., muy próximos a la zona de erupción más reciente del Teide. Ambos están en la ladera de un cerro, con pendiente elevada.

El clima es poco lluvioso pero con un grado higrométrico muy alto. La vegetación es de *Pinus canarienses* y el material originario en su mayor parte son rocas piroclásticas muy recientes sobre coladas de lava.

Las características morfológicas son las siguientes:

PERFIL CHIO

H	Prof. cms.	Descripción
A	0-15	Rojo negruzco (2,5 YR 3/2). Estructura poco desarrollada, algo migajosa (<i>fluffy</i>); reacción rápida al NaF. Transición neta al hor. (B)C.
(B)C	15-30	Pardo amarillento (10 YR 5/6). El aspecto <i>fluffy</i> muy desarrollado. Transición neta al hor. C.
C	30-50	Lapilli negro en fragmentos pequeños.

PERFIL CHINYERO

H	Prof. cms.	Descripción
A	0-15	Pardo grisáceo muy oscuro (2,5 Y 3/2). Estructura poco desarrollada, algo migajosa (<i>fluffy</i>). Transición neta al hor. (B)C.
(B)C	15-50	Pardo pálido (10 YR 6/3). No presenta desarrollo de estructuras.
C	> 50	Lapilli negro, muy troceado.

TÉCNICAS APLICADAS

El estudio micromorfológico se ha hecho siguiendo la técnica usual de impregnación con cronolita 1.108 (Higueras, 1967).

DESCRIPCIÓN MICROMORFOLÓGICA

*Perfil Chio**Hor. A (0-8 cm.)*

Contextura isótica suelta. En algunas zonas hay cavidades interconectadas.

Los fragmentos de roca volcánica pueden sobrepasar los 20 mm. en longitud, son subangulares y subredondeados (Powers, 1953), muy abundantes y en su mayor parte alóctonos, incluso hay lapilli de aporte similar al material originario. El material de arrastre se caracteriza por su estado fresco que contrasta con la alteración que presenta el material autóctono.

Se observan fragmentos de roca < 0,2 mm. de longitud cuya estructura sólo se puede reconocer empleando grandes aumentos.

La asociación dominante de minerales es de piroxenos, anfíboles y magnetita acompañados de vidrio volcánico (Cabezas Viaño et al., 1977).

Abundan los restos de plantas, unos frescos y otros ligeramente humificados (Babel, 1965). La actividad biológica es relativamente intensa, se observan numerosos excrementos de una edafofauna pionera. Hay hifas de hongo abundantes (fig. 1) y esclerocios.

El humus es de syrosem (Kubiena, 1952).

Hor. A (9-15 cm.)

Contextura isótica muy suelta.

Los fragmentos de lapilli son mayores que en la muestra anterior y la actividad biológica es menos acusada.

Se observan agregados de unas 60 μ de diámetro mayor cuando están aislados; en su mayor parte son fragmentos de roca muy alterados.

Hor. (B)C (15-23 cm.)

Contextura isótica muy suelta.

La distribución relativa de partículas gruesas y finas (Stoops & Jongerius, 1975) es de tipo enáulico (*enaulic type*) desde la parte superficial del perfil hasta esta profundidad y ya a partir de aquí se consideran como intergradados a tipo mónico (*monic type*).

Los fragmentos de rocas volcánicas de origen coluvial disminuyen mucho, predominan los fragmentos de lapilli autóctono sin alterar, de tamaño 8-0,12 mm.

Son frecuentes los restos vegetales frescos y parcialmente humificados, a veces con excrementos de la edafofauna en su interior. Las hifas son escasas.

Los agregados más pequeños son de unas 45 μ de diámetro mayor.

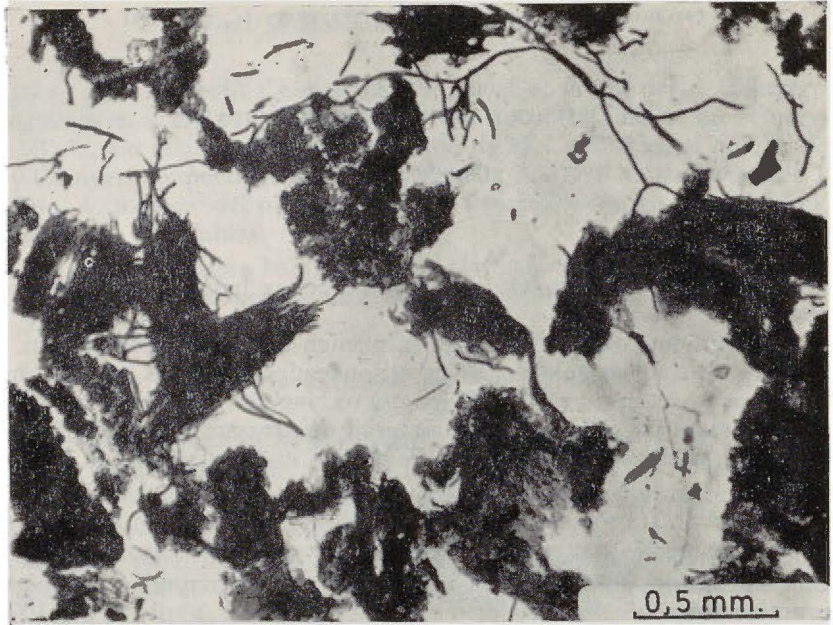


Fig. 1.—Micelios de hongo y restos vegetales descompuestos. Corte delgado del hor. A (0.8 cms.) de Chio.

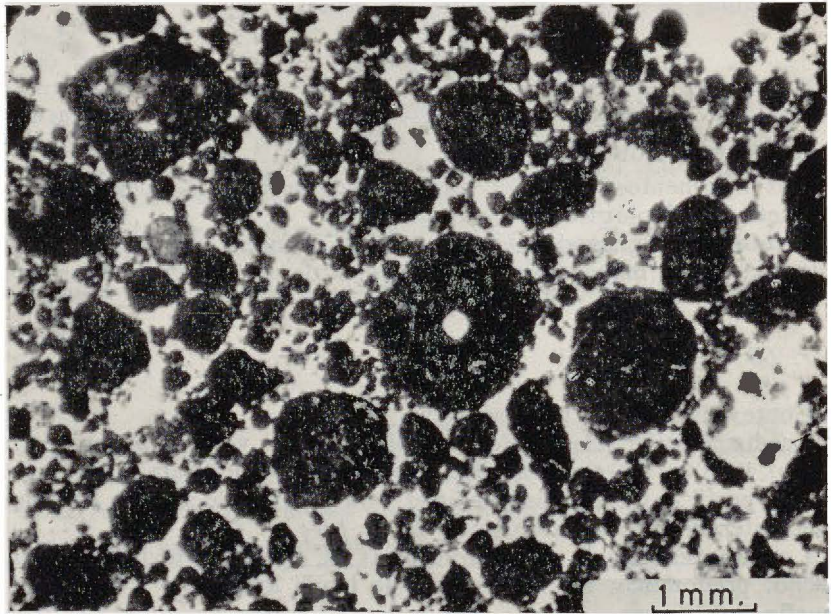


Fig. 2.—Fragmentos de roca, cristales de piroxenos y anfíboles, y microagregados, Contextura suelta con cavidades interconectadas. Corte delgado del hor. A (0.8 cms.) de Chinyero.

Hor. (B)C (23-30 cm.)

Contextura isótica muy suelta, hay un incremento de poros respecto a la muestra anterior.

El tamaño de los fragmentos de lapilli es 0,2-8 mm. con predominio de los mayores. Se observa presencia de basalto.

Son frecuentes los restos de raíces parcialmente humificados; la actividad biológica es pequeña, se encuentran excrementos de la fauna del suelo en las vesículas del lapilli. Las hifas son escasas.

Hor. C

El material originario está formado por lapilli fresco acompañado de basalto en proporción muy escasa.

*Perfil Chinyero**Hor. A (0-8 cm.)*

Contextura isótica muy suelta con cavidades interconectadas en algunas áreas.

Los fragmentos de roca son muy abundantes con predominio de lapilli alterado, rojizo con luz oblicua, redondeado y bien redondeado (figura 2), de diámetro < 15 mm. Entre los granos minerales predominan los anfíboles acompañados de piroxenos, opacos y vidrio volcánico.

Abundan los agregados muy pequeños, redondeados y rojizos con luz oblicua que proceden en su mayor parte del lapilli.

Los restos de plantas son frecuentes; la actividad biológica es acusada, se observan numerosos excrementos de la fauna del suelo y escasas hifas. El humus es de syrosem.

Hor. (B)C (24-31 cm.)

Contextura isótica muy suelta (Lám. I, C).

Predominio de lapilli subangular, sin alterar, acompañado de basalto en proporción escasa.

La actividad biológica decrece mucho. Son frecuentes los restos de plantas y escasos los excrementos de la edafofauna y las hifas.

Hor. C

Contextura isótica muy suelta.

Es parecida a la muestra anterior. Los fragmentos de lapilli son de tamaño ligeramente mayor, ya que alcanzan unos 8,5 mm. de longitud, mientras que en el denominado hor. (B)C no llegan a los 7 mm.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1. El estudio micromorfológico de los suelos estudiados nos indica las características que tienen en corte delgado:

Contextura suelta, o muy suelta, isotica (Brewer, 1964). Los granos del esqueleto son muy abundantes, constituido por fragmentos de rocas volcánicas, lapilli en su mayor parte y granos minerales del mismo origen. La distribución relativa de partículas gruesas y finas se reduce a intergradados entre los tipos enáulico en dirección a la superficie y mónico a medida que aumenta la profundidad. Son muy frecuentes los agregados, desde un tamaño $< 0,2$ mm., formados por la alteración de las rocas que sólo se reconoce en el centro del agregado.

El plasma es escaso, a veces rodea a los fragmentos de roca y forma parte de los pequeños agregados de suelo. Según los datos analíticos el valor más alto de arcilla corresponde al hor. (B)C de Chio (20,4 por 100), valor que en realidad tiene que ser mucho menor, ya que se han hecho los análisis sin tener en cuenta la fracción > 2 mm.

El proceso de humificación es muy poco intenso; los restos de plantas están poco descompuestos y los excrementos son de animales pequeños minadores que se encuentran en todos los horizontes del suelo. La forma de humus es syrosem.

Con frecuencia las partículas vegetales acusan el ataque de los hongos, se encuentran hifas y ocasionalmente esclerocios.

Las observaciones indicadas concuerdan con datos analíticos que tenemos sobre la materia orgánica, el valor tan alto del C/N y la relación AH/AF.

2. El estudio microscópico de los vitrandepts confirma otras características de los análisis ya realizados, por ejemplo la contextura suelta está de acuerdo con los datos de densidad y porosidad, y el carácter de suelos jóvenes con la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ elevada y la retención de humedad a $pF = 4,19$ (< 10 por 100).

3. La micromorfología profundiza en el estudio de estos suelos.

El horizonte A es coluvial pero el material de arrastre es de distinta naturaleza (Lám. I, A y B). En el caso de Chio la fuente de origen está próxima y se trata de material fresco; en el caso de Chinyero un contenido en fragmentos redondeados y bien redondeados de lapilli, rojos con luz oblicua, indican que el aporte es un material alterado con un recorrido mayor.

El color rojo que presenta gran parte del hor. A en el corte delgado de Chinyero también se pone de manifiesto con los datos de elementos amorfos (Fernández Caldas y Tejedor Salguero, 1975), ya que el porcentaje de Fe_2O_3 es más elevado que en Chio.

En el análisis de la fracción arena de ambos perfiles (Cabezas et al., antes citado) hay diferencias significativas, entre los horizontes superiores y los situados inmediatamente debajo, respecto a los minerales incluidos en vidrio volcánico; el contenido es de 4,2:1 en Chinyero y 0,6:1 en Chio.

La pendiente no tiene aquí un carácter decisivo, puesto que en Chio es > 50 por 100 y en Chinyero = 50 por 100.

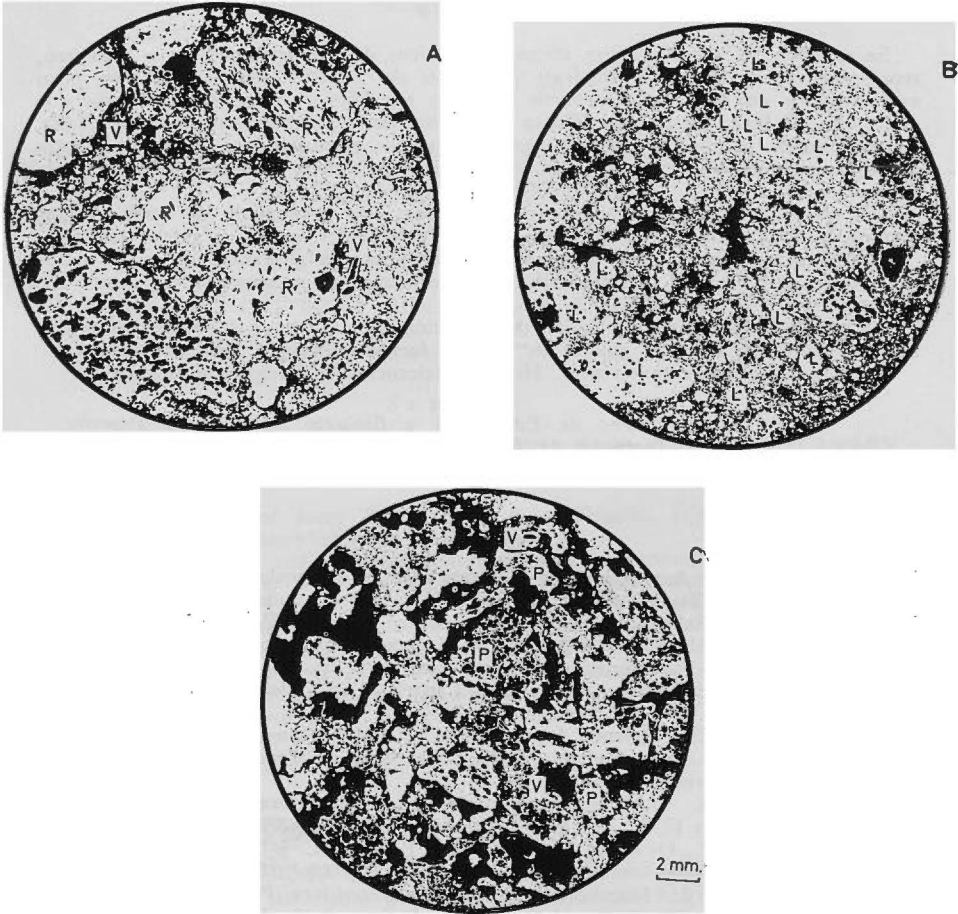


LÁMINA I

- A) Muy abundantes los fragmentos subangulares y subredondeados de rocas volcánicas sin alterar (R). Los restos vegetales (V) también son abundantes, entre ellos cortes de acículas. Hor. A (0-8 cm.) de Chio.
- B) Predominio del lapilli redondeado y bien redondeado, con alteración profunda (L). Son abundantes los agregados redondeados y alterados que proceden del lapilli. Hor. A (0-8 cm.) de Chinyero.
- C) Se observa lapilli fresco subangular (P) que se encuentra en elevada proporción. Son frecuentes los restos vegetales (V), por ejemplo cortes transversales de raíces. Hor. (B)C, 24-31. cm. profund., de Chinyero.

RESUMEN

Se estudian las características micromorfológicas de los perfiles Chio y Chinyero, representativos de suelos Vitrandepts de la isla de Tenerife. Son suelos muy poco evolucionados que se forman a partir de rocas piroclásticas muy recientes bajo una vegetación de *Pinus canariensis*. Tienen contextura suelta, o muy suelta, isotica (X 63). La distribución relativa de partículas gruesas y finas corresponde a intergrados entre los tipos enáulico en dirección a la superficie y mónico a medida que aumenta la profundidad.

Los granos del esqueleto son muy abundantes: hay predominio de lapilli y fragmentos de otras rocas volcánicas, de piroxenos y anfíboles, opacos y vidrio volcánico.

Son muy numerosos unos agregados formados por la alteración de rocas, desde un tamaño < 0,2 mm.; la estructura de la roca sólo se reconoce en el centro del agregado.

El tamaño, redondeamiento y tipo de alteración de los granos del esqueleto confirman la naturaleza coluvial, aunque de distinta fuente de origen, del horizonte A.

La forma de humus es syrosem. Hifas y esclerocios de hongo son frecuentes.

Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife
Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid

BIBLIOGRAFÍA

- BABEL, U. (1965). Die Ansprache von Pflanzenresten im mikroskopischen Präparat von Humusbildungen. Ztschr. f. Pfl. Ernähr. Düng. Bodenkunde, 109, 1, 17-26.
- BREWER, R. (1964). Fabric and Mineral Analysis of Soils. J. Wiley, New York, 470.
- CABEZAS VIAÑO, O., HERNÁNDEZ MORENO, J., TEJEDOR SALGUERO, M. L. y FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1977). Características mineralógicas de la fracción arena, en una secuencia cronológica de Andepts de las islas Canarias. An. Edaf. Agrobiol., XXXVI, 787-803.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M. L. (1975). Andosoles de las islas Canarias. Serv. Publ. Caja General Ahorros Sta. Cruz de Tenerife. Núm. 29, Investigación 6. Sta. Cruz de Tenerife, 210.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M. L. y HERNÁNDEZ MORENO, J. (1975 a). Andosoles canarios (IX). An. Edaf. Agrobiol., XXXIV, 333-394.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E., QUANTÍN, P., RODRÍGUEZ PASCUAL, C. y TEJEDOR SALGUERO, M. L. (1975 b). Andosoles canarios (X). An. Edaf. Agrobiol., XXXIV, 395-405.
- HERNÁNDEZ MORENO, J., FERNÁNDEZ CALDAS, E., RODRÍGUEZ PASCUAL, C. y CABEZAS VIAÑO, O. (1976). IV. Características mineralógicas de la fracción inferior a 2 μ en Vitrandepts.
- HIGUERAS, A. (1967). Methoden und Einrichtungen der Herstellung von Bodendünnschliffen in der Sektion für Mikromorphologie C. S. I. C., Madrid. In: W. Kubiena, Die mikromorphometrische Bodenanalyse. Ferdinand Enke, Stuttgart, 30-35.
- KUBIENA, W. L. (1952). Claves sistemáticas de suelos. C. S. I. C., Madrid, 388.
- POWERS, M. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. J. Sed. Petrol., 23, 117-119.
- STOOPS, G. and JONGERIUS, A. (1975). Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. 13, 189-199.
- TEJEDOR SALGUERO, M. L. y FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1975). Andosoles canarios (XI). An. Edaf. Agrobiol., XXXIV, 407-422.

Recibido para publicación: 15-IX-76

MICROESTRUCTURA DE DYSTRANDEPTS EN LA ISLA DE TENERIFE

por

E. FERNANDEZ CALDAS, J. BENAYAS y M. L. TEJEDOR SALGUERO

SUMMARY

MICROSTRUCTURE OF SOME DYSTRANDEPTS FROM TENERIFE (CANARY ISLANDS)

The microstructure of some Dystrandepts from Tenerife (Canary Islands) was studied to improve the knowledge on their genesis.

The Aguamansa I, II and III profiles were selected. Micromorphological examination showed loose, isotropic fabric (X 63); coarse/fine related distribution of enaulic type; abundance of rock fragments (mainly lapilli) and very stable rounded micro-aggregates originated from the weathering rock. Humus is a moder for the three profiles but humification is more intense in Aguamansa II.

Parent material is in most cases fresh lapilli, palagonite or very altered lapilli.

The A horizon of the Aguamansa III soil is colluvial whereas the A horizons of Aguamansa I and II show much less colluvial material.

INTRODUCCIÓN

Los suelos de este grupo están situados a una altitud aproximada de 1.200 metros, en un clima perhúmedo, bajo una vegetación de *Myrica Faya Ait*, *Erica scoparia* L. y *Erica arborea* L.

Entre el material originario predominan las rocas piroclásticas del tipo lapilli que con frecuencia aparece rojo.

Materiales de color rojo son abundantes en la isla, color que puede tener un origen muy diverso: el rotlehm es un paleosuelo de las islas canarias (Kubiena, 1956) y en este caso el color es consecuencia de la rubificación. El proceso de formación de lateritas también produce masas de color rojo. Aunque el vidrio de tipo básico es, en general, pardo hay variedades de color rojo intenso a casi negro. También produce color rojo la descomposición hidrotermal; la alteración de las cenizas volcánicas para formar pelagonita se manifiesta en cambios de color, al amarillo y amarillo rojizo (Carozzi, 1960). Almagre, es un tipo de formación roja característica de la serie basáltica antigua de la isla, formación producida por un metamorfismo térmico (Fuster et al., 1968). Los diferentes procesos que originan el color rojo se pueden seguir en el estudio microscópico del corte delgado.

La proyección del material originario es reciente, su alteración corresponde al clima actual, por tanto, se trata de suelos relativamente poco evolucionados.

Con el objeto de tener un conocimiento más profundo de este grupo de suelos, sobre todo lo relativo a su génesis y al tipo de alteración, se realiza su estudio micromorfológico.

MATERIAL ESTUDIADO

Se han seleccionado tres perfiles en la región de aguamansa de Tenerife, cuya descripción morfológica se hace a continuación.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
Perfil: Aguamansa II:		
A	0-30	Color 5YR 3/3. Textura areno-limosa. Estructura moderada, migajosa, suelta. Muy friable. Tixotropía ligera.
(B) ₁	30-65	Color 5YR 4/4. Textura limo-arenosa. Estructura migajosa, suelta. Friable. No presenta plasticidad.
(B) ₂	65-95	Color 2,5YR 3/6. Textura limo-arenosa. Estructura moderada, migajosa a granular fina. Muy friable. Se observan fragmentos de lapilli. Las raíces penetran hasta este horizonte.
(B)C	> 95	Textura de gravilla. Estructura débil, granular gruesa. Los fragmentos de lapilli rojo son abundantes.
Perfil: Aguamansa III:		
A	0-35	Textura limo-arenosa con estructura igual al horizonte A de Aguamansa II.
(B)C	35-70	Horizonte con estructura de (B) pero con gran cantidad de grava de lapilli, de color rojo.
C	> 70	Lapilli negro. Las raíces llegan a este horizonte.

Aguamansa I

El perfil no es uniforme, tiene un hor. A de unos 28 cm. de espesor, de textura y estructura similar a los otros perfiles de Aguamansa.

A la altura de la parte más profunda del hor. A se observan las zonas amarillas de los horizontes (B) y (B)C y a la misma profundidad que el hor. (B)/C comienza una zona roja.

Las cajas Kubiena se han tomado dentro de la zona amarilla, al principio y al final, y lo mismo se ha realizado con la zona roja.

El hor. (B) es relativamente delgado, de unos 12 cms. de espesor y el hor. (B)C es de 40-68 cms.

El perfil muestra las características de campo de los otros suelos estudiados.

Para más detalles morfológicos, véase Fernández Caldas y Tejedor Salguero (1975).

Las características físico-químicas de los dystrandeps (Tejedor Salguero y Fernández Caldas, 1975 a, 1975 b) indican que son andosuelos desaturados, los horizontes (B) tienen valores entre 7,18 meq/100 gr. y 15,35 meq/100 gr. de suma de bases. El pH está comprendido entre 6,00 y 6,75. Presentan textura limosa y la reacción es rápida e intensa con el NaF.

Al_2O_3 y Fe_2O_3 son abundantes en la fracción amorfa, sin embargo la SiO_2 es baja en relación con el contenido en Al_2O_3 .

El carbono orgánico es abundante en todo el perfil, en los horizontes superficiales tienen valores 5,72 por 100 y 8,00 por 100; la relación C/N es elevada, en el horizonte A varía de 14,04 a 16,70 y la relación AH/AF en general es inferior a la unidad.

Es de destacar la abundancia de elementos amorfos (alofanas e hidróxidos) y minerales primarios residuales de estos suelos (Tejedor Salguero et al., 1975).

TÉCNICAS APLICADAS

Para el estudio micromorfológico se preparan cortes delgados utilizando Cronolita 1.108, según la técnica usual.

ESTUDIO MICROSCÓPICO DEL CORTE DELGADO .

Perfil Aguamansa II

Hor. A (0-8 cm.)

Contextura isótica (Brewer, 1974) con distribución relativa de partículas gruesas y finas de tipo enáulico (Stoops & Jongerius, 1975). Presenta un modelo de distribución relativa específica (*Congelic SRDP*) donde el plasma agrega las partículas de limo y los agregados se presentan entre las partículas de arena gruesa (Eswaran & Baños, 1976) modelo que se ajusta muy bien a la distribución relativa observada en los dystrandeps.

El esqueleto de partículas gruesas está formado por fragmentos de rocas volcánicas con predominio del lapilli (fig. 1). El lapilli aparece rojo con luz oblicua, muy alterado, subangular-subredondeado, de 6-0,05 mm. Incluso en este horizonte A los fragmentos de roca están recubiertos, de forma parcial, con materiales de tamaño arcilla.

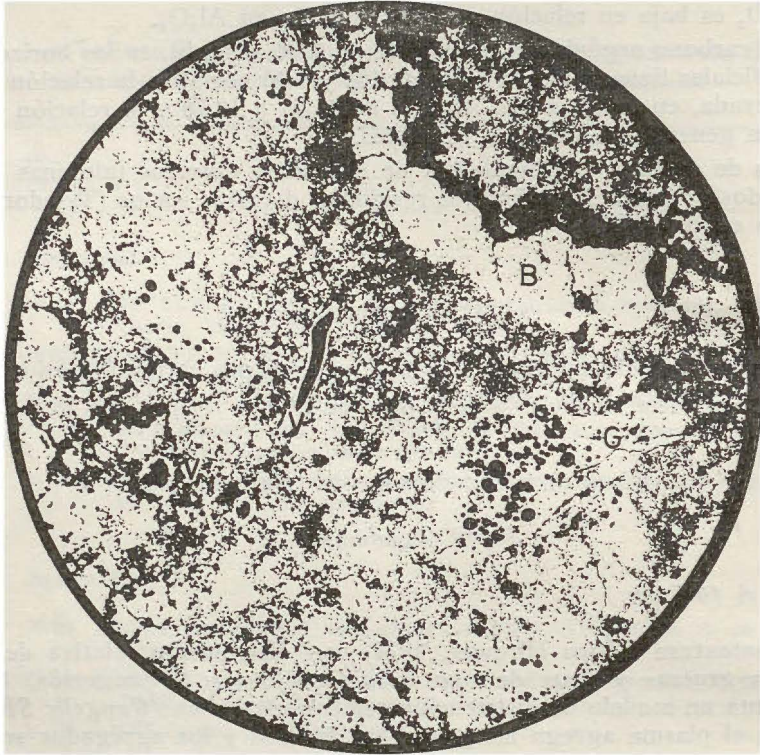
También son abundantes los agregados redondeados de material fino, muy estables, de 0,5-0,03 mm., que proceden de la alteración de rocas y, a veces, conservan un núcleo en la parte central con estructura de roca reconocible. La alteración es *in situ*.

En la fracción arena predominan los piroxenos asociados con anfíboles y olivino, feldespatos y vidrio volcánico, asociación que se mantiene a lo largo del perfil (IV Reunión Nac. Suelos, 1975).

Son muy frecuentes los restos vegetales parcialmente y bien humificados; la actividad biológica es acusada y se observan esclerocios.

El humus es moder (Kubiens, 1952).

El estudio se ha hecho también en otras muestras a diferentes profundidades (12-20 cm.) y 23-30 cm.), que muestran una microestructura similar, siendo de destacar el incremento del tamaño del lapilli rojo, hay fragmentos de 11 y 12 mm., respectivamente.



2 mm.

Fig. 1.—El esqueleto de partículas gruesas está formado por fragmentos de rocas volcánicas, lapilli en mayor proporción; en algunos se observan grietas hechas *in situ* (G). Son muy abundantes los agregados redondeados, muy estables, de material más fino. La actividad biológica (B) es manifiesta y los restos vegetales (V) son muy frecuentes. Corte delgado del hor. A (0.8 cm.) de Aguamansa II. Los huecos están en negro.

Hor. (B), muestras a 34-42 cm. y 50-58 cm.

Contextura isótica con distribución relativa tipo enaúlico, varía del hor. A en el tamaño y frecuencia de las partículas gruesas.

Son muy abundantes los fragmentos de lapilli rojo, < 10 mm., es

decir, de un tamaño inferior a los encontrados en el hor. A, pero se encuentran en mayor proporción. También hay fragmentos de otras rocas volcánicas.

Son muy numerosos los agregados que proceden de la alteración de las rocas.

Los restos de plantas son frecuentes; poco y bien humificados, a veces con excrementos de la edafofauna en su interior. La actividad biológica es acusada.

Hor. (B)₂, muestras a 74-82 cm. y 86-94 cm.

Contextura similar al horizonte anterior con un ligero incremento de porosidad.

El lapilli rojo es abundante, su tamaño a 74 cm. de profundidad no sobrepasa los 6 mm., mientras que a 86 cm. alcanza 1,8 cm. Como en las muestras anteriores, va acompañado de otras rocas volcánicas, hay fragmentos de basalto sin alterar de 1,3 cm.

Se observan restos de plantas.

Hor. (B)C, muestras a 96-105 y 106-114 cm.

Contextura similar al hor. (B)₂, con un incremento de porosidad, en algunas zonas las cavidades interconectadas son muy frecuentes.

El lapilli rojo es abundante, hasta 10 mm. de longitud, acompañado de basalto fresco.

Los agregados que proceden de la alteración de rocas son muy numerosos.

Se encuentran restos de plantas.

Perfil Aguamansa III

Hor. A (2-12 cm.)

Contextura isotica con distribución relativa de tipo enaúlico; en algunas áreas es muy suelta; hay cavidades interconectadas.

Abundan los fragmentos de diferentes rocas volcánicas; entre los de mayor tamaño se encuentra lapilli de 3,5 cm.; con frecuencia el lapilli aparece rojo con luz oblicua.

Son numerosos los agregados redondeados, muy estables, producto de alteración de las rocas, los más pequeños son de 0,11 mm.

Los restos de plantas son abundantes, unos ligeramente y otros bien humificados. Se observa gran número de excrementos de diferentes especies de edafofauna, los más pequeños son cilíndricos, de unas 50 μ de longitud.

Hay esclerocios frecuentes e hifas escasas. El humus es moder.

Hor. A (23-33 cm.)

La contextura es similar a la muestra anterior, sin embargo, los granos del esqueleto varían mucho. Hay un incremento de fragmentos sin alterar de lapilli, es más fresco, menos redondeado y más pequeño

(< 10 mm.) que en la parte superficial del horizonte. Sin embargo, disminuyen los agregados formados por la alteración de las rocas.

Hay restos vegetales ligeramente humificados y excrementos, los restos aparecen con frecuencia oscuros debido a la descomposición de los hongos. Las hifas son abundantes y se observan esclerocios.

Hor. (B)C (40-48 cm.)

Contextura isotica menos porosa que en el hor. A. Hay cavidades interconectadas y bioporos.

Entre los fragmentos de roca se encuentran lapilli rojo con luz transmitida, hasta de 2 cm., y lapilli con la masa vítrea amarilla, acompañados de otras rocas volcánicas.

El constituyente principal son los agregados redondeados, producto de alteración, los más pequeños de unas 60 μ , que se unen para formar agregados mayores que presentan grietas de retracción.

Los restos de plantas son frecuentes.

Perfil Aguamansa I

Hor. A

Muestra de la parte superficial y de la parte más profunda.

Contextura isotica con distribución relativa de tipo enáulico. Hay cavidades interconectadas.

Predominan los fragmentos de roca y los agregados producto de la alteración de las mismas. Entre los fragmentos de roca hay lapilli subredondeado de 7 mm., rojo con luz ablicua; lapilli sin alterar, con la masa vítrea marrón, y lapilli con la masa vítrea amarilla y roja, con luz transmitida.

Los agregados son muy pequeños, el tamaño medio es de 0,12 mm.

La asociación de minerales de la fracción arena es de piroxenos, olivino, feldespato y vidrio (IV Reunión Nac. Suelos, 1975).

Son abundantes los restos de plantas ligeramente humificados. Se observan unos excrementos de edafofauna cilíndricos de 75 μ de longitud, y otros agregados de contorno mamelonado muy similar a los producidos por lumbrícos.

El humus es moder.

El hor. A presenta una microestructura homogénea, la parte más profunda se diferencia en la ausencia de excrementos de lumbrícos y de zonas de contextura muy suelta.

Hor. (B)

Contextura isotica con distribución relativa de tipo enáulico. Hay numerosas cavidades interconectadas y grietas de retracción.

Sigue dándose un predominio de fragmentos de roca y agregados procedentes de su alteración. Los fragmentos, a veces, muestran grietas

formadas *in situ* (fig. 2); es muy abundante el lapilli, de subangular a subredondeado, con la matriz vítrea amarilla y ocasionalmente roja con luz oblicua.

En la fracción arena el contenido en olivino > 90 por 100 tanto en este horizonte como en el horizonte (B)C (IV Reunión Nac. Suelos, 1975).

Los restos de plantas son frecuentes.

Hor (B)C

Contextura similar con un incremento de porosidad respecto a la muestra anterior.

Continúa el predominio de fragmentos de roca y agregados de alteración (fig. 3) con un aumento de los primeros si lo comparamos con el hor. (B). El lapilli aparece fresco, hasta 2 cm de longitud, y también es frecuente con la masa vítrea amarilla.

Los agregados miden unos 0,2 mm.

Zona roja

En su parte superficial, a la altura del hor (B)C, presenta contextura isótica con distribución relativa de tipo enáulico, hay predominio de fragmentos de lapilli de masa vítrea roja con luz transmitida y fenocristales frescos; el tamaño es entre 2 y 0,08 mm.

La parte más profunda de la zona roja (69-77 cm.) está formada por lapilli alterado, opaco, rojo con luz ablicua, acompañado de lapilli menos alterado y de granos minerales frescos de origen volcánico.

Los restos de plantas son escasos.

DISCUSIÓN, RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El estudio microscópico del corte delgado demuestra:

1. *Material originario*

Los fragmentos de lapilli opacos, rojos con luz oblicua, se atribuyen a procesos de descomposición hidrotermal; contienen cristales tan alterados que en el caso de los piroxenos sólo conservan compuestos de hierro, siguiendo las líneas de exfoliación de los primitivos granos minerales. Este tipo de material está descrito en suelos de Las Mercedes (Benayas et al., 1974). Los fragmentos de lapilli con masa vítrea amarilla y roja con luz transmitida se atribuyen a la formación de pelagonita; su alteración es menor y los cristales de piroxenos y olivino son frescos.

En el perfil Aguamansa II, el lapilli opaco (figs. 4 y 5), rojo con luz oblicua, es el material originario más importante; su distribución a lo largo del perfil es irregular, pero en el hor. (B)₂ hay fragmentos de 1,8 cm. de longitud, mientras que en el hor. A sólo llegan a 6 mm.

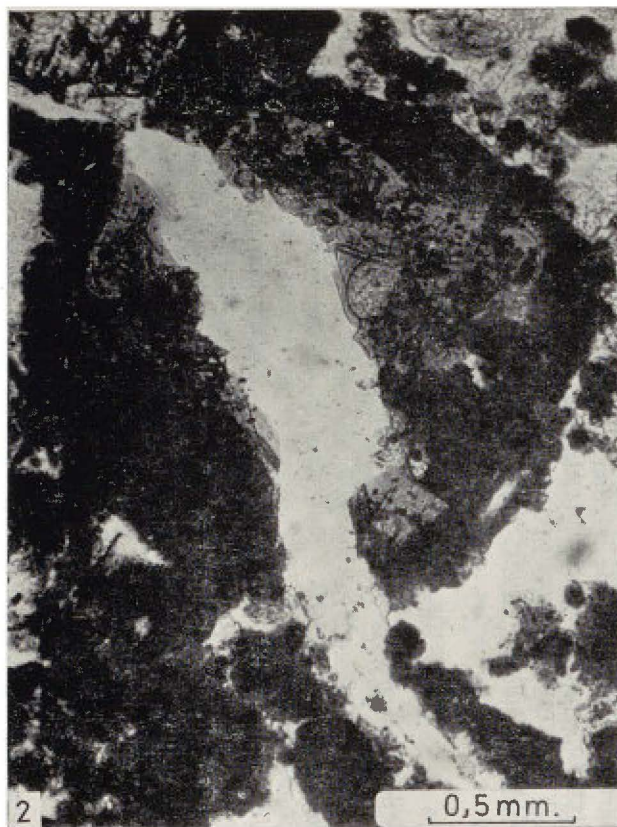


Fig. 2.—Fragmento coluvial roto *in situ*. Corte delgado del hor. (B) de Aguamansa I.

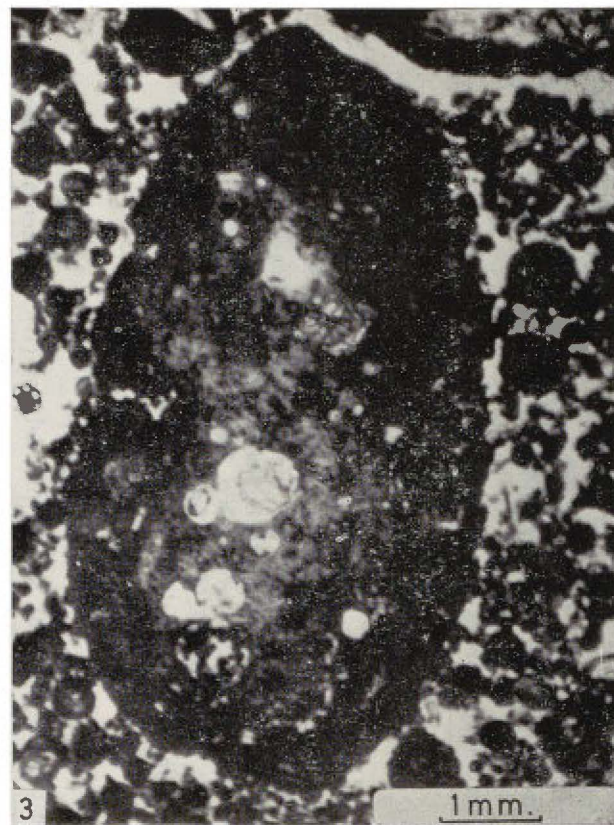


Fig. 3.—Fragmento coluvial de roca volcánica rodeado de una película de material de tamaño arcilla; forma parte del esqueleto de partículas gruesas. Se observan abundantes microagregados de material más fino. Corte delgado del hor. (B)C de Aguamansa I.

En el perfil Aguamansa III el material originario es principalmente lapilli, alterado a pelagonita.

En el perfil Aguamansa I el material originario es lapilli fresco en su mayor parte. La zona roja la consideramos formada en un proceso independiente al desarrollo del suelo, se trata de pelagonita en la parte superficial y lapilli opaco, muy alterado en profundidad. Su posición hace pensar en sucesivas proyecciones de cenizas volcánicas, el lapilli alterado por descomposición hidrotermal se depositó primero, y bien sobre él o alternando se depositó el lapilli fresco que formó el suelo.

2. *Naturaleza coluvial del hor. A*

De los tres perfiles estudiados, Aguamansa II es el que tiene menos aporte coluvial. En Aguamansa I el material de arrastre es de cierta consideración, hecho corroborado por los minerales densos de la fracción arena. En Aguamansa III el hor. A es coluvial y no se trata de un material homogéneo, la naturaleza, grado de redondeamiento y tamaño de los fragmentos en las partes superficial y profunda pone de manifiesto la existencia de fuentes diferentes.

3. *Formas de humus*

El grado de humificación, el contenido en excrementos de la edaofauna y la presencia de hitas y esclerocios de hongos, en un estudio de la contextura del humus, le definen como moder, la humificación se incrementa en este orden: Aguamansa III-Aguamansa I-Aguamansa II.

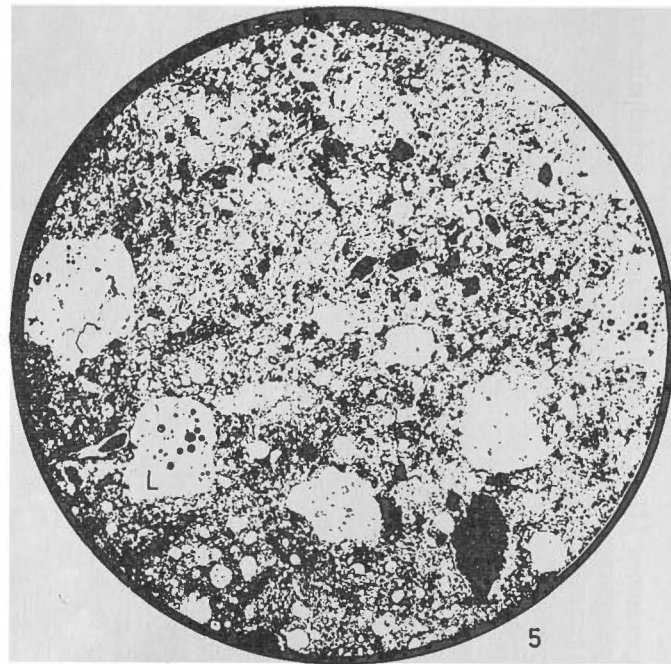
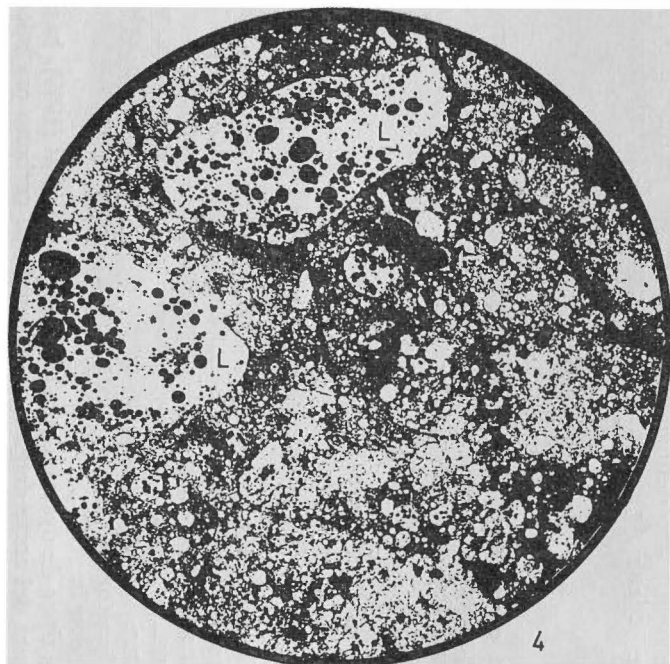
4. *Porosidad*

La contextura es suelta; hay cavidades interconectadas, bioporos y grietas de retracción. Este dato está de acuerdo con los valores que tenemos de la densidad aparente baja, en Aguamansa II es de 0,6 gr/cm³ para los horizontes A y (B)C, y 0,7 gr./cm³ para los horizontes (B)₁ y (B)₂.

5. *Otras características micromorfológicas de estos suelos.*

En todos los horizontes se encuentran agregados redondeados, muy estables, que proceden de la alteración de las rocas, a veces se puede reconocer su estructura en el centro del agregado; el tamaño varía entre 0,5 y 0,03 mm., y se encuentran sólo o unidos a otros para formar agregados mayores. El contenido en cantidad considerable de estos agregados está de acuerdo con el valor de SiO₂ bajo obtenido en el perfil en relación con la Al₂O₃.

Respecto a los tipos de dystrandeps que describe Kawai (1969), basados en la contextura del corte delgado y contenido en carbono orgánico, no son similares los andosoles de Japón y Tenerife.



2 mm.

Fig. 4.—Corte delgado del hor. (B), 86-94 cm. perfil Aguamansa II.

Fig. 5.—Corte delgado del hor. (B), 34-42 cm., perfil Aguamansa II. Se observa que el tamaño de los fragmentos de lapilli (L.), muy alterado, disminuye a medida que nos acercamos a la superficie.

Los huecos están en negro.

No se observan indicios de translocación de arcilla, como hemos comprobado en otros grupos de andosoles.

RESUMEN

Se estudia la microestructura de dystrandepts representativos en Tenerife (Islas Canarias) para conocer mejor este grupo de andosoles, sobre todo su génesis.

Se seleccionan los perfiles de Aguamansa I, II y III. Un examen micromorfológico muestra contextura isotica (X 63), suelta; distribución relativa de partículas gruesas y finas de tipo enaílico; abundancia de fragmentos de roca, especialmente lapilli y microagregados redondeados, muy estables, que proceden de la alteración del lapilli. El humus es moderado en los tres perfiles, siendo la humificación más intensa en Aguamansa II.

El material originario es principalmente lapilli sin alterar, pelagonita o lapilli muy alterado.

El horizonte A del perfil de Aguamansa III es coluvial, mientras que el horizonte A de Aguamansa I y II muestra mucho menos material coluvial.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife
Instituto de Edafología y Biología Vegetal*

BIBLIOGRAFÍA

- BENAYAS, J.; ALONSO, J., and FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1974). Effect of the ecological environment on the micromorphological and mineralogy of Andosols (Tenerife Island), In: Soil Microscopy (ed. by G. K. Rutherford). Proceed. IVth Int. Work. M. Soil Micromorphology. The Limestone Press, Kingston., 306-319.
- BREWSTER, R. (1974). Fabric and Mineral Analysis of soils. John Wiley. New York, 470 pp.
- CAROZZI, A. V. (1960). Microscopic Sedimentary Petrography. John Wiley, New York, 485 pp.
- ESWARAN, H. and BAÑOS, C. (1976). Related distribution patterns in soils and their significance. An. Edaf. Agrobiol., 35, 33-45.
- FERNÁNDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERÓ, M. L. (1975). Andosoles de las Islas Canarias. Caja Gral. Ahorros. Sta. Cruz de Tenerife, 210 pp.
- FUSTER, J. M. et al. (1968). Geología y volcanología de las Islas Canarias, Tenerife. Inst. «Lucas Mallada», C. S. I. C., Madrid, Imp. Aguirre, 218 pp.
- KAWAI, K. (1969). Micromorphological Studies of Andosols in Japan. Bull. Nat. Inst. Agric., Japan, 145-154, pp.
- KUBIENA, W. L. (1952). Claves sistemáticas de suelos. C.S.I.C., Madrid, 388 pp.
- KUBIENA, W. L. (1956). Materialien zur geschichte der Bodenbildung an den Westkanaren. Trans. Sixth. Int. Congr. Soil Sci., 38: 241-246 pp.
- TEJEDOR SALGUERÓ, M. L. y FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1975a). Andosoles canarios (V): An. Edaf. Agrobiol., 34: 335-346.
- TEJEDOR SALGUERÓ, M. L.; QUANTIN, P.; RODRÍGUEZ PASCUAL, C. y FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1975). Andosoles canarios (VI). An. Edaf. Agrobiol., 34: 347-357.
- TEJEDOR SALGUERÓ, M. L. y FERNÁNDEZ CALDAS, E. (1975b). Andosoles canarios (XI). An. Edaf. Agrobiol., 34: 407-422.
- STOOPS, G. and JONGERIUS, A. (1975). Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distribution of fine and coarse particles. Geoderma, 13: 189-199.
- IV REUNIÓN NACIONAL DE SUELOS. (1975). Andosoles de las Islas Canarias. C.S.I.C., Centro Edaf. y Biol. Aplicada Tenerife, Ciclostil.

Recibido para publicación en 15-IX-76

EFECTOS DE LOS FERTILIZANTES MICROBIANOS SOBRE LA FLORACION DE TOMATE EN AUSENCIA DE ESTABLECIMIENTO DE LOS INOCULOS EN LA RIZOSFERA

por

J. A. OCAMPO y J. M. BAREA

SUMMARY

EFFECTS OF BACTERIAL FERTILIZERS ON TOMATO FLOWERING IN ABSENCE OF BACTERIAL ESTABLISHMENT IN THE RHIZOSPHERE

In a combined application of microbial (*Azotobacter* and phosphobacteria) and mineral (NPK) fertilizers, in unsterile field soil, the introduced bacteria failed to be established, at an optimal level, in tomato rhizosphere. Although positive effects of bacterial «fertilizers» on flowering were showed.

The similarity in the effects produced by the different types of bacterial «fertilizers» suggest a common mode of action, being not antagonised by NPK addition. Since the effects resemble those produced by treatment with plant hormones, this mechanism could be based on the presence of such substances in the bacterial inocula, property shared *in vitro* by the *Azotobacter* and phosphobacteria tested.

INTRODUCCIÓN

En experiencias anteriores realizadas en este laboratorio (Ocampo et al., 1975; Ocampo y Barea, 1975 y Ocampo et al., 1976) se estudió la forma de conseguir un establecimiento de bacterias utilizadas como inóculos, lo más prolongado posible, en la rizosfera de suelo de cultivo. Circunstancia también investigada en cultivos de arena-materia orgánica (Azcón et al., 1974).

Todos los experimentos anteriores (Ocampo et al., 1975; Ocampo y Barea, 1975 y Ocampo et al., 1976) se llevaron a cabo utilizando *Lavandula spica* var. *vera* L. Como las plantas son un factor importante entre los determinantes del desarrollo de *Azotobacter* en el suelo (Krasil'nikov, 1961); y a que el tipo de planta puede decidir que sus raíces resulten un habitat favorable o antagonico para *Azotobacter* (Katznelson y Strzelczyk, 1961), era necesario comprobar si el establecimiento de las bacterias inoculadas variaba significativamente, al utilizar otro cultivo.

Al mismo tiempo, al haberse descrito que entre los mecanismos de acción de los abonos microbianos, uno de los más decisivos parece ser

la producción de fitohormonas por esos microorganismos (Brown, 1974), se intenta comprobar estas circunstancias en el presente trabajo.

Se utilizó tomate planta extractora debido a que se conocen sus parámetros de crecimiento en relación con su sensibilidad a los efectos de las hormonas comerciales o producidas por las bacterias inoculadas (Azcón et al., 1975 y Marfil et al., 1975).

MATERIAL Y MÉTODOS

Microorganismos

Se utilizaron tres bacterias solubilizadoras de fosfatos: *Pseudomonas* sp., *Agrobacterium* sp. y *Bacillus* sp. Estas estirpes fueron seleccionadas por Azcón et al. (1973), entre 50 fosfobacterias. Poseían, en cultivo puro, la capacidad de solubilizar fosfatos orgánicos y fosfato de roca, también eran productoras de hormonas vegetales de acuerdo con Barea et al. (1976). De otro lado, cumplían los requisitos de persistencia en su capacidad para solubilizar fosfatos y de producir beneficio inmediato al vegetal, condiciones exigidas a las fosfobacterias para ser seleccionadas (Ramos-Cormenzana, 1970). Para la preparación de inóculos, las bacterias se cultivaron en medio líquido de Brown (1972), manteniéndolas en agitación durante diez días a 28° C. En el momento de la inoculación se hizo un recuento en placa de Petri con medio de Ramos y Callao (1967). Cada cultivo contenía 10⁹ fosfobacterias/ml., aproximadamente. El inóculo utilizado fue una mezcla a partes iguales de los tres cultivos de fosfobacterias.

Se emplearon tres *Azotobacter*: A₆ (*A. chroococcum*), cedido por el Dr. Brown (Rothamsted, Experimental Station, Inglaterra), capaz de producir auxinas y giberelinas (Brown y Burlinghan, 1968), A₄ (*A. vinelandii*) y A₅ (*A. beijerinckii*), aislados en este departamento. Estos son también productores de auxinas, giberelinas y citoquininas (Azcón y Barea, 1975). Cada *Azotobacter* se cultivó en agitación durante catorce días a 28° C. En el momento de la inoculación se hizo un recuento en placa de Petri con medio sólido de Brown et al. (1962 a). Cada cultivo de *Azotobacter* contenía unas 10⁸ células/ml., aproximadamente. El inóculo utilizado fue una mezcla a partes iguales de los tres cultivos de *Azotobacter*.

Suelo

Se utilizó un suelo, proveniente de la provincia de Granada, de tipo pardo calizo (A, B y C), con pH = 7,6 y que contenía 30 mg/Kg. de P₂O₅, 132 mg/Kg. de N y 45 mg/Kg. de K₂O. Tenía: 9,70 por 100 de arena gruesa, 22,80 por 100 de arena fina, 19,25 por 100 de limo y 48,22 por 100 de arcilla. Asimismo contenía 1,1 por 100 de materia orgánica.

Plantas

Se utilizaron plantas de tomate. Las semillas se hicieron germinar en arena húmeda y una vez emergidas las plántulas se regaron con agua desionizada, realizándose el trasplante a las cuatro semanas de la germinación. En el momento del trasplante, a las raíces se les aplicó 0,1 ml. del correspondiente inóculo. Por tanto, cada plántula recibió, aproximadamente, 10^8 fosfobacterias y/o 10^7 *Azotobacter*.

Tratamientos

Al suelo se le añadió un 2 por 100 (P/P) de estiércol de granja. Sobre éste se aplicaron los siguientes tratamientos:

Fertilizantes microbianos

C = Control (cultivo de bacterias muertas al autoclave)
(5 repeticiones).

P = Inóculo de bacterias solubilizadoras de fosfatos
(5 repeticiones).

A = Inóculo de *Azotobacter*
(5 repeticiones).

A + P = *Azotobacter* más fosfobacterias
(5 repeticiones).

Fertilizantes químicos.—Se utilizó un fertilizante soluble que contenía:

8,774 g de $PO_4H_2K/1$.
25,71 g de $(NO_3)_2Ca/1$.
12,00 g de $(NO_3)NH_4/1$.

Se aplicó una dosis de 10 ml/Kg de suelo en las épocas que se citan a continuación.

1. No se aplicó solución nutritiva en ningún momento del ensayo.
2. Se aplicó una dosis al colocar la plántula, o sea simultáneamente a los tratamientos microbianos.
3. No se aplicó dosis al trasplantar, pero se abonó, a las diez semanas del trasplante.
4. Se aplicó una dosis al trasplantar y otra a las diez semanas del trasplante.

Los tratamientos químicos y biológicos se combinaron de tal manera que cualquier tratamiento microbiano sufría todos y cada uno de los tratamientos químicos y viceversa.

Las plantas se cultivaron durante dieciséis semanas en invernadero a 19-25° C, recibiendo agua mediante un sistema de subirrigación. El agua ascendía automáticamente, por capilaridad, cuando era necesario. De esta forma no se afectan las propiedades físicas del suelo.

Se utilizaron 80 macetas de 2 Kg de capacidad (16 tratamientos por 5 repeticiones). Los 16 tratamientos resultan de aplicar 4 tratamientos químicos por 4 tratamientos microbianos.

Determinaciones

Durante el experimento se realizaron cada quince días tomas de muestras de suelo rizosférico como describen Brown et al. (1962 b) y Barea y Brown (1974). Se tomaron aproximadamente 1,5 g de suelo rizosférico de cada una de las 80 macetas. El primer muestreo se realizó seis semanas después del trasplante con objeto de no dañar las raíces de las plántulas.

Para los recuentos de *Azotobacter* se utilizaron diluciones seriadas al 1/10 de cada tratamiento, y se sembraron en medio sólido carente de nitrógeno (Brown et al., 1962 a).

Para establecer una base de referencia en los recuentos el suelo rizosférico de las muestras tomadas se recuperó de las diluciones 10^{-1} y 10^{-2} , secándolas a 105° C y pasándolas a continuación. El número de bacterias se refirió a un gramo de suelo rizosférico seco.

Las fosfobacterias se contaron en un medio de Ramos y Callao (1967) que contenía 0,02 por 100 de fosfato de roca. La solubilización se detectó por formación de halos alrededor de las colonias.

Al iniciarse la floración (coincidiendo aproximadamente con el recuento bacteriano núm. 2), cada dos días se contó: a) Número de botones florales (coeficiente 1). b) Número de botones mostrando color (coef. 2). c) Número de flores abiertas (coef. 3). d) Número de flores «muertas» (para dar fruto) (coef. 4). e) Número de frutos (coef. 5).

Para calcular el «grado» de floración se multiplica el número de elementos de cada estadio por su coeficiente, obteniéndose después la media por tratamiento y día de recuento. Así se logra el «grado» por día de recuento. Posteriormente, se construyen gráficas en las que se representan los «grados» de floración con respecto al tiempo, para cada uno de los tratamientos. Interrumpiéndose ésta cuando se efectuó el 5.º recuento bacteriano.

RESULTADOS

La tabla I muestra los resultados del recuento de *Azotobacter* en rizosfera de tomate inoculada, bien con esta bacteria sola (tratamiento A), o bien en combinación con bacterias solubilizadoras de fosfatos (tratamiento A + P). En todos los casos el número de *Azotobacter* disminuye de forma considerable, a lo largo del ensayo, pero siempre se obtuvo mayor número de *Azotobacter* en la rizosfera de las plantas en las que esa bacteria se había inoculado conjuntamente con bacterias solubilizadoras de fosfatos, que en las que se había inoculado *Azotobacter* solo. Los tratamientos químicos no tienen gran influencia sobre el número de *Azotobacter* excepto en el tratamiento 2, cuando se aplican al comienzo de la floración.

TABLA I

Cifras de Azotobacter en rizosfera de tomate

Tratamiento aplicado		N.º de azotobacter ($\times 10^4$)/g de suelo seco				
Fertilizante		(Recuento número):				
químico	bacteriano	1	2	3	4	5
1	A	216	233	29	34	12
	A + P	256	1148	428	405	16 (*) 11 21 (*)
2	A	256	437	46	28	25
	A + P	350	505	463	420	96 (*) 49 147 (*)

Tratamientos químicos aplicados:

1. No se aplicó.

2. Inicialmente.

(*) Al comienzo de la floración.

A = Macetas inoculadas con *Azotobacter*.A + P = Macetas inoculadas con *Azotobacter* y fosfobacterias.

TABLA II

Cifras de fosfobacterias en rizosfera de tomate

Tratamiento aplicado		N.º de fosfobacterias ($\times 10^5$)/g de suelo seco (**)				
Fertilizante		(Recuento número):				
químico	bacteriano	1	2	3	4	5
1	P	206	122	90	62	8
	A + P	182	114	83	57	15 (*) 9 16 (*)
2	A	71	66	63	61	28
	A + P	238	105	86	68	38 (*) 32 47 (*)

(**) Los recuentos incluyen las fosfobacterias inoculadas y las existentes de forma normal en el suelo.

Tratamientos químicos aplicados:

1. No se aplicó.

2. Inicialmente.

(*) Al comienzo de la floración.

P = Macetas inoculadas con fosfobacterias.

A + P = Macetas inoculadas con *Azotobacter* y fosfobacterias.

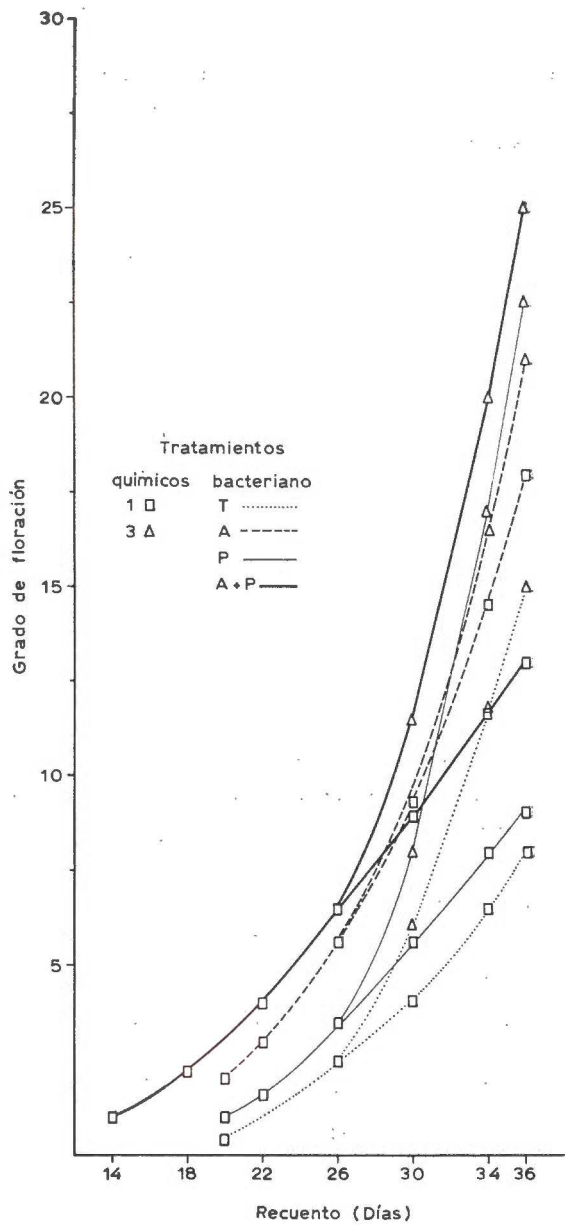


Fig. 1

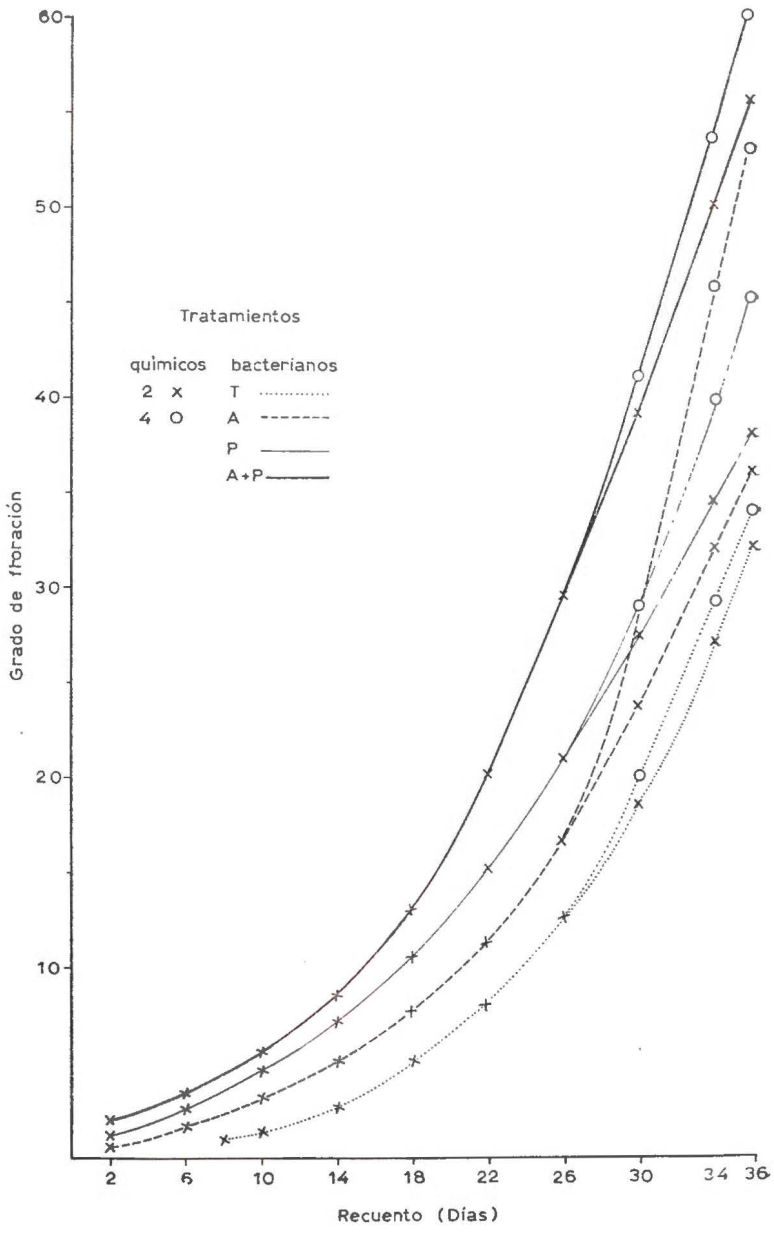


Fig. 2

En la tabla II se observan los resultados de los diferentes recuentos efectuados en muestras de rizosfera de tomate con diferentes tratamientos químicos y bacterianos. Las cifras de fosfobacterias fueron superiores cuando se aplicaban conjuntamente con *Azotobacter*, excepto en el tratamiento químico 1. Es de destacar que las cifras de fosfobacterias, cuando éstas se inoculaban individualmente, fueron superiores en el tratamiento 1 que en el 2.

A partir del recuento número 5 las cifras de *Azotobacter* (tabla I), como las de fosfobacterias (tabla II), descendieron hasta niveles subóptimos de forma tal que no se encontraron cifras apreciables de estos microorganismos.

Las gráficas 1 y 2 representan la evolución de los procesos de floración, expresada en forma de «grado de floración». Aunque este «grado de floración» se determinó cada dos días, sólo se representa en períodos de cuatro días con objeto de no complicar la figura. Este «grado de floración» se ha obtenido a partir de resultados acumulativos y de todo el tratamiento (no la media por macetas).

La gráfica 1 muestra que el tratamiento A + P es el que provoca una mayor precocidad de floración.

En la gráfica 2 se pone de manifiesto que el abono inorgánico induce una mayor precocidad de floración, pero ésta siempre es superior cuando se inoculan bacterias (*Azotobacter* o fosfobacterias), sobre todo cuando éstas se inoculan conjuntamente (tratamiento A + P).

DISCUSIÓN

En el caso de inoculación conjunta de *Azotobacter* con fosfobacterias (tabla I, tratamiento A + P) se consigue un mayor número de *Azotobacter* en la rizosfera de tomate que cuando se inocula individualmente (tratamiento A). Para buscar la causa de tal efecto hay que volver, de acuerdo con Ocampo et al. (1975 y 1976), a pensar que las fosfobacterias estimulan de algún modo el desarrollo de la población de *Azotobacter*.

En relación con el efecto del abono inorgánico aplicado al inocular, la cifra de *Azotobacter* (tabla I) es similar en tratamiento químico 2 que en 1, o sea, el abono inorgánico no favorece el desarrollo de *Azotobacter*. Este hecho puede explicarse, según Ocampo et al. (1976), por una estimulación de los microorganismos antagonistas frente a *Azotobacter* en la rizosfera de las plantas tratadas con NPK.

Por la misma causa (tabla II), el abono inorgánico no favorece, sino que perjudica el establecimiento de las fosfobacterias, pues hay menor número de bacterias solubilizadoras de fosfatos en tratamiento químico 2 que en 1. Sin embargo, la estimulación de fosfobacterias por *Azotobacter* (Ocampo et al., 1975 y 1976) es lo suficientemente elevada como para que haya una cifra considerable de fosfobacterias (tratamiento A + P), a pesar de la acción de los microorganismos amensalistas.

Como muestra la gráfica 1, hay una mayor precocidad de floración en los tratamientos inoculados conjuntamente con *Azotobacter* y fosfobacterias, esta acción se debe indudablemente a la acción de los *Azotobacter*, ya que en el recuento núm. 3 (tabla I) se observa una dife-

rencia considerable, en el número de *Azotobacter*, entre los tratamientos A y A + P, mientras que las cifras de fosfobacterias son similares en ambos tratamientos (tratamientos P y A + P, tabla II).

En las revisiones de Mishustin y Shil'Nikova (1971) y Brown (1974) concluyen que el efecto positivo de los *Azotobacter* en el crecimiento de las plantas no puede atribuirse a un enriquecimiento del medio con nitrógeno combinado. De forma similar, Tinker y Sanders (1975) opinan que las bacterias solubilizadoras de fosfatos, *in vitro*, no incrementan el nivel de fósforo en el suelo. Estas observaciones están en concordancia con los resultados observados en la gráfica 2, en la que se muestra una mayor precocidad de floración en aquellos tratamientos en los que se habían inoculado bacterias (*Azotobacter* y/o fosfobacterias), a pesar de haber exceso de nitrógeno y fósforo asimilables. De lo que se deduce, y de acuerdo con la opinión de diversos autores, que la producción de fitohormonas es el principal mecanismo de acción que explica los efectos positivos, sobre el crecimiento de las plantas, encontrados por la aplicación de «fertilizantes» microbianos.

En las revisiones de Brown et al. (1968) y Brown (1974), la literatura científica recogida apoya dicha idea. El hecho de que los efectos sobre el crecimiento (gráficas 1 y 2) sean muy parecidos independientemente del tipo de bacteria inoculada, y que dicho efecto no sólo no es incompatible con los fertilizantes NPK, sino que incluso tal abonado inorgánico aplicado en dosis adecuadas exalta la acción, sugiere que los distintos tipos de «fertilizantes» microbianos actúan por un mecanismo común. La precocidad con que se muestran los efectos y los síntomas más sobresalientes hacen pensar en el mecanismo hormonal. En los trabajos de este laboratorio (Azcón et al., 1973; Barea et al., 1974 y Azcón et al., 1974) se ha puesto de manifiesto la importancia de este mecanismo de acción en el comportamiento de las bacterias inoculadas y su repercusión sobre el crecimiento de las plantas, mecanismo confirmado, indirectamente, mediante la aplicación de fitohormonas comerciales (Marfil et al., 1975).

No cabe duda que un aporte extra de sustancias reguladoras de crecimiento vegetal, cuando la planta se encuentra en un estadio crítico de su desarrollo, confiere al vegetal un estímulo importante. Consecuentemente, plantas más vigorosas, en función del aporte hormonal provocado por el inóculo bacteriano (gráficas 1 y 2), poseen una capacidad superior a los controles no inoculados para alcanzar un mayor desarrollo, debido a la propia inercia del proceso, a pesar de que las cifras de bacterias decaigan rápidamente.

En experiencias anteriores (Ocampo et al., 1975 y 1976), en las que solo se variaba el tipo de planta, se encontraron mejores niveles de establecimiento de inóculos bacterianos que en la presente, utilizando tomate. Esto induce a pensar, de acuerdo con varios autores (Clark, 1948; Ulyashova, 1965 y Brown, 1974) que las plantas de tomate poseen un efecto negativo muy marcado sobre el establecimiento de las bacterias inoculadas.

RESUMEN

En un ensayo de fertilización biológica en el que se aplican *Azotobacter* y fosfobacteria combinadamente con NPK, en un suelo de cultivo natural (no esteril), no se consiguió el establecimiento de las bacterias introducidas en rizosfera de tomate. Sin embargo, los «fertilizantes» microbianos produjeron efectos positivos en la floración de dicha planta.

El hecho de que los distintos tratamientos bacterianos ensayados produjeran efectos similares sugiere un mecanismo de acción común, que no es antagonizado por la adición de NPK. Los efectos son muy parecidos a los que se consiguen inoculando fitohormonas en rizosfera de tomate, y teniendo en cuenta que las bacterias usadas demostraron producir tales sustancias *in vitro*, se puede sugerir que la actividad de los inóculos bacterianos en los procesos reproductivos de la planta esté basada en la presencia de tales compuestos fitoactivos en los cultivos de *Azotobacter* y fosfobacterias ensayados.

Estación Experimental del Zaidín. Granada.

BIBLIOGRAFÍA

- AZCÓN, R. y BAREA, J. M. (1975). Synthesis of auxins, gibberellins and cytokinins by *A. beijerinckii* and *A. vinelandii* related to effects produced on tomato plants. *Plant Soil*, **43**, 609-619.
- AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. (1973). Selección de microorganismos movilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno para utilizarlos como fertilizantes biológicos en cultivos enarenados. *Cuad. C. Biol.*, **21**, 23-30.
- AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. (1973). Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de fósforo y *Rhizobium* en cultivos enarenados de judía. I. *Microbiol. Españ.*, **26**, 31-39.
- AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. (1973). Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de fósforo y *Rhizobium* en cultivos enarenados de judía. II. *Microbiol. Esp.*, **26**, 135-147.
- AZCÓN, R., BAREA, J. M. y HAYMAN, D. S. (1975). Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria. *Soil Biol. and Biochemistry*, **8**, 135-138.
- AZCÓN, R., GÓMEZ, M. y BAREA, J. M. (1974). Efectos de la aplicación conjunta de fertilizantes químicos y microbianos (*Azotobacter* + fosfobacterias) en cultivos «enarenados» de tomate. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, **33**, 863-878.
- BAREA, J. M. y BROWN, M. E. (1974). Effects on plant growth produced by *Azotobacter paspali* related to synthesis of plant growth regulating substances. *J. Appl. Bact.*, **37**, 583-593.
- BAREA, J. M., NAVARRO, E. y MONTOYA, E. (1976). Plant growth regulators produced by phosphate-solubilizing bacteria. *J. Appl. Bact.*, **40**, 129-134.
- BAREA, J. M., NAVARRO, E., PALOMARES, A. y MONTOYA, E. (1974). A rapid microbiological assay method for auxins, gibberellic acid and kinetin using yeast. *J. Appl. Bact.*, **37**, 174.
- BROWN, M. E. (1972). Plant growth substances produced by microorganisms of soil rhizosphere. *J. Appl. Bact.*, **35**, 433-451.
- BROWN, M. E. (1974). Seed and roots bacterization. *Ann. Rev. Phytopathol.*, **12**, 181-197.
- BROWN, M. E. y BURLINGHAN, S. K. (1968). Production of plant growth substances by *Azotobacter chroococcum*. *J. Gen. Microbiol.*, **53**, 135-144.
- BROWN, M. E., BURLINGHAN, S. K. y JACKSON, R. M. (1962 a). Studies on *Azotobacter* species in soil. *Plant Soil*, **3**, 309-319.
- BROWN, M. E., BURLINGHAN, S. K. y JACKSON, R. M. (1962 b). Studies on *Azotobacter* species in soil. II. Populations of *Azotobacter* in the rhizosphere and effect or artificial inoculation. *Plant Soil*, **17**, 320-332.
- BROWN, M. E., JACKSON, R. M. y BURLINGHAN, S. K. (1968). Effects produced on tomato plants, *Lycopersicon esculentum*, by seed or root treatment with gibberellic acid and indol-3 y P-acetic acid. *J. Exp. Bot.*, **19**, 544-552.

- CLARK, F. E. (1948). Azotobacter inoculation of crops. III. Recovery of Azotobacter from the rhizosphere. *Soil Sci.*, 65, 193-202.
- KATZNELSON, H. y STRZELCZYK, E. (1961). Studies on the interaction of plants and free-living nitrogen fixing micro-organisms. *Can. J. Microbiol.*, 7, 437-446.
- KRASIL'NIKOV, N. A. (1961). Soil microorganisms and higher plants. Akad. Nauk. SSSR, Moscow (Traduc. por Israel Program. Sci. Tranl., Washington, D. C.).
- MARFIL, J. M., BAREA, J. M. y RECALDE, L. (1975). Efectos del tratamiento con fitohormonas, aplicadas en concentraciones a las que son producidas por las bacterias del suelo sobre cultivos «enarenados» de tomate. Memoria de Licenciatura. Universidad de Granada.
- MISHUSTIN, E. N. y SHIL'NIKOVA, V. K. (1971). Biological fixation of atmospheric nitrogen. Macmillan, London.
- OCAMPO, J. A., BAREA, J. M. y MONTOYA, E. (1975). Interactions between Azotobacter and «phosphobacteria» and their establishment in the rhizosphere as affected by soil fertility. *Can. J. Microbiol.*, 21, 1160-1165.
- OCAMPO, J. A. y BAREA, J. M. (1975). Influencia de *Bdellovibrio* en el establecimiento de Azotobacter inoculado en rizosfera de *Lavandula*. V Congreso Nacional de Microbiología. Salamanca.
- OCAMPO, J. A., BAREA, J. M. y MONTOYA, E. (1976). Investigación de los factores ecológicos que afectan el establecimiento en la rizosfera de microorganismos utilizados como fertilizantes biológicos: Azotobacter y fosfobacterias. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- RAMOS-CORMENZANA, A. (1970). Criterios de selección de fosfobacterias. *Ars. Pharm.*, XI, 449-454.
- RAMOS, A. y CALLAO, V. (1967). El empleo de la solubilización de fosfatos en placa como técnica diferencial bacteriana. *Microbiol. Españ.*, 20, 1-12.
- TINKER, P. B. y SANDERS, F. E. (1975). Rhizosphere microorganisms and plant nutrition. *Soil Sci.*, 119, 363-368.
- ULYASHOVA, R. M. (1965). The microflora of a gravel tomato culture. *Priroda* (3), 120-121.

Recibido para publicación: 15-IX-76

RELACIONES FISIOLÓGICAS DE BIOELEMENTOS EN BROTE DE *PRUNUS PERSICA*

por

A. ORTUÑO, T.^a ARMERO, A. HERNANSAEZ y J.^a NOGUERA

SUMMARY

PHYSIOLOGICAL RELATIONSHIPS OF BIOELEMENTS IN THE BUD OF *PRUNUS PERSICA*

In the present paper are studied the very great transformations in the ash composition of the Jerónimo II peachtree bud, during the different times of the buddings.

The stated regression equations and their plottings, are manifestyint the rules about the following relations: sum of cations; divalent cations/monovalent cations ratio; sum of cations/nitrogen plus phosphorous; sum of cations/iron plus manganese; sum of cations/iron plus zinc; sum of cations/iron plus manganese plus zinc iron plus manganese/nitrogen ratio, and to finish iron plus manganese/phosphorus ratio.

INTRODUCCIÓN

Las más recientes investigaciones que han interpretado ontogénicamente la morfología floral (2, 4, 7, 10, 11), consideran la flor como homóloga del brote, y ponen de manifiesto que los órganos florales y las hojas de las plantas han experimentado un desarrollo evolutivo semejante, teniendo ambos un origen filogenético común. Por todo ello, se ha subrayado la unificación de estos tipos de estructuras, definiéndose como apéndices foliformes o filomas (1, 12), cuyas diferencias morfológicas y estructurales resultan de las divergencias en la forma de crecimiento y distribución de los meristemas.

Siempre se ha considerado que la flor consta de un eje reducido de crecimiento limitado, provisto de partes florales, las cuales son miembros de la misma categoría que las hojas; es decir, la flor es como un brote corto provisto de hojas modificadas (9, 13).

En los distintos órganos florales varía el grado de semejanza con las hojas. Los sépalos y los pétalos son en esencia completamente foliformes (3, 5, 6).

El presente trabajo pretende esclarecer algunos aspectos en las relaciones de bioelementos durante el crecimiento y desarrollo del brote en especies del género *Prunus*.

PARTE EXPERIMENTAL

*Material y métodos**Planta, suelo y agua*

Las características de los melocotoneros elegidos, las propiedades del suelo donde vegetan, el agua de riego utilizada, así como la fertilización racional aplicada, han sido descritas en otra comunicación (9).

Toma de muestras y análisis del material vegetal

La toma de muestras de brote se ha realizado durante la época de brotación primaveral (mes de marzo), a intervalos de tres días.

Para la mineralización y análisis del material vegetal se han seguido las técnicas utilizadas en trabajos anteriores (2, 8).

RESULTADOS

Cationes (Na + K + Ca + Mg)

La evolución de los valores de (Na + K + Ca + Mg) en brote, evidencia un fuerte descenso en la primera parte de la estación, para a continuación ascender levemente al final del ciclo vegetativo.

El máximo corresponde a mediados de marzo, cuando se inicia la brotación, con un valor de 116,45. En los momentos de la fructificación, primeros del mes de abril, se encuentra el valor mínimo: 88,81 (fig. 1).

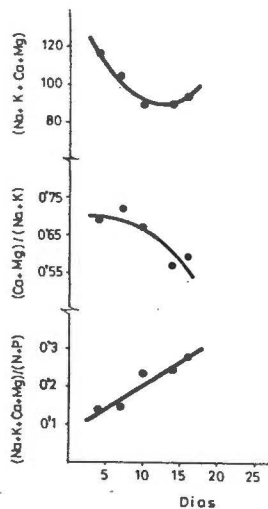


Fig. 1

La evolución considerada responde a la ecuación de regresión:

$$y = 37,51 \cdot 10^{-2} t^2 - 95,89 \cdot 10^{-1} t + 150,05,$$

que resulta, según comprobamos a continuación, altamente significativa ($R = 0,986$).

$$\text{Razón: } (Ca + Mg)/(Na + K)$$

Los valores que hemos encontrado para la razón $(Ca + Mg)/(Na + K)$ en brote, son mayores en el primer período de la brotación; disminuyen paulatinamente a medida que ésta avanza, y alcanzan los mínimos en la época de la fructificación. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los valores correspondientes oscilan entre 0,723 y 0,567 (fig. 1).

La correlación obtenida viene expresada por la ecuación de regresión que se expone seguidamente:

$$y = -9,00 \cdot 10^{-4} t^2 + 65,00 \cdot 10^{-4} t + 69,15 \cdot 10^{-2},$$

que es significativa al 0,1 por 100 ($R = 0,903$).

$$\text{Razón: } (Na + K + Ca + Mg)/(N + P)$$

Los resultados indicados en la figura 1, muestran la dinámica de la razón $(Na + K + Ca + Mg)/(N + P)$ en brote de melocotonero en función del tiempo. En los valores obtenidos observamos un aumento continuo, que indica acumulación por el brote de alcalinos, alcalinotérreos, nitrógeno y fósforo, teniendo tendencia a equilibrar el suministro de los mismos en los diferentes momentos de la floración primavera-vernal. El máximo corresponde a mediados de marzo, coincidiendo con la plenitud de la floración; alcanzan un valor máximo de 0,276, y mínimo de 0,134. La ecuación de regresión se expone a continuación:

$$y = 12,25 \cdot 10^{-3} t + 80,85 \cdot 10^{-3},$$

cuyo coeficiente es: $r = 0,955$, significativo al 0,1 por 100.

$$\text{Razón: } (Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Mn)$$

Observamos, según los resultados experimentales expresados en la figura 2, que los valores de la mencionada razón en brote, alcanzan el máximo valor en el período que coincide con la plena floración: 303; el mínimo, lo adquieren durante la formación de los pequeños frutos: mes de abril.

A la regresión obtenida entre los valores $(Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Mn)$ con relación al tiempo, le corresponde la siguiente ecuación:

$$y = -87,80 \cdot 10^{-2} t^2 + 72,67 \cdot 10^{-1} t + 289,01,$$

que es altamente significativa y cuyo coeficiente de relación es: ($R = 0,983$) significativa al 0,1 por 100.

$$\text{Razón: } (Fe + Mn)/(N)$$

Al examinar la evolución fisiológica de la razón $(Fe + Mn)/(N)$ en brote de melocotonero, durante la época primaveral, observamos un aumento continuo a medida que avanza la estación, hasta alcanzar el máximo durante la fructificación: 0,00287. Los valores de esta razón son mínimos al principio de la brotación: mediados de marzo (fig. 3).

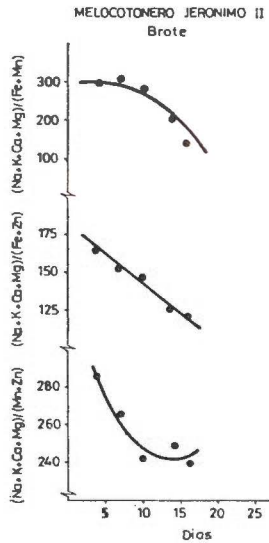


Fig. 2

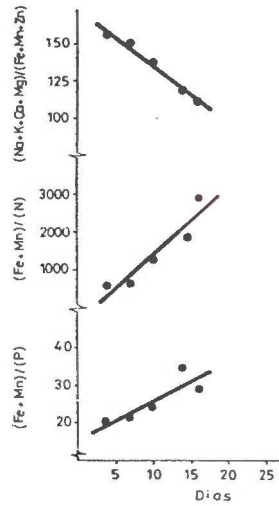


Fig. 3

Esta relación presenta una correlación significativa al nivel de probabilidad del 0,1 por 100, y cuya ecuación de regresión se especifica seguidamente:

$$y = 18,42 \cdot 10^{-5} t - 44,85 \cdot 10^{-5}.$$

El coeficiente de correlación y nivel de probabilidad se expone a continuación: ($r = 0,947$), significativa al 0,1 por 100.

$$\text{Razón: } (Fe + Mn)/(P)$$

La figura 3 muestra la dinámica de esta razón en brote de melocotonero. En los valores obtenidos observamos un aumento continuo, que indica acumulación de estos bioelementos por el brote.

A la correlación calculada le corresponde la ecuación de regresión que se expone a continuación:

$$y = 10,41 \cdot 10^{-5} t + 15,25 \cdot 10^{-4},$$

significativa al nivel de probabilidad del 0,1 por 100 ($r = 0,872$).

$$\text{Razón: } (Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Zn)$$

La evolución de esta razón en brote de la variedad de *Prunus* estudiada, la exponemos en la figura 2.

Los valores analíticos descienden linealmente, obteniéndose los niveles mínimos al final de la brotación, con un valor de 119,08. La concentración más elevada la observamos al principio de ésta, alcanzando un valor de 164,48.

La correlación existente, corresponde a una regresión altamente significativa, 0,1 por 100, representada por la ecuación:

$$y = -39,28 \cdot 10^{-1} t + 182,37$$

($r = 0,996$).

$$\text{Razón: } (Na + K + Ca + Mg)/(Mn + Zn)$$

Del estudio de la evolución de la mencionada razón en brote de melocotonero Jerónimo II (fig. 2), deducimos que en ésta los niveles máximos aparecen en los primeros momentos primaverales; en la época en que comienza la fructificación, coinciden los valores mínimos. El comportamiento de estas relaciones, conduce a una regresión curvilínea, de naturaleza parabólica, representada por la correspondiente ecuación:

$$y = 44,59 \cdot 10^{-2} t^2 - 125,07 \cdot 10^{-1} t + 328,77,$$

significativa al 0,1 por 100; y su coeficiente de correlación es ($R = 0,960$).

$$\text{Razón: } (Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Mn + Zn)$$

Si estudiamos detenidamente la figura 3, observaremos que los niveles de esta razón son mayores al iniciarse la brotación, disminuyen a medida que avanzan los momentos primaverales, y alcanzan los contenidos mínimos en el período en que comienza la fructificación.

La evolución descrita corresponde a una regresión altamente significativa, 0,1 por 100, cuya ecuación especificamos seguidamente:

$$y = -37,52 \cdot 10^{-1} t + 172,56,$$

con coeficiente de correlación ($r = 0,993$).

CONCLUSIONES

Este trabajo experimental ha sido realizado en melocotonero (*Prunus persica* Stokes; var. Jerónimo II), y en él se demuestra la especificidad del comportamiento fisiológico de los bioelementos en esta especie vegetal durante los momentos estacionales de la brotación.

En el estudio de la evolución $(Na + K + Ca + Mg)$ se aprecia descensos continuos de sus valores a medida que avanza el período de la brotación, hasta alcanzar los mínimos en los momentos de la plenitud del brote. Lo que demuestra las grandes necesidades de los elementos alcalino y alcalinotérreos indicados para el desarrollo de la especie vegetal considerada.

Las evoluciones de $(Ca + Mg)/(Na + K)$ y $(Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Mn)$ descienden de una manera regular desde el comienzo hasta el final de la brotación.

El estudio de las relaciones $(Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Zn)$, $(Na + K + Ca + Mg)/(Mn + Zn)$ y $(Na + K + Ca + Mg)/(Fe + Mn + Zn)$ muestran en todo momento descensos progresivos e intensos, correlacionados con la edad en brote de *Prunus persica*. Se confirma una vez más, que los bioelementos alcalinos y alcalinotérreos están interrelacionados con los oligoelementos hierro, manganeso y cinc.

En brote de melocotonero las relaciones $(Na + K + Ca + Mg)/(N + P)$, $(Fe + Mn)/(N)$ y $(Fe + Mn)/(P)$ evidencian una acumulación fisiológica de los elementos alcalinos, alcalinotérreos y los oligoelementos hierro y manganeso respecto del nitrógeno y fósforo.

RESUMEN

En este trabajo se estudian las profundas modificaciones de la composición mineral del brote de melocotonero Jerónimo II, durante los distintos momentos de la brotación.

Las ecuaciones de regresión determinadas y sus representaciones gráficas ponen de manifiesto las leyes fisiológicas que rigen en las relaciones siguientes: suma de cationes; razón cationes divalentes/cationes monovalentes; suma de cationes/nitrógeno + fósforo; suma de cationes/hierro más manganeso; suma de cationes/hierro más cinc; suma de cationes/manganeso más cinc; suma de cationes/hierro más manganeso más cinc; relación hierro más manganeso/nitrógeno, y relación hierro más manganeso/fósforo.

Departamento de Biología.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALBAREDA, M. M. y MARTÍN, A. (1967). Estudio de las relaciones entre los diferentes compuestos minerales de gramíneas y leguminosas a lo largo del ciclo vegetativo. *Anal. Edaf. Agrob.*, 26, 1101-1114.
- (2) ARMERO, T.^a (1975). Nuevos aspectos en la dinámica de bioelementos durante el desarrollo de la hoja, flor y brote en *Prunus persica*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid.
- (3) CARPENA, O., MONLLOR, E. y HELLÍN, E. (1968). Técnicas de muestreo foliar en albaricoquero y melocotonero. II. Coloquio Europeo y Mediterráneo. Control de la Fertilización de las plantas cultivadas. Sevilla, 687-700.
- (4) EGEA, L., LEÓN, A. y CARPENA, O. (1972). Nutrition minérale chez certains *Prunus* L. Influence de l'espece. *Fruits*, 27, núm. 4, 287-291.
- (5) ESAU, KATHERINE (1959). Anatomía Vegetal. Ed. Omega, Barcelona.
- (6) MARTÍN-PREVEL, P., DEL BRASSINNE, J., LOSOIS, P. et LA EBOENILHE, J. J. (1966). Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliare. III. Influence du caractère fructifère ou non fructifère des rameaux, de leur haleur et de l'embranchement, *Fruits*, 21, 577-587.
- (7) ORTUÑO, A., HERNANDEZ, A., PARRA, M.^a et ARMERO, T.^a (1972). Etude physiologique des relations parmi bioéléments en *Prunus persica*. 3ème Colloque

- Européen et Méditerranée sur le controle de l'Alimentation des Plantes cultivées. Budapest (Hongría), Procceding.
- (8) ORTUÑO, A., PARRA, M.^a, HERNANSÁEZ, A. y ARMERO, T.^a (1972). Leyes fisiológicas que rigen el comportamiento del cinc en hoja, flor y brote de *Prunus persica*. IX Simposio Internazionale di Agrochimica, 1-6.
 - (9) ORTUÑO, A., PARRA, M.^a, HERNANSÁEZ, A. y ARMERO, T.^a (1972). Evoluciones y relaciones fisiológicas de bioelementos en hoja de *Prunus persica*. Anal. Eda. Agrob., 31, 333-346.
 - (10) RAMÍREZ MUÑOZ, J. (1967). Determinación de cinc en materiales vegetales por fotometría de llama por absorción atómica. Anal. Edaf. Agrob., 26, 12-11-1226.
 - (11) SEMININK, B. M. (1972). Nouvelle méthode de diagnostic des carences en potassium des arbre fruitiers. 3ème Colloque Européen et Méditerranéen sur le controle de l'Alimentation des Plantes Cultivees. Budapest (Hongrie). Procceding.
 - (12) SOMERS, J. I., SHIVE, J. W. (1942). The Iron-Manganese Relation in plant metabolism. Plant Physiology, 17, 582-602.
 - (13) TAYLOR, B. K., ENDE, B. VAN DEN, MILLIKAN, C. R. (1970). Influence of Fertilizers on Peach Trees. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 36, 233-236.

Recibido para publicación en 15-XI-76

RELACIONES ENTRE TEXTURA Y RETENCION DE HUMEDAD PARA EL MARGEN DE pF 4,2-6,0, EN SUELOS DE ANDALUCIA OCCIDENTAL

por

F. MORENO, J. MARTIN y J. L. ARRUE

SUMMARY

RELATIONSHIPS BETWEEN TEXTURE AND WATER HOLDING CAPACITY, IN THE RANGE pF 4.2-6.0, IN WESTERN ANDALUSIA SOILS

The present paper deals with the relation between texture and moisture retention in the range pF 4.2-6.0 (non available water) for typical soils in Western Andalusia.

The analysis of results shows that moisture retention is highly dependent on the content of fine particles. For pF values between 4.2 and 4.6, retention is controlled by the fraction of particles < 0.02 mm, whereas for the range 4.6-6.0, particles < 0.002 mm are predominant.

The relations found are useful to deduce the moisture retention of similar soils in our region from mechanical analysis data.

INTRODUCCIÓN

Un cierto número de trabajos, de los existentes en la bibliografía acerca de las propiedades físicas de los suelos, se han ocupado del análisis de las relaciones que dichas propiedades tienen entre sí. En este sentido, el estudio de las relaciones entre composición granulométrica y retención de humedad es uno de los que más atención ha merecido, como muestran los trabajos de Petersen y col. (1968), Salter y col. (1966, 1969), Abrol y col. (1968), Kivisaari (1971), entre otros. Estos trabajos nos presentan las relaciones existentes entre la textura del suelo y su capacidad de retención de agua útil, o contenido de humedad, entre pF 2,5 y 4,2, permitiendo establecer una valoración de este contenido de humedad a partir de los datos del análisis granulométrico del suelo considerado. Este tratamiento es de gran interés en la práctica agronómica, sobre todo en relación con el cálculo de las dotaciones de riego.

En los suelos de nuestra región, Martín (1972), ha encontrado relaciones similares a las de los autores anteriormente citados.

El objeto del presente trabajo es estudiar otro aspecto de la relación entre la textura de nuestros suelos y la retención de humedad, con-

sistente en considerar el margen de pF 4,2 a 6,0 (agua no utilizable), por ser en este margen donde permanecen dichos suelos buena parte del año cuando la climatología de la región reviste caracteres de marcada aridez. Se pretende, asimismo, dar, en lo posible, un significado práctico a estas relaciones.

MATERIALES

Las muestras empleadas en este trabajo corresponden a nueve suelos-tipo de Andalucía Occidental, que responden a la siguiente denominación común: 1) Vega aluvial; 2) Vega aluvial; 3) Vega aluvial; 4) Rojo Mediterráneo; 5) Tierra negra andaluza; 6) Rendsina; 7), Salino; 8) Salino y 9) Rojo Mediterráneo. De ellos, los ocho primeros han sido descritos en un trabajo reciente, Arrúe (1976), y el último está descrito, como perfil 1 Arahál, en un trabajo de Martín y col. (1973).

De cada uno de los perfiles de los suelos enumerados se han tomado cinco muestras correspondientes a las profundidades que se mencionan más adelante, por lo que el número total de muestras analizadas ha sido de 45.

MÉTODOS

Para el análisis granulométrico de las muestras se ha utilizado un hidrómetro de cadena, similar al descrito por De Leenheer y col (1965), con exametafosfato como dispersante y empleando los límites de tamaños de partículas dados por el Método Internacional

La determinación del contenido de humedad se realizó a diversos pF en el margen de 4,2 a 6,0. Para el primero de estos (pF 4,2) se utilizó el aparato de membrana de Richards (1947), mientras que para los restantes se empleó la técnica de equilibrio con vapor de agua en una atmósfera de humedad relativa conocida, De Boodt (1967). En todas las determinaciones se emplearon las muestras tamizadas por mallas de 1 mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la tabla 1, donde se pone de manifiesto que la textura de los suelos estudiados varía dentro de un amplio intervalo, por lo que respecta al valor de las diferentes fracciones, al incluir suelos cuyo contenido en elementos de la fracción menor de 0,002 mm., oscila desde un 11 por 100 hasta un 66 por 100.

En la tabla 2, se recogen los resultados correspondientes a la retención de humedad, a los diferentes pF estudiados. Estos resultados indican que existe una dependencia acusada entre la composición granulométrica de la muestra y la humedad retenida por la misma. Efectivamente, en aquellas muestras en las que los elementos finos son el componente dominante se dan los contenidos de humedad más elevados, a cualquiera de los valores de pF, disminuyendo al decrecer el tanto por 100 de dichos elementos.

T A B L A 1

Composición granulométrica de los suelos a las diferentes profundidades (%)

Perfil	Profundidad (cm)	Diámetro de partícula (mm)			
		2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,002	< 0,002
1	0,10	3,0	67,0	13,2	14,0
	20-30	8,9	50,4	21,2	17,3
	40-50	16,5	52,0	11,7	17,0
	60-70	40,0	39,5	9,0	11,0
	80-90	40,0	40,0	6,2	11,3
2	0,10	8,6	51,7	9,4	27,4
	20-30	3,5	56,7	14,2	24,0
	40-50	3,5	58,6	12,5	23,0
	60-70	2,5	55,3	11,1	28,1
	80-90	0,9	53,7	11,6	31,0
3	0-10	7,5	37,0	19,5	35,5
	20-30	5,5	36,0	21,0	37,0
	40-50	1,3	41,2	20,7	35,5
	60-70	1,6	41,3	25,0	32,0
	90-100	5,0	72,7	4,0	17,5
4	0,10	15,4	27,7	14,3	38,5
	20-30	15,3	27,8	13,8	40,5
	40-50	11,7	19,5	15,7	52,3
	60-70	8,9	16,3	22,5	50,0
	80-90	7,5	10,7	30,4	48,5
5	0-10	0,9	15,7	26,5	54,0
	20-30	1,2	14,8	26,0	57,5
	40-50	1,2	15,0	27,5	54,0
	60-70	1,2	15,3	22,7	60,0
	80-90	0,9	15,4	21,2	60,3
6	0-10	3,5	9,2	45,5	40,5
	10-20	4,0	6,4	45,7	41,0
	30-40	2,9	6,3	47,3	40,5
	50-60	6,2	9,4	45,5	37,5
	60-70	3,7	12,8	42,0	40,7
7	0-10	0,5	4,7	54,7	37,7
	20-30	0,5	2,6	44,8	50,0
	40-50	0,6	3,0	32,7	62,0
	60-70	0,5	4,5	46,4	46,3
	80-90	0,5	4,0	48,0	44,3
8	0-10	0,5	3,8	43,4	50,3
	20-30	0,6	4,0	38,9	51,1
	40-50	0,5	0,5	31,9	66,1
	60-70	0,5	0,6	38,2	60,1
	70-80	0,5	0,6	39,9	57,5
9	0-15	31,0	50,0	5,0	14,0
	15-30	22,4	54,5	1,1	22,0
	45-60	25,7	40,3	1,0	33,0
	80-95	33,0	32,0	1,4	33,1
	105-120	43,6	31,1	8,0	17,0

TABLA 2

Contenido de humedad (% en peso) de los suelos, a las distintas profundidades, para diferentes valores de pF.

Perfil	Profundidad (cm)	pF				
		4,2	4,6	5,2	5,6	6,0
1	0-10	6,9	6,0	2,6	2,0	1,4
	20-30	7,5	6,2	3,0	2,0	1,6
	40-50	5,8	5,0	2,3	1,7	1,3
	60-70	5,4	4,6	2,4	1,6	1,3
	80-90	4,1	3,9	1,9	1,3	1,1
2	0-10	7,8	5,5	4,6	3,4	2,7
	20-30	7,6	5,5	4,6	3,4	2,3
	40-50	7,3	5,7	4,3	3,2	2,3
	60-70	9,5	7,5	6,0	4,1	2,9
	80-90	10,7	8,2	6,3	4,7	3,5
3	0-10	15,4	13,0	6,8	5,3	3,7
	20-30	16,2	13,6	7,6	5,6	3,9
	40-50	15,0	14,0	7,4	5,5	3,9
	60-70	13,9	11,7	6,4	4,6	3,2
	90-100	4,7	3,6	2,3	1,7	1,3
4	0-10	13,2	11,2	8,9	6,9	5,5
	20-30	14,8	12,6	9,6	7,3	5,8
	40-50	18,6	16,1	13,0	10,4	8,6
	60-70	18,6	15,6	13,3	11,0	8,9
	80-90	16,8	13,7	11,4	9,3	7,5
5	0-10	23,9	20,7	12,9	10,6	7,0
	20-30	22,4	20,5	13,4	10,7	6,9
	40-50	21,6	20,3	13,2	10,7	6,9
	60-70	22,0	21,5	13,6	10,7	6,9
	80-90	21,9	21,4	13,7	10,5	6,9
6	0-10	26,3	18,7	9,1	7,2	4,7
	10-20	27,2	19,5	9,7	7,6	5,2
	30-40	27,3	20,0	8,8	6,3	4,5
	50-60	26,5	21,2	8,4	6,2	4,4
	60-70	26,7	21,7	8,7	6,4	4,5
7	0-10	22,1	16,8	11,2	8,5	6,0
	20-30	22,2	16,5	12,5	10,8	7,8
	40-50	25,2	22,0	16,7	12,7	8,5
	60-70	26,3	22,2	15,7	10,5	7,2
	80-90	22,9	18,9	12,5	8,4	5,4

	0-10	26,6	24,8	17,9	12,4	8,4
	20-30	28,4	26,6	20,3	13,5	9,0
8	40-50	29,8	27,3	22,0	15,5	9,8
	60-70	32,1	29,1	22,8	13,6	9,2
	70-80	32,3	30,5	23,7	12,7	8,8
	0-15	3,8	3,3	2,1	1,8	1,7
	15-30	3,4	2,9	2,0	1,9	1,7
9	45-60	7,0	6,3	4,4	4,1	3,9
	80-95	9,7	8,8	6,0	5,5	5,3
	105-120	5,9	4,8	3,5	3,4	3,2

Las gráficas de las figuras 1 y 2, muestran la correlación existente del contenido de humedad frente al contenido de elementos finos. Las dos primeras, figura 1 (a) y (b), corresponden a las regresiones lineales y no lineales entre el contenido de la fracción menor de 0,02 mm., lino + arcilla (x_1) y los contenidos de humedad a pF 4,2 y 4,6 respectivamente (y_1 e y_2). Por otra parte, en la figura 2 (a), (b) y (c), se presentan las regresiones lineales y no lineales entre el contenido de la fracción menor de 0,002 mm., arcilla (x_2) y los contenidos de humedad, a los pF 5,2; 5,6 y 6,0, respectivamente (y_3 , y_4 e y_5).

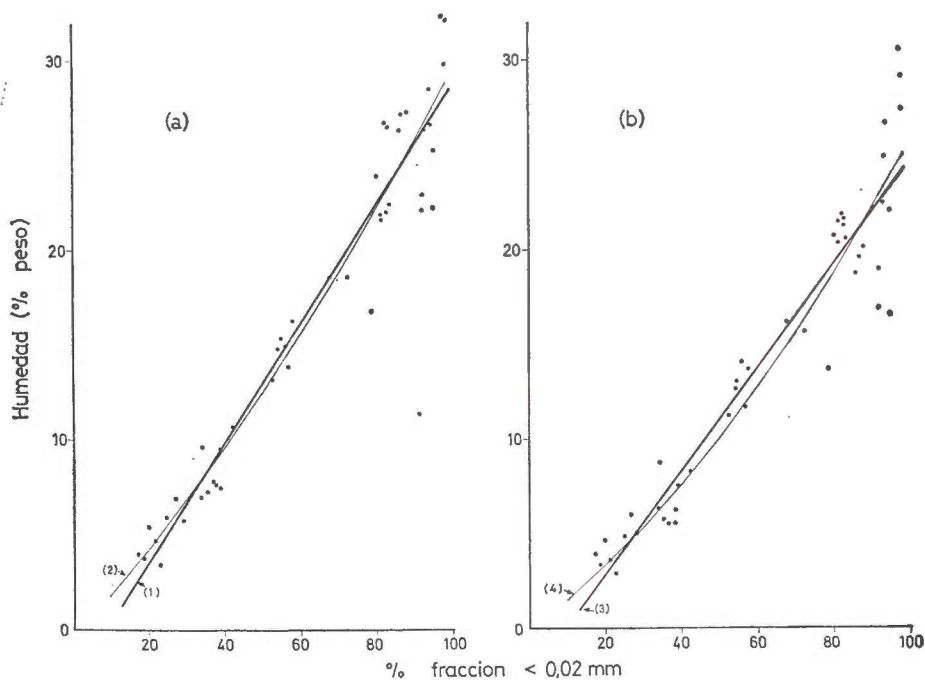


Fig. 1.—Regresiones lineales [(1) y (3)] y parabólicas [(2) y (4)] entre el contenido de la fracción < 0,02 mm. y el contenido de humedad a pF 4,2 (a) y pF 4,6 (b).

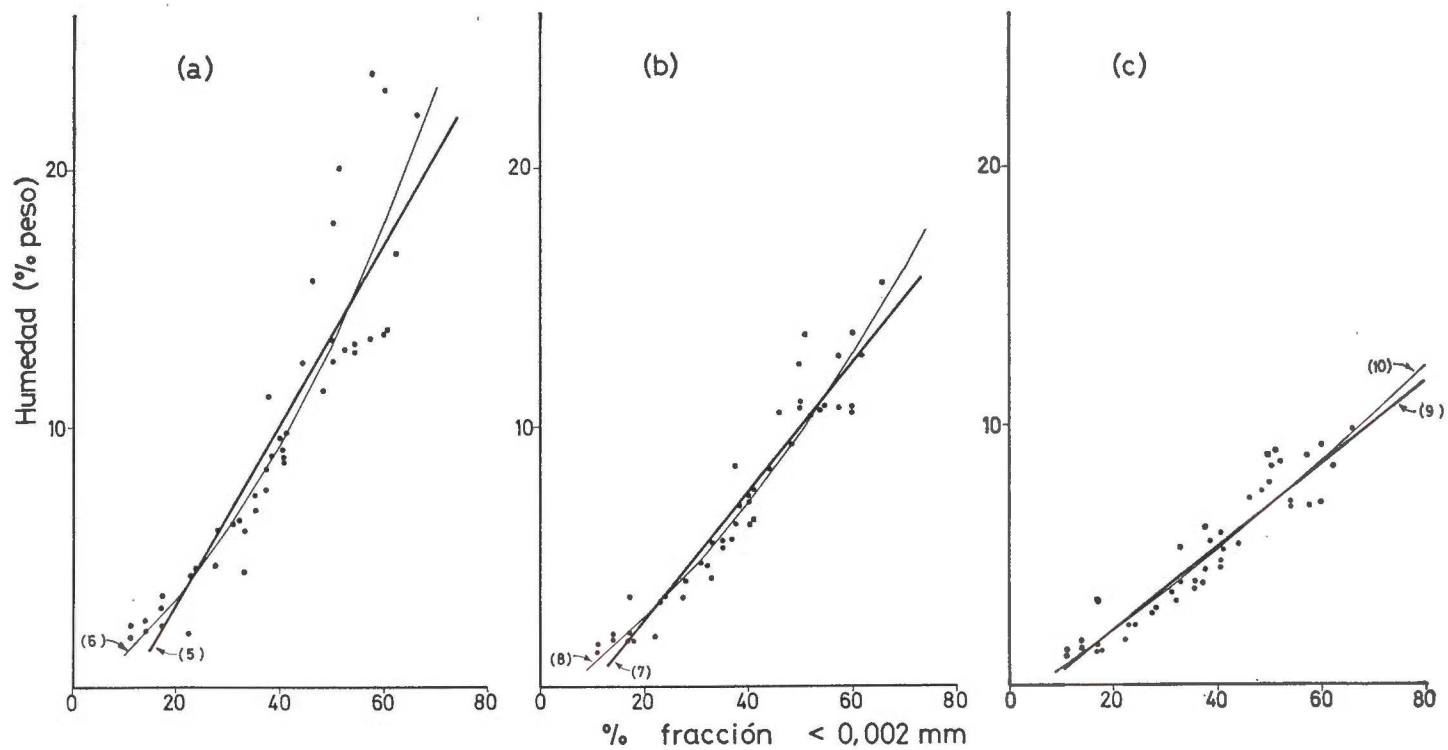


Fig. 2.—Regresiones lineales [(5), (7) y (9)] y parabólicas [(6) (8) y (10)] entre el contenido de la fracción < 0,002 mm y el contenido de humedad a pF 5,2 (a), pF 5,6 (b) y pF 6,0 (c).

Finalmente, la tabla 3 recoge las ecuaciones de las líneas de regresión, tanto lineales como no lineales, correspondientes a las figuras 1 y 2, junto con los coeficientes de correlación y determinación.

T A B L A 3

Ecuaciones y valores de los coeficientes r y R² de las regresiones lineales y parabólicas entre composición granulométrica y retención de humedad

Regresión lineal			Regresión parabólica	
Ecuación	r	r ²	Ecuación	R ²
(1) $y_1 = -2,7720 + 0,3151 x_1$	0,9716	0,9440	(2) $y_1 = -0,4426 + 0,2190 x_1 + 0,0008 x_1^2$	0,9525
(2) $y_2 = -2,6875 + 0,2734 x_1$	0,9501	0,906	(4) $y_2 = -0,0709 + 0,1469 x_1 + 0,0011 x_1^2$	0,8831
(3) $y_3 = -3,8134 + 0,3491 x_2$	0,9099	0,8279	(6) $y_3 = -0,2343 + 0,1179 x_2 + 0,0031 x_2^2$	0,8426
(4) $y_4 = -2,3775 + 0,2463 x_2$	0,9585	0,9187	(8) $y_4 = -0,6199 + 0,1339 x_2 + 0,0015 x_2^2$	0,9267
(5) $y_5 = -1,0738 + 0,1596 x_2$	0,9389	0,8815	(10) $y_5 = -0,8254 + 0,1398 x_2 + 0,0003 x_2^2$	0,8970

x_1 : % (limo + arcilla); x_2 : % arcilla; y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 : contenidos de humedad (% en peso) a pF 4,2; 4,6; 5,2; 5,6; 6,0, respectivamente. r: coeficiente de correlación lineal; R²: coeficiente de determinación.

De estos resultados se deduce que, para los pF 4,2 y 4,6, los coeficientes de correlación lineal de las regresiones respectivas —(1) y (3) en la tabla 3—, son muy significativos, ya que los valores de r² son elevados, indicando que la dependencia entre las variables correlacionadas es muy fuerte. Por otro lado, en ambos casos, la regresión parabólica sólo mejora ligeramente la regresión lineal. Más adelante comentaremos la utilidad de las regresiones parabólicas para todos los casos estudiados.

Para los pF 4,2 y 4,6, también se calcularon las rectas de regresión del contenido de humedad frente al contenido de la fracción menor de 0,002 mm., las cuales no se tuvieron en cuenta por tener menor significación (r² = 0,7365 y 0,7988, respectivamente), que las mencionadas más arriba.

Por otra parte, los coeficientes de correlación lineal, para las rectas de regresión recogidas en la figura 2 y cuyas ecuaciones se dan en la tabla 3 (é5), (7) y (9), ponen de manifiesto una correlación elevada entre el contenido de humedad a pF 5,2, 5,6 y 6,0 y el contenido de la fracción menor de 0,002 mm. También aquí la regresión parabólica mejora ligeramente la lineal. Asimismo se analizó para estos pF, la correlación entre el contenido de humedad y el contenido de la fracción menor de 0,02 mm., no siendo tenidas en cuenta debido a su menor significación respecto a las anteriores.

Los resultados obtenidos y su análisis muestran, pues, claramente, una fuerte dependencia del contenido de humedad con relación a la proporción de elementos finos. Ahora bien, es preciso distinguir dos casos

diferentes: 1) para el margen de pF entre 4,2 y 4,6, es la fracción menor de 0,02 mm., la determinante de la retención de humedad; 2) en el intervalo de pF 5,2 a 6,0 es, por el contrario, la fracción menor de 0,002 mm., la que controla el almacenamiento de agua. Ello podría ser debido a que en el primero de los casos el agua se halle almacenada, una parte, en los poros y superficies de las partículas de la fracción menor de 0,002 mm., y otra parte en poros de mayor diámetro en las partículas de la fracción de 0,02 a 0,002 mm., partículas que posiblemente estén constituidas por aglomerados de las más pequeñas de limo, arcilla y carbonatos finamente divididos que generalmente están presentes en elevadas proporciones en la mayoría de estos suelos, lo que estaría de acuerdo con los resultados encontrados por Abrol y col. (1968), para suelos con 25 por 100 de carbonato cálcico.

En el segundo caso, por el contrario, sólo los poros y superficies de las partículas menores de 0,002 mm, serían las responsables de agua retenida, jugando, además, un papel predominante las fuerzas de adsorción y la magnitud de las superficies expuestas por las partículas, de acuerdo con resultados encontrados por Moreno (1976), para estos mismos suelos.

En cuanto a los valores numéricos de la relación entre granulometría y retención, debido a que la diferencia entre las rectas y las parábolas de regresión son muy pequeñas, pueden utilizarse unas u otras indistintamente, sin error muy apreciable, cuando los valores de (limo + arcilla), estén comprendidos entre el 35 y el 75 por 100 y los valores de arcilla entre el 25 y el 50 por 100. Fuera de estos límites es más conveniente utilizar la parábola cuando se quiere estimar el valor de la ordenada, en especial al tratarse de suelos salinos, por presentar éstos dispersiones hacia valores muy altos, ya que para contenidos elevados de elementos menores de 0,02 y 0,002 mm., respectivamente, un incremento en el contenido de estas fracciones no lleva consigo un aumento proporcional en el contenido de agua, resultados que son similares a los hallados por Petersen y col. (1968).

En todos los casos, a partir de las gráficas, la ordenada (retención de humedad), puede ser estimada con un error máximo que oscila entre ± 15 y ± 17 por 100 de su valor y sólo en el caso de pF 6,0, este error llega a ser de ± 20 por 100.

Desde un punto de vista práctico, estas relaciones son particularmente útiles cuando se quiere conocer el contenido de humedad, por ejemplo, a punto de marchitez (pF 4,2), a partir de los resultados del análisis granulométrico, de los que se dispone muchas veces para los suelos de nuestra región.

Agradecimiento

Los autores agradecen al licenciado, D. Primitivo Tovaruela Santos, la ayuda prestada en la realización de algunos cálculos.

RESUMEN

El presente trabajo se ocupa del estudio de la relación entre la textura y la retención de humedad en el margen de pF 4,2 a 6,0 (agua no utilizable) para suelos tipos de Andalucía Occidental.

El análisis de los resultados que se exponen muestra una fuerte dependencia del contenido de humedad y la proporción de elementos finos. Para el ámbito de pF entre 4,2 y 4,6 es la fracción $< 0,02$ mm la determinante de la retención de humedad mientras que para pF de 4,6 a 6,0, por el contrario, es la fracción $< 0,002$ mm la que controla el almacenamiento de agua.

A partir de las relaciones encontradas, conocida la composición granulométrica de un suelo de esta región, se puede estimar su contenido de humedad a un pF determinado dentro del margen estudiado.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Bestimmung der Beziehungen zwischen der Textur auf der einen Seite und dem Wassergehalt bei pF von 4,2 bis 6,0 (Totes Wasser) auf der anderen Seite, der Böden von West Andalusien.

Die Regressionanalyse der Ergebnissen zeigen einen starken Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt und der feinsten Kornfraktionen der Böden. Im pF-Bereich von 4,2 bis 6,0 wird der Wassergehalt bei Kornfraktion $< 0,02$ mm kontrolliert, während für den pF-Bereich 4,6-6,0 wird der Wassergehalt bei Kornfraktion $< 0,002$ mm beeinflusst.

Wenn man die Ergebnisse der Schlämmanalyse des Bodens dieser Gebiet hat, kann der Wassergehalt bei verschiedenen pF-Werte im Bereich 4,2-6,0 durch die gefundene Korrelation ermittelt werden.

*Laboratorio de Física del Suelo,
Centro de Edafología y Biología Aplicada
del Cuarto, Sevilla.*

BIBLIOGRAFÍA

- APROL, I. P., KHOSLA, B. K. y BHUMBLA, D. R. (1968). Relationships of the texture to some important soil moisture constants. *Geoderma*, 2, 33-39.
- ARRÚE, J. L. (1976). Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- DE BOODT, M., Ed. (1967). *West European Methods for soil structure determinations*. Gante, Bélgica.
- DE LEENHEER, L., VAN RUYMBEKE, M. y MAES, L. (1965). The chain-hydrometer method for particle size analysis. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.*, 68, 10-19.
- KIVISAARI, S. (1971). Influence of texture on some soil moisture constants. *Acta Agraria Fennica*, 123, 217-222.
- MARTÍN, J. (1972). Propiedades físicas de los suelos de mayor interés agronómico en Andalucía Baja. «La Fertilidad Física de los Suelos», *Rapports Seminario Internacional*, Sevilla, 177-192.
- MARTÍN, J., OLMEDO, J. y PANEQUE, G. (1973). Soil porosity study of fersialitic red soils of southern Spain by optical-electronic and conventional methods. *Proceedings 4th International Working-Meeting on Soil Micromorphology*. Ontario, Canadá, 441-454.
- MORENO, F. (1976). Resultados sin publicar.
- PETERSEN, G. W., CUNNINGHAM, R. L. y MATELSKI, R. P. (1968). Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32, 271-275.
- RICHARDS, L. A. (1947). Pressure membrane apparatus, construction and use. *Agric. Engng.*, 28, 451-455.

- SALTER, P. J., BERRY, G. y WILLIAMS, J. B. (1966). The influence of texture on the moisture characteristics of soil: III. Quantitative relationships between particle size composition and available water capacity. *J. Soil Sci.*, 17 (1), 93-99.
- SALTER, P. J. y WILLIAMS, J. B. (1969). The influence of texture on the moisture characteristics of soils: V. Relationships between particle size composition and moisture contents at the upper and lower limits of available water. *J. Soil Sci.*, 20 (1), 126-131.

Recibido para publicación: 4-XI-76

PERDIDAS POR LAVADO DE NITROGENO EMPLEADO COMO FERTILIZANTE EN SUELOS DE LA SIERRA NORTE DE LA PROVINCIA DE SEVILLA

por

M. CHAVES, A. TRONCOSO, M. ROMERO y C. MAZUELOS

SUMMARY

NITROGEN LOSSES BY LEVIGATION IN FORESTAL SOILS FROM THE NORTH OF THE PROVINCES OF SEVILLE AND HUELVA

An experiment has been carried through on post, in order to know the nutrient losses by levigation in two typical forestal soils from the North of the provinces of Seville and Huelva. Pots have been used without or with eucaliptus (var. *E. globulus*) plants. The fertilization incorporated was N-P-K (2-1-1) at three doses, equivalent to 140-280-420 Kg/Ha of N., respectively. The phosphorous was applied as superphosphate 18 %, the potassium as sulphate 50 %, while nitrogen was used in three different and independent forms: ammonium sulphate, calcium nitrate and urea.

The test went on for 140 days, and during this time the pots were irrigated with a quantity of water equivalent to 500 l/m² of rain. Daily, the water of percolation was measured and the contents of nutrients N-P-K analyzed.

It has been possible to see that:

1. The soils without plants percolate a double quantity of water than those with plants.
2. The brown granite soil percolate three as much water than the brown slate.
3. The nitrogen loss shows important increases when nitrat as fertilizer is used, arriving to 30 % in the «granite» soil. The best results were obtained with the sulphate use.
4. The evolution to nitrate is, in general, very quick, especially in the brown granite soil
5. More than 90 % of levigated nitrogen is in form of nitrate, with independence of the fertilization formulation used.

1. INTRODUCCIÓN

Los suelos que ocupan la mitad Norte de las provincias de Sevilla, Huelva y gran parte de la de Córdoba están formados principalmente por «suelos pardos sobre granitos» y «suelos pardos sobre pizarras». Una gran extensión de los mismos están ocupados por monte bajo, dehesas (encinas, alcornoques) y desde hace pocos años, en las provincias de Huelva y Sevilla, se realizan grandes plantaciones de eucaliptus siguiendo el sistema de terrazas.

En trabajos anteriores (1, 2, 3) los autores han estudiado la ferti-

lización del eucaliptus habiendo encontrado una muy interesante respuesta al empleo del nitrógeno.

La naturaleza arenosa de los suelos sobre granitos, así como el sistema de abancalamiento en la plantación, situando el árbol en la parte exterior de la terraza, nos ha impulsado a estudiar las posibles pérdidas por lavado que pueden producirse en estos dos tipos de suelos del nitrógeno procedente del fertilizante incorporado, así como también relacionado con la clase de combinación nitrogenada utilizada.

Esto ayudará a escoger la clase de nitrógeno más conveniente para un mayor aprovechamiento del mismo por la planta.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado un ensayo en vasijas empleando los dos suelos antes indicados y cuyas características generales se señalan en la tabla I.

T A B L A I

	Suelos sobre pizarras	Suelos sobre granitos
pH.....	5,50	6,20
Materia orgánica.....	2,26	1,71 %
C.....	1,31	0,99 %
N.....	0,12	3,09 %
CaCO ₃	0	0 %
P ₂ O ₅	2	2 mg/100 g
K ₂ O.....	5	3 mg/100 g
Ca.....	36	120 mg/100 g
Mg.....	47	73 mg/100 g
Humedad.....	1,65	1,87 %
Arena gruesa.....	27,04	38,59 %
Arena fina.....	14,56	23,75 %
Limo.....	36,02	21,45 %
Arcilla.....	27,50	15,85 %

El ensayo se ha conducido así: 50 vasijas de plástico de 80 litros de capacidad fueron empleadas, 25 vasijas para cada tipo de suelo. Unos fueron ocupados por pequeñas plantas de Eucaliptus, var. *Globulas*, y otras se mantuvieron sin planta alguna. En ambos casos unas vasijas recibieron abono completo (N-P-K) y otras no, actuando como testigos. Las dosis de nitrógeno empleadas fueron de 140, 280 y 420 Kg/Ha. y en cada una de ellas fueron utilizados independientemente los compuestos siguientes: sulfato amónico, nitrato cálcico y urea. Cada tratamiento fue efectuado por duplicado.

Todas las vasijas recibieron una cantidad de agua, a lo largo de la experiencia, que duró ciento cuarenta días, equivalente a 500 litros/m². Los percolados de cada vasija fueron recogidos, medidos y analizado el N en sus diferentes formas cada vez.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cantidad de agua percolada

Tiene verdadero interés conocer las variaciones relativas de la percolación entre los diferentes tratamientos empleados, mejor que los valores absolutos del percolado. Se ha podido comprobar y cuantificar las relaciones de las percolaciones entre suelos con plantas y desnudos y entre las de los suelos sobre granitos y sobre pizarras.

Estas relaciones son como sigue (llamando SG a los suelos sobre granito y SP a los sobre pizarras).

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad & \frac{\text{Perc. en SP sin plantas}}{\text{Perc. en SP con plantas}} = 1,87 \\ \text{b)} \quad & \frac{\text{Perc. en SG sin plantas}}{\text{Perc. en SG con plantas}} = 1,96 \\ \text{En general:} \quad & \frac{\text{Perc. en suelos sin plantas}}{\text{Perc. en suelos con plantas}} = 1,92 \end{aligned}$$

Entre los dos tipos de suelos hay significativas diferencias:

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad & \frac{\text{Perc. en SG sin plantas}}{\text{Perc. en SP sin plantas}} = 3,00 \\ \text{b)} \quad & \frac{\text{Perc. en SG con plantas}}{\text{Perc. en SP con plantas}} = 3,15 \\ \text{En general:} \quad & \frac{\text{Perc. en SG}}{\text{Perc. en SP}} = 3,07 \end{aligned}$$

3.2. Pérdida de N

La pérdida total de nitrógeno en los suelos sobre granito ha sido aproximadamente doble que la sufrida por los suelos sobre pizarras. Se ha comprobado que no existe una correlación lineal entre el nitrógeno levigado y la cantidad de agua percolada tanto en uno como en otro suelo.

En los suelos desnudos es mayor la pérdida de nitrógeno que en los que soportan plantas, pero tampoco aquí existe proporcionalidad con la cantidad de agua.

La tabla II contiene los datos referentes a las pérdidas de nitrógeno en cada uno de los casos estudiados:

TABLA II

Pérdidas de N expr. en % del N total incorporado

Suelo	Tipo de N	% de pérdida	
		Suelo sin planta	Suelo con planta
Pizarra	NH ₄ ⁺	11,59	5,90
	NO ₃ ⁻	17,60	15,00
	Urea	2,84	5,30
	Media	10,68	8,74
Granito	NH ₄ ⁺	7,54	7,15
	NO ₃ ⁻	35,83	30,90
	Urea	16,29	10,92
	Media	19,89	16,32

Cuando la fuente de nitrógeno es el nitrato se aprecian más pérdidas por lavado que cuando se usa urea o sulfato amónico, en ambos suelos.

Las pérdidas de nitrógeno en suelos sobre pizarras, cuando se emplea nitrato representan el 15 por 100 del nitrógeno empleado, en tanto que en los suelos sobre granitos estas pérdidas se elevan sobre el 30 por 100.

El sulfato amónico se muestra como el mejor de los fertilizantes usados en relación con el aprovechamiento del nitrógeno.

En los suelos sobre granito el lavado de urea en los primeros tiempos de su empleo, antes de su transformación, incrementa la pérdida de nitrógeno.

La tabla III muestra los datos de nitrógeno levigado en relación con las formas de nitrógeno empleado.

Puede comprobarse que las mayores pérdidas de nitrógeno se producen en forma de nitrato. Esto significa que hay un importante fenómeno de nitrificación, especialmente intenso en los suelos sobre granito. Por ello, en este último suelo las pérdidas como nitrógeno amoniacal son pequeñas, excepto cuando la urea es usada en vasijas sin plantas en las que la percolación más rápida no permite una nitrificación más completa.

En la figura 1 se muestra el ritmo con que se pierde el nitrógeno en cada una de las formas cuando la urea es utilizada como fertilizante.

En ella se puede ver que después de sesenta días de incorporada la urea todo el nitrógeno levigado está prácticamente en forma de nitrato. Las otras dos combinaciones, NH₄⁺ y urea solamente aparecen en el levigado en cantidades apreciables antes de dicho tiempo, siendo el proceso más duradero en los suelos sobre pizarra.

TABLA III

Diferentes formas de N perdido en mg/vasija y % sobre el total levigado

Con plantas	Tipo de suelo	Fertilizante empleado	Forma de N. perdido m/g vasija				% sobre el total levigado		
			NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Urea	Total	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Urea
Con plantas	Suelo sobre pizarras	NH ₄ ⁺	33	456	—	489	6,74	93,26	—
		NO ₃ ⁻	14	1228	—	1243	1,12	98,88	—
		Urea	32	392	14	489	7,30	89,51	3,19
	Suelo sobre granito	NH ₄ ⁺	9	582	—	591	1,52	98,48	—
		NO ₃ ⁻	7	2251	—	2258	0,31	99,69	—
		Urea	5	875	35	915	0,55	95,62	3,83
Sin plantas	Suelo sobre pizarras	NH ₄ ⁺	91	1348	—	1439	6,32	93,68	—
		NO ₃ ⁻	32	2154	—	2186	1,46	98,54	—
		Urea	1,3	329	22	352,3	0,37	93,39	0,24
	Suelo sobre granito	NH ₄ ⁺	13	924	—	937	1,39	98,61	—
		NO ₃ ⁻	12	4439	—	4451	0,27	99,73	—
		Urea	49	1721	254	2024	2,42	83,03	12,55

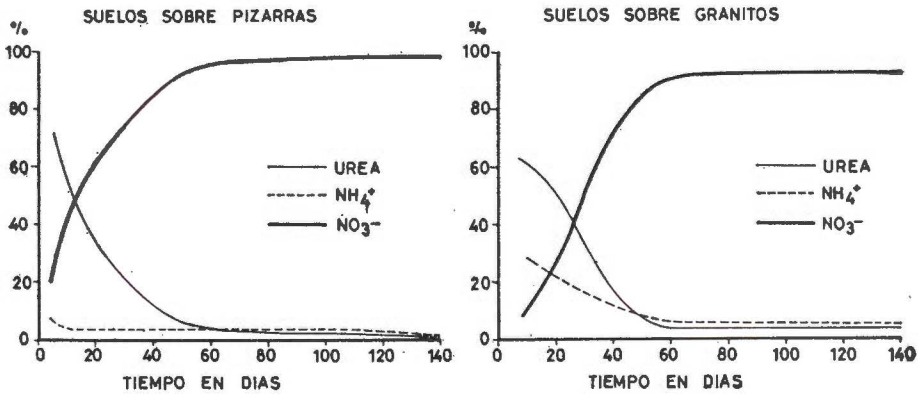


Fig. 1

RESUMEN

Se ha llevado a cabo una experiencia en vasijas para conocer las pérdidas por levigación de nitrógeno en dos suelos del norte de las provincias de Sevilla y Huelva. Se han usado vasijas sin plantas y otras con plantas de eucalipto (var. *globulus*). La fertilización incorporada fue N-P-K (2:1:1) a tres dosis de N equivalentes a 140-280-420 Kg/Ha. respectivamente. El fósforo fue aplicado como superfosfato y el potasio como sulfato. El nitrógeno fue usado en tres formas independientes: sulfato amónico, nitrato cálcico y urea.

La duración del ensayo fue de 140 días y durante este tiempo las vasijas recibieron una cantidad de agua equivalente a una lluvia de 500 l/m². Diariamente era medida el agua percolada y analizado el N contenido en sus diversas formas.

Se ha podido comprobar que:

1. Los suelos desnudos percolan doble cantidad de agua que los que tienen plantas.
2. Los suelos sobre granito percolan tres veces más agua que los desarrollados sobre pizarras.
3. Las pérdidas de nitrógeno cuando se emplea el nitrato como fertilizante son mucho mayores que con las otras combinaciones, alcanzando hasta el 30 por 100 en los suelos sobre granito. Los mejores resultados se obtienen cuando se usa el sulfato amónico.
4. La evolución a nitrato es, en general, muy rápida especialmente en los suelos sobre granito.
5. Más del 90 por 100 del nitrógeno lavado está en forma de nitrato con independencia de la formulación usada como fertilizante.
6. Las pérdidas de urea como tal sólo se producen apreciablemente al comienzo de la experiencia, en especial en los suelos sobre granito.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. C. S. I. C.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CHAVES, M. y col. (1968). Sobre la nutrición del Eucalipto *Globulus* en el SO. español. Mem. II Coloq. Eur. sobre Control de la Nutrición de Pl. Cult., 813-831 (Sevilla).
- (2) CHAVES, M. y col. (1972). Sobre la nutrición del Eucalipto *Globulus*. II. Resultados de la fertilización en el SO. de España. Mem. III Coloq. Europ. sobre Cont. de la Nut. de Pl. Cult. (Budapest).
- (3) CHAVES, M. y col. (1974). La fertilización forestal en el SO. de España: Estudios sobre plantaciones de Eucalipto *Globulus*. Act. XIV Asamb. Gen. del C. I. E. C., 1-9 (Madrid).

Recibido para publicación: 4-XI-76

APLICACION DE LA VALORACION ACIDO - BASE AL ESTUDIO DE LA ADSORCION Y LA DESORCION DE FOSFATO SOBRE GOETITA

por

P. DE ARAMBARRI, C. G. TOCA, F. CABRERA y L. MADRID

SUMMARY

APPLICATION OF ACID-BASE TITRATION TO THE STUDY OF THE ADSORPTION AND DESORPTION OF PHOSPHATE ON GOETHITE

The reaction of goethite with phosphate ions is studied, and it is compared with results of adsorption of OH^- and H^+ ions.

The adsorption of phosphate by this oxide is scarcely reversible. Nevertheless the proportion of phosphorus that can be desorbed increases as the pH increases.

At pH values approaching the zero point of charge (z. p. c.), 2 to 3 water molecules have to be formed by adsorption of H^+ ions on the surface OH^- groups for one adsorption site for phosphate to be created. At lower pH values, the greater phosphate adsorption causes a strong interaction between the adsorbed ions and the formation of a new adsorption site needs a strong positive charge to be acquired by the surface, by adsorption of about 6 H^+ ions.

At pH values more alkaline than the z. p. c. the adsorption capacity of the oxide is small, and as a consequence little or no interaction is produced between the adsorbed phosphate ions. In such conditions the formation of more than 10 negative charges on the surface is necessary for one adsorption site to be lost.

INTRODUCCIÓN

La desorción de los fosfatos adsorbidos sobre los coloides del suelo es de un gran interés desde el punto de vista agrícola, ya que la disponibilidad del fósforo del suelo por las plantas puede estar determinada en última instancia por la mayor o menor labilidad del enlace anión fosfato-superficie. A este respecto Muljadi y col. (13) y Kafkafi y colaboradores (10) dedujeron que el fósforo adsorbido sobre caolinita y gibbsita se desorbe reversiblemente al cambiar el pH del medio pero el proceso es irreversible cuando dichos minerales se lavan a pH constante. Kuo y Lotse (11, 12) observaron que mediante extracciones sucesivas con diversos agentes no se desorbe la totalidad del fósforo adsorbido sobre hematites y Cabrera (4) llega a resultados similares tratando lepidocrocita y goetita con NaOH 0,1 N.

Puede aceptarse que la desorción de iones fosfato, previamente adsorbidos sobre ciertos óxidos metálicos, se realiza por sustitución en

la superficie de los grupos fosfato por grupos hidroxilo introducidos en el medio al elevar el pH.

En el presente trabajo se ha estudiado el comportamiento de una goetita, con y sin fósforo adsorbido, frente a la adición de ácidos y bases fuertes diluidos, así como la desorción de iones fosfato mediante un electrolito neutro fuerte para diferentes condiciones iniciales de adsorción.

EXPERIMENTAL

La goetita utilizada presenta una superficie específica B. E. T. de $87,4 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ y su punto cero de carga (z. p. c.) se encuentra a pH 8,45.

Isotermas de adsorción

Se pesaron exactamente alícuotos de 0,2 g. de goetita y se colocaron en matraces conteniendo 50 ml. de solución 0,1 en NaCl y concentraciones de fósforo entre 0 y 60 ppm. en forma de KH_2PO_4 . El pH de las suspensiones se ajustó al valor elegido para cada experiencia, por adición de HCl y NaOH 0,1 N. Los matraces se sometieron a agitación a temperatura constante de $25 \pm 1^\circ \text{ C}$ durante veinticuatro horas. Terminado el tiempo de agitación se volvió a medir el pH de las suspensiones, tomándose como pH final de cada experiencia el pH medio de todas las muestras correspondientes a la misma isoterma.

El fósforo adsorbido en cada experiencia se consideró igual al desaparecido de la solución durante la agitación, teniéndose en cuenta para su cálculo la variación de volumen debida a la adición de HCl y NaOH al ajustar el pH.

Adsorción de fósforo a pH y temperatura constantes

Las variables empleadas en esta parte del trabajo son: tres concentraciones iniciales distintas de fósforo, 30, 60 y 100 ppm. en P, respectivamente; tres valores de pH de adsorción distintos, 3, 6 y 9, y dos tiempos (uno y seis días) de adsorción para cada concentración y pH consignados.

Se pesan 18 porciones de 0,2 g. de goetita y se suspenden en 50 ml. de solución 0,1 N en NaCl. Con estas suspensiones se hacen tres grupos de seis suspensiones y se les añade KH_2PO_4 suficiente como para que cada grupo alcance una de las concentraciones de P antes citadas.

Dos suspensiones de cada grupo reciben HCl o NaOH 0,1 N para alcanzar los valores de pH 3, 6 ó 9 y cada una se agita a 25° C durante los períodos de tiempo (uno o seis días) elegidos, al término de los cuales se separó sólido y solución por centrifugación. El fósforo adsorbido se determinó de la forma descrita anteriormente.

Desorción de fósforo por lavado con NaCl 0,1 N

Los sólidos procedentes de las experiencias de adsorción se suspenden de nuevo en 50 ml. de NaCl 0,1 N ajustando el pH al valor que tenían en cada caso al finalizar el proceso de adsorción.

A continuación se agitan a 25° C durante cuatro horas, uno, tres, cinco, siete y diez días, respectivamente. Finalizado cada periodo de desorción se separa sólido y solución por centrifugación y el fósforo desorbido se determina midiendo su concentración en solución.

Variación del pH de las suspensiones de goetita

Duplicados de 0,2 g. de goetita se suspenden en 50 ml. de NaCl 0,1 N que contienen además 0, 30, 60 y 100 ppm. en P. Las suspensiones se agitan durante veinticuatro horas a 25° C, se centrifugan y se determina el fósforo en las soluciones. Los sólidos se resuspenden en 50 ml. de NaCl 0,1 N y al cabo de diez minutos se determina el pH de la suspensión. Seguidamente se van adicionando a una de las muestras cantidades medidas de HCl 0,1 N y a la otra NaOH 0,1 N y diez minutos después de cada adición se determina de nuevo el pH de las suspensiones.

Todas las determinaciones de fósforo en solución a las que hemos hecho referencia se realizaron según el método de Murphy y Riley (14). Las determinaciones de pH se realizaron con un aparato Beckman Expandomatic SS-2.

R E S U L T A D O S

La figura 1 muestra la variación con el pH de los máximos de adsorción de fósforo sobre goetita, x_m , calculados a partir de la ecuación de Langmuir para veinticuatro horas de adsorción. La curva resultante se denomina frecuentemente «envolvente de adsorción» (5).

En dicha figura y en la tabla I puede observarse cómo la goetita

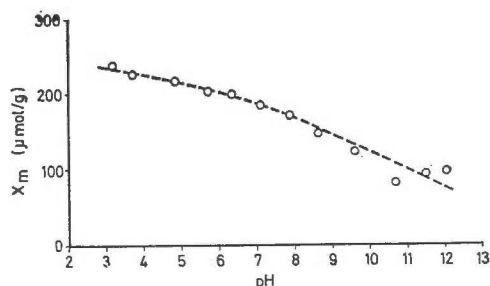


Fig. 1.—Variación con el pH de los máximos de adsorción de fósforo, x_m , sobre goetita.

adsorbe tanto más fósforo cuanto más ácido sea el medio, cuanto mayor sea la concentración inicial de anión en la suspensión y cuanto mayor sea el tiempo de adsorción.

TABLA I

Resultados experimentales de la adsorción y desorción a 25° C de fósforo sobre goetita

C _i P (ppm)	t ads días	pH _i	P _m ads μmol/g	P _m des %
30	1	3	208,4 ± 7,7	2
		6	191,8 ± 7,3	3,4
		9	130,4 ± 4,9	4,4
	6	3	223,9 ± 6,7	2
		6	199,5 ± 7,6	4,3
		9	130,0 ± 10,3	6,6
60	1	3	230,4 ± 16,8	3,5
		6	200,1 ± 13,9	7,2
		9	146,8 ± 20,1	10,8
	6	3	248,5 ± 13,4	5
		6	211,1 ± 13,9	8
		9	139,9 ± 17,1	10,6
100	1	3	254,3 ± 30,8	4
		6	228,6 ± 29,0	7,2
		9	160,7 ± 30,4	9,3
	6	3	252,5 ± 29,3	5
		6	214,4 ± 25,6	10
		9	136,3 ± 34,9	14,7

C_iP = concentración inicial de fósforo

t ads = tiempo de adsorción

pH_i = pH inicial de las suspensiones

P_m ads = fósforo adsorbido; media de 6 aplicaciones

P_m des = fósforo desorbido; valores medios

La tabla I recoge asimismo los valores medios del fósforo que se desorbe en las experiencias realizadas, expresado en porcentaje del previamente adsorbido. La figura 2 muestra un ejemplo representativo de los resultados obtenidos al desorber fósforo durante diferentes períodos de tiempo. En ella se observa que la proporción de anión que se desorbe a pH 3 y 6, aumenta al hacerlo el pH inicial de experimentación y que puede considerarse constante a partir de veinticuatro horas de desorción, en concordancia con lo encontrado por Hingston y col. (9). A pH 9 la cantidad de fósforo desorbido varía de forma irregular con el tiempo, por lo que los valores correspondientes de la ta-

bla I son sólo indicativos. Los segmentos sobre los que están situados los puntos experimentales de la figura 2, representan la magnitud del error que afecta a cada determinación.

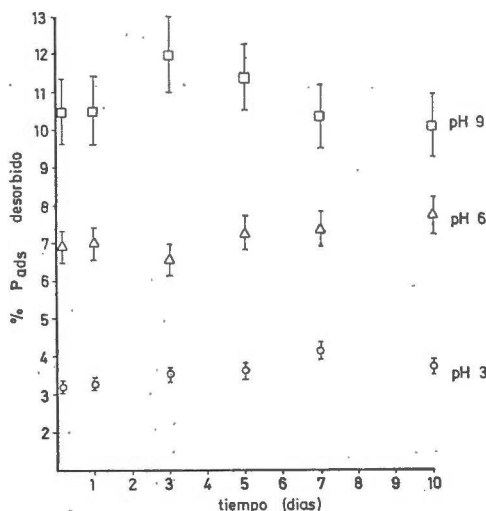


Fig. 2.—Variación con el tiempo del porcentaje del fósforo adsorbido que se desorbe a diferentes valores de pH. Concentración inicial de P = 60 ppm. Tiempo previo de adsorción = 1 día.

La tabla II muestra que la goetita sin tratamiento previo se comporta de forma anfótera, siendo necesario añadir más de 1 ml. de HCl 0,1 N o 1 ml. de NaOH 0,1 N para que la suspensión alcance en cada caso el pH que corresponde a la dilución del ácido o base añadidos. Este efecto tampón se hace más notorio cuando se añade ácido o base sobre goetita con fósforo adsorbido.

DISCUSIÓN

La influencia del pH y la concentración inicial sobre el fósforo adsorbido por la goetita, coincide con los resultados obtenidos por Hings-ton y col. (6, 7, 8) y puede explicarse mediante las teorías enunciadas por éstos y otros autores (3, 4).

En las experiencias de adsorción (tabla I) se encuentran variaciones en los valores del P_m ads a uno y seis días, siendo mayores estas variaciones a pH 9 y concentraciones iniciales de 60 y 100 ppm. P. Sin embargo, si se tiene en cuenta los errores totales que afectan a cada experiencia para un límite de confianza del 95 por 100, dichas variaciones no parecen significativas, por lo que puede considerarse que un día es suficiente para alcanzar el equilibrio de adsorción.

TABLA II

Valores de pH que alcanzan las suspensiones de goetita al añadirles diferentes volúmenes de ácido o base

HCl/NaOH ml aña- didos	HCl 0,1 N				NaOH 0,1 N			
	Concentración de fósforo sobre la goetita. ppm.							
	0	30	60	100	0	30	60	100
0,00	7,40	6,56	6,25	6,28	7,34	6,54	6,38	6,27
0,02	7,17	6,35	6,16	6,10	7,55	6,75	6,64	6,51
0,04	6,99	6,18	5,85	5,92	7,76	6,94	6,90	6,67
0,06	6,83	6,00	5,63	5,74	7,99	7,20	7,16	6,85
0,08	6,69	5,82	5,43	5,57	8,23	7,39	7,42	7,03
0,10	6,55	5,62	—	5,38	8,41	7,57	7,68	7,17
0,12	6,30	5,42	4,98	5,21	8,60	7,81	7,94	7,31
0,18	5,99	4,28	4,53	4,72	9,05	8,42	8,78	7,84
0,20	—	—	4,21	4,48	—	8,59	—	—
0,24	5,57	4,30	—	4,26	9,33	8,86	9,07	8,35
0,30	5,11	—	3,77	3,92	9,55	9,25	9,59	8,80
0,36	4,70	3,64	3,62	3,69	9,72	9,50	9,83	9,78
0,42	4,32	—	3,45	3,48	9,86	9,71	9,99	9,49
0,50	3,92	3,39	—	3,38	9,99	9,90	10,15	9,75
0,60	3,62	—	3,16	3,22	10,17	10,14	10,29	10,00
0,80	3,25	3,03	3,02	3,03	—	10,36	10,50	10,34
1,00	2,96	—	2,91	2,92	10,57	10,53	10,69	10,47

Estos errores se hacen mayores conforme aumenta el pH y la concentración inicial de adsorción y se deben principalmente a la forma de calcular el fósforo adsorbido.

Los datos correspondientes a las experiencias de desorción (tabla I) muestran que la adsorción de fósforo por goetita es un proceso altamente irreversible. Este hecho se ha atribuido a la formación de complejos superficiales binucleados entre un grupo fosfato y dos átomos de hierro contiguos, reemplazando a dos grupos hidroxilo (o moléculas de H_2O) coordinados a ellos. El complejo así formado presenta una estructura de anillo con seis eslabones, de gran estabilidad termodinámica (1, 2, 15).

Según lo expuesto, el hecho de que al aumentar el pH inicial de adsorción, a concentración y tiempos de adsorción constantes, se incrementa la proporción de fósforo desorbido, se explica admitiendo que los complejos binucleados se forman en la adsorción más fácilmente a pH ácidos. A pH alcalino, el mecanismo de formación de tales complejos implica la expulsión de grupos OH^- , mientras que a pH ácido los ligandos desalojados serán preferentemente moléculas de H_2O cuya coordinación con los átomos de hierro superficiales es más débil. A este

respecto, Atkinson y col. (1) establecen que la formación de complejos binucleados sobre goetita tiende a alcanzar su valor máximo a pH 3-4 y concentraciones iniciales mayores de 10 ppm. en P.

La desorción media también aumenta cuando la concentración inicial pasa de 30 a 100 ppm., para tiempos y pH de adsorción iguales. Esto puede deberse a que, en la concentración más baja estudiada, los grupos fosfato que recubren la superficie están muy próximos al valor máximo teórico, por lo que es de esperar que con concentraciones iniciales de fósforo altas se produzca una mayor interacción estérica entre los aniones adsorbidos con el consiguiente debilitamiento del enlace fosfato-superficie de algunos de ellos.

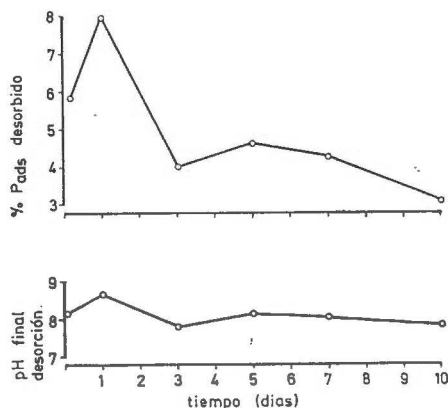


Fig. 3.—Influencia del pH final de desorción sobre el porcentaje de fósforo desorbido. Concentración inicial de P = 30 ppm. pH adsorción = 9. Tiempo previo de adsorción = 1 día.

En las experiencias realizadas a concentración inicial y pH iguales, se observa que el tanto por ciento de fósforo desorbido puede aumentar ligeramente con el tiempo previo de adsorción. Esto puede explicarse admitiendo que, en condiciones de alto recubrimiento superficial como las aquí empleadas, un período prolongado de reacción favorece la interacción de los aniones adsorbidos.

La proporción de fósforo que se desorbe en todas las experiencias realizadas a pH 9 varía de forma irregular con el tiempo de desorción (fig. 2). A este pH los errores en la determinación del fósforo adsorbido son grandes por las razones antes citadas. No obstante, la dispersión de los puntos experimentales puede ser atribuida en parte a la gran influencia que tiene, en estas condiciones, el pH final de desorción. La figura 3 muestra un ejemplo del paralelismo existente entre las variaciones de dicho pH y el fósforo desorbido con el tiempo.

Según la teoría generalmente admitida, los átomos metálicos superficiales de un óxido en suspensión acuosa, están coordinados por grupos OH^- y H_2O en proporciones que dependen del pH del medio. No

se excluye la presencia, en menor cantidad, de grupos O en las superficies.

La adición de HCl 0,1 N sobre suspensiones de goetita hace que se neutralicen los OH presentes en la solución, disminuyendo el pH del medio, a la vez que los grupos OH⁻ presentes en la superficie se transforman en moléculas de H₂O. El número de éstas así formadas dependerá de la diferencia entre la cantidad de H⁺ añadida como HCl 0,1 N y la encontrada experimentalmente mediante medidas de pH.

Al añadir NaOH 0,1 N se irán neutralizando los H⁺ de la solución y se sustituirán moléculas de H₂O sobre la superficie, apareciendo en ella grupos de OH. Este proceso puede tener lugar, bien por cambio de ligandos o bien porque en estas condiciones las moléculas de H₂O actúan como donadores de protones. De igual forma que antes, la diferencia entre la cantidad de OH⁻ añadida y la encontrada experimentalmente, medirá de alguna manera el número de moléculas de H₂O sustituidas en la superficie del óxido.

Se admite que los grupos H₂O superficiales son los más fácilmente sustituibles por los aniones fosfato. Por ello, es de esperar que exista una relación entre la variación de la cantidad máxima de fósforo capaz de ser adsorbido a diferentes pH por la goetita y la variación de la cantidad de grupos H₂O superficiales producida al variar el pH de la suspensión por las adiciones sucesivas de ácido y base descritas.

La figura 4 muestra esta relación: cada punto está construido representando en abscisas la cantidad de grupos H₂O formados o desapare-

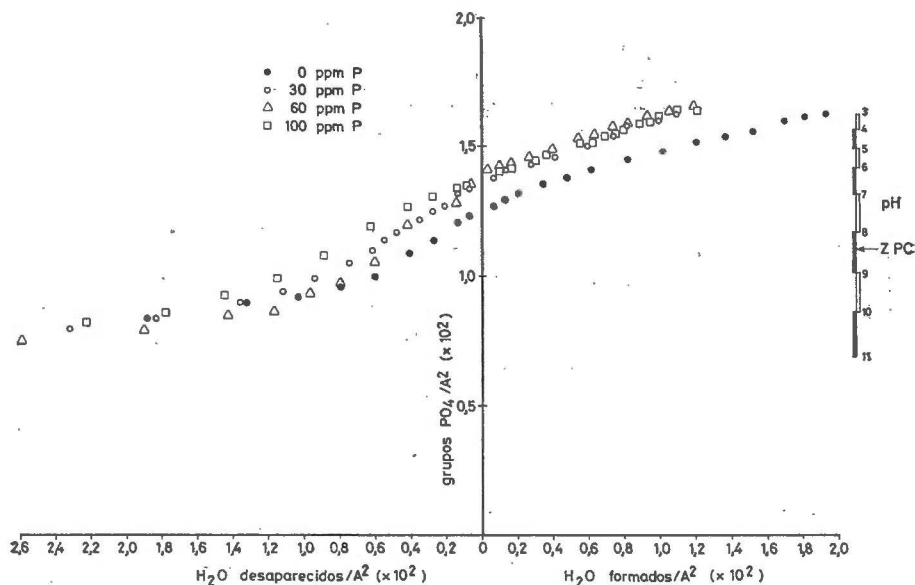


Fig. 4.—Relación existente a diferentes valores de pH entre la cantidad de moléculas de H₂O producidas o desaparecidas de la superficie de una goetita y la cantidad máxima de P, x_m, que adsorbe.

cidos de la superficie por adiciones de HCl o NaOH 0,1 N según el criterio antes expuesto y en ordenadas las cantidades máximas de fósforo que se absorberían sobre la goetita a un pH igual al pH final de cada adición de HCl y NaOH 0,1 N.

Para facilitar la interpretación de los resultados, en dicha figura se ha incluido una escala de pH y las unidades de los ejes cartesianos se expresan en grupos H_2O y grupos PO_4 por unidad de superficie. Estos últimos se obtuvieron a partir de los valores de x_m de la figura 1.

Se observa que la línea correspondiente a las experiencias sin fósforo está situada por debajo de las correspondientes con fósforo adsorbido. Este resultado indica que, durante el tratamiento ácido, la goetita sin fósforo adsorbido es capaz de formar sobre su superficie a cada pH, un número mayor de grupos H_2O que los que es capaz de formar una goetita con fósforo adsorbido, debido a que en este último caso, ya tiene sustituidos por grupos fosfato algunos de sus grupos superficiales capaces de generar moléculas de H_2O . En cambio, en el tratamiento alcalino la goetita con fósforo adsorbido consume más OH^- del medio que el óxido sin anión, probablemente debido a que parte de los grupos OH reemplazan a grupos fosfato.

Las zonas centrales de las líneas de la figura 4 son rectas paralelas de pendiente 0,4, lo que equivale a que en las proximidades del z. p. c. es necesaria la creación de 2,6 moléculas de H_2O sobre la superficie para que se forme o se pierda un sitio capaz de adsorber un nuevo grupo fosfato.

A valores de pH más ácidos que el z. p. c., el paralelismo de las líneas se conserva y la pendiente disminuye hasta un valor de 0,18, es decir, que en esta zona los resultados parecen indicar que es necesaria la formación de 5,6 moléculas de H_2O por cada nuevo grupo fosfato adsorbido.

A partir del z. p. c. y hacia valores más alcalinos del pH, el paralelismo de las líneas es menos evidente e incluso las líneas correspondientes a las experiencias con fósforo previamente adsorbido, parecen diferenciarse entre sí, cosa que no hacían en medios más ácidos. Estos resultados pueden deberse al hecho, observado en la práctica, de que los valores de pH en la zona alcalina se estabilizan más lentamente que en la zona ácida. De todas formas, se puede apreciar una notable disminución de la pendiente con un valor aproximado de 0,1, equivalente a la creación de 10 cargas negativas superficiales por cada sitio de adsorción que pierde la superficie.

Todo lo anterior parece indicar que en la zona próxima al z. p. c., la goetita posee un cierto número de posiciones disponibles a las que puede ligarse el anión fosfato en cantidades que dependen de la concentración, tiempo y pH del medio. La desorción del fósforo previamente adsorbido es pequeña en esta zona. A valores del pH inferiores al z. p. c., menor de 6,5, la creación de una nueva posición capaz de aceptar un grupo fosfato tiene lugar sólo cuando sobre la superficie del óxido se haya formado un número elevado de cargas positivas equivalente a la desaparición de unos seis protones de la solución los cuales posiblemente contribuyen a la estabilización de la molécula adsorbida,

ya que a estos pH la adsorción tiene lugar en mayor extensión, con la consiguiente interacción entre los aniones presentes en la superficie. La desorción de los grupos fosfato adsorbidos en estas condiciones es menor que en el caso anterior.

Por último, a pH superiores al z. p. c., es necesario que desaparezcan del medio aproximadamente 10 grupos OH^- para que se pierda un sitio capaz de adsorber fósforo. Este hecho puede explicarse si se tiene en cuenta que a estos valores de pH las cantidades máximas de fósforo que se adsorben son pequeñas, existiendo poca interacción entre los aniones fosfato adsorbidos, por lo que es preciso oponer una fuerte carga negativa para impedir la incorporación de aquéllos a la superficie.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su reconocimiento al Dr. J. Cornejo por la determinación del valor del punto cero de carga de la goetita.

RESUMEN

Se ha estudiado el comportamiento de la goetita frente a iones fosfato y se ha comparado con resultados de adsorción de iones OH^- ó H^+ .

La adsorción de fosfato por este óxido es escasamente reversible. Sin embargo, la proporción de fósforo que se desorbe aumenta con el pH.

A valores de pH próximos al punto cero de carga (z. p. c.), la goetita precisa formar de 2 a 3 moléculas de agua, por adsorción de iones H^+ sobre los OH^- superficiales, para crear un sitio capaz de adsorber fosfato. A valores de pH más ácidos, la mayor adsorción de fosfato provoca una fuerte interacción entre ellos, y la creación de un nuevo sitio de adsorción precisa la adquisición de una fuerte carga positiva en la superficie, por medio de la adsorción de unos 6 iones H^+ .

A valores de pH más alcalinos que el z. p. c., la capacidad de adsorción del óxido es pequeña, y en consecuencia no se produce interacción entre los iones fosfato adsorbidos. En estas condiciones es necesaria la creación de más de 10 cargas negativas en la superficie para que se pierda un sitio de adsorción.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto
Apartado 1.052. Sevilla*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1972). Kinetics of isotopic exchange of phosphate at the alpha —FeOOH— aqueous solution interface. *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 34, 2201-2211.
- (2) ATKINSON, R. J., PARFITT, R. L. y SMART, R. ST. C. (1974). Infra-red study of phosphate adsorption on goethite. *J. C. S. Faraday Trans.*, 1, 70, 1472-1479.
- (3) BOWDEN, J. W., BOLLAND, M. D. A., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1973). Generalized model for anion and cation adsorption at oxides surfaces. *Nature*, 245, 81-83.
- (4) CABRERA, F. (1975). Estudio de la adsorción isoterma de aniones ortofosfato por óxidos metálicos existentes en la Naturaleza. Tesis doctoral, Sevilla.
- (5) HINGSTON, F. J., ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1967). Specific adsorption of anions. *Nature*, 215, 1459-1461.
- (6) HINGSTON, F. J., ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1968). Specific adsorption of anions on goethite. *Trans. 9th Int. Cong. Soil Sci.*, 1, 669-678.
- (7) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1970). Anion binding at oxide surfaces. The adsorption envelope. *Search*, 1, 324-327.

- (8) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1972). Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton on determining adsorption envelopes. *J. Soil Sci.*, **23**, 177-192.
- (9) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1974). Anion adsorption by goethite and gibbsite. II. Desorption of anions from hydrous oxide surfaces. *J. Soil Sci.*, **25**, 16-26.
- (10) KAFKAFI, M., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1967). Desorption of phosphate from kaolinite. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **31**, 348-353.
- (11) KUO, S. y LOTSE, E. G. (1973). Kinetics of phosphate adsorption and desorption by hematite and gibbsite. *Soil Sci.*, **116**, 400-406.
- (12) KUO, S. y LOTSE, E. G. (1974). Kinetics of phosphate adsorption and desorption by lake sediments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **38**, 50-54.
- (13) MULJADI, D., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. (1966). The adsorption of phosphate by kaolinite, gibbsite and pseudo-boehmite. *J. Soil Sci.*, **17**, 212-247.
- (14) MURPHY, J. y RILEY, J. P. (1962). A modified single solutions method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, **27**, 31-36.
- (15) PARFITT, R. L., ATKINSON, R. J. y SMART, R. ST. C. (1975). The mechanism of phosphate fixation by iron oxides. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **39**, 837-841.

Recibido para publicación: 8-XI-76

EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL EN SANTIAGO DE COMPOSTELA DURANTE EL PERIODO 1969-1975

por

A. PAZ GONZALEZ y F. DIAZ-FIERROS VIQUEIRA

SUMMARY

EVAPORATION AND POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN SANTIAGO DE COMPOSTELA (SPAIN) DURING THE PERIOD 1969-75

We present the experimental measurements of evaporation and potential evapotranspiration in *Lolium perenne* grown on two Galician soils under the climatic conditions of Santiago de Compostela during the period 1969-75.

The evaporation, measured in a class A U S pan, shows high correlation ($r = 0,979$) with Penman's formula; though this fit can be further improved if the modification of the aerodynamic function proposed by Rijtema (1965) is introduced.

The experimentally measured evapotranspiration potential and the value calculated using the modification to Penman's combined method proposed by Rijtema likewise demonstrate good fit, with high correlation coefficients ($r_1 = 0,974$; $r_6 = 0,986$).

When the relation between evaporation in the pan and PET minus interception is established, the quadratic function proposed for the same local conditions by Diaz-Fierros (1971) is confirmed, and by using suitable transformations based on the theories of Penman and Rijtema a linear relationships between these variables can be established:

$$PET = 0,20 + 0,79 E_a$$

This likewise shows high correlation ($r_1 = 0,954$; $r_6 = 0,961$).

Finally, approximate estimates of PET, Turc's formula (1961) is considered. A consistent overestimation of winter and spring values is found. This deviation can be corrected by simply introducing the «interception» term, which at the same time noticeably improves the overall fit of the formula ($r_1 = 0,916$; $r_6 = 0,943$).

La evapotranspiración es un importante eslabón del ciclo del agua en la biosfera que representa la transferencia de vapor de agua de la superficie de la tierra a la atmósfera a expensas del calor latente. La evapotranspiración depende de factores climáticos y edáficos, así como del tipo de vegetación. Debido a las complejas interrelaciones entre ellos se definió la evapotranspiración potencial (ETP) en función de parámetros puramente climáticos como «la cantidad de agua transpirada por la vegetación y evaporada a partir del suelo, en la unidad de tiempo, bajo un cultivo de prateses de tamaño uniforme, cuando el contenido de humedad en el suelo se mantiene próximo al valor de capacidad de campo» (11, 17).

Aunque el concepto de ETP no ha variado, desde entonces, se pueden diferenciar fundamentalmente dos líneas de investigación según los objetivos, así como la escala y métodos de trabajo. Una de ellas busca la evaluación de las necesidades de riego, a nivel de grandes regiones, mediante el empleo de relaciones empíricas relativamente sencillas; la segunda, teóricamente más rigurosa, trata de relacionar los factores climáticos con la dinámica del agua en el suelo y los mecanismos de la transpiración en la planta, para lo que requiere el desarrollo de modelos físicos y un instrumental muy sofisticado, siendo aplicable actualmente a nivel microclimático. Entre los dos extremos se dispone de una serie de aproximaciones cuya complejidad suele estar en relación directa con su exactitud.

En las condiciones climatológicas de Galicia, por término medio, el 50 por 100 de la precipitación anual vuelve a la atmósfera en forma de vapor de agua, mientras que el 50 por 100 restante origina las aguas continentales. Sin embargo, a pesar del valor absoluto de las lluvias, su distribución a lo largo del año es muy irregular; de modo que a una secuencia climática invernal, caracterizada por valores de evapotranspiración muy bajos e infiltraciones muy importantes, con una duración aproximada de seis meses, sigue una secuencia de verano con infiltraciones nulas, precipitaciones escasas y evapotranspiraciones muy elevadas, en la que se dejan sentir los efectos de la sequía (3, 4).

El ciclo anual del balance hídrico incide en los procesos edafogénicos y geoquímicos, al mismo tiempo que limita las posibilidades hidrológicas y agrícolas (8, 4).

En este sentido, la exactitud en los cálculos de ETP es un requisito indispensable para posteriores determinaciones de evapotranspiración real, y en último término para conocer la influencia del déficit de agua en la producción vegetal, tanto en términos de cantidad como en calidad. La construcción de una Estación de Climatología Agrícola en una parcela de experiencias del Centro de Investigaciones Agrobiológicas del C.S.I.C. de Galicia permitió comparar diversas fórmulas corrientemente utilizadas para el cálculo de la ETP con los datos de los dos primeros años, obteniéndose que la de Turc (1961) era la que daba mejores resultados. Ahora los datos de seis años de experiencias, período estadísticamente muy significativo y no muy frecuentemente señalado en la bibliografía para trabajos de este tipo, se relacionan con la fórmula anterior, al tiempo que se ensayan otras aproximaciones a escala mesoclimática.

MATERIAL Y MÉTODOS

La estación de Climatología Agrícola consta de una batería de diez lisímetros e instalaciones meteorológicas anejas. Cinco de los lisímetros contienen un suelo arenoso y los restantes suelo limoso; un lisímetro de cada serie está dispuesto a modo de evaporímetro (el número 1 en la serie limosa, y el número 6 en la arenosa), de modo que pueden realizarse medidas de ETP. Durante la secuencia invernal se midieron las percolaciones en todos los lisímetros con una periodicidad aproximadamente semanal.

La precipitación se mide con un pluviómetro Hellmann, situado a 10 cm. de la superficie del suelo, y con un pluviógrafo Lambrecht a 110 cm. La velocidad del viento con un anemómetro totalizador instalado a 60 cm. sobre la superficie del suelo. La radiación incidente se calcula con la fórmula de Turc, a partir del número de horas de sol; éstas se determinan mediante un heliógrafo Campbell-Stokes. La humedad y temperatura se midieron con un termohigrógrafo a 150 cm. de la superficie. Finalmente, la evaporación se mide con un baño U. S. Clase A, alzado 15 cm. sobre la superficie del suelo.

COMPARACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS DE EVAPORACIÓN EN BAÑO CON LAS OBTENIDAS POR LA FÓRMULA PENMAN

Las medidas de evaporación en baño han sido muy utilizadas para determinar las necesidades aproximadas de riego a gran escala, en general con bastante éxito. Pero los datos de evaporación varían en función de las características de exposición y mantenimiento del baño, así como del microclima de la estación, siendo por ello muchas veces de valor estrictamente local. En la última década se han realizado numerosos ensayos destinados a determinar las condiciones de instalación que permiten comparar los valores de evaporación medidas bajo distintos regímenes climáticos a nivel mensual e incluso semanal o decenal.

Entre los distintos métodos disponibles para el cálculo de la evaporación, el combinado de Penman ha sido muy utilizado y está considerado como uno de los más exactos. Este método tiene en cuenta los tres factores del clima, que de algún modo determinan la intensidad de evaporación: radiación neta, déficit de presión de vapor y velocidad del viento. El período de tiempo elegido para los cálculos ha sido el mes natural; esta limitación viene impuesta por lo incierto de las estimaciones de radiación neta, cuya medida todavía no ha sido sistematizada por el Servicio Meteorológico Nacional.

En la figura 1 se puede apreciar la relación entre las medidas mensuales de las medidas de evaporación y las calculadas con el método de Penman; las segundas tienden a ser relativamente inferiores a las primeras (pendiente 1,084), lo que, de acuerdo con los datos de la bibliografía, está motivado por la disposición del baño, pues al instalarse a 15 cm. sobre la superficie del suelo, recibe un suplemento de energía debido a la absorción de radiación por el recipiente y al intercambio de calor sensible entre éstas y el aire (Monteith). Las mayores diferencias entre los valores observados y los calculados (puntos señalados con una cruz en la misma figura) corresponden al mes más seco, agosto, de los años con déficit de precipitación más elevados durante el período estudiado, y son imputables al llamado «efecto de oasis». Por lo que no se tuvieron en cuenta en el cálculo.

MODIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DEPENDIENTE DEL VIENTO EN LA FÓRMULA DE PENMAN

La función dependiente del viento, propuesta por Penman para el método combinado, fue determinada empíricamente, siendo la velocidad (u) del viento en sus condiciones experimentales locales 3,47 m/seg., medida a 2 m. de la superficie, muy superior a los 1,40 m/seg. resultantes de 79 meses de medidas en la estación de Santiago de Compostela, a 0,60 m. Esta diferencia no parece, sin embargo, afectar de forma sensible al ajuste de la ecuación original de Penman a las condiciones locales de Santiago, lo que podría atribuirse al hecho de que en las regiones templado-húmedas la contribución del término radiactivo a la evaporación total es muy superior a la del aerodinámico (6).

E_{ob} (baño) mm/día

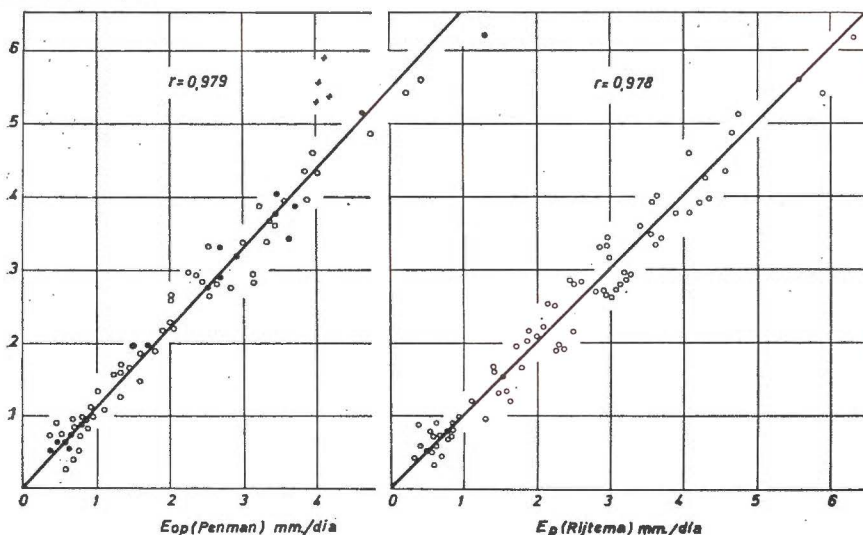


Fig. 1.—Relación entre los valores medios mensuales (mm/día) de la evaporación en baño U. S. clase A y los calculados por las fórmulas de Penman (los datos señalados con una + corresponden a los meses de agosto de los años 1972-73-74 y 75) y Rijtema.

Con todo, siguiendo el procedimiento semiempírico propuesto por Rijtema (1965), parece conveniente introducir un factor de corrección en la fórmula de Penman que dé cuenta de las diferencias de condiciones aerodinámicas locales. Si la función dependiente del viento $f(u)$, se sustituye por $d \cdot u$, siendo u la velocidad del viento, se puede determinar el factor d ; en la figura 1b se puede apreciar que para $d = 0,35$ la pendiente de la recta de regresión entre los valores de la evaporación medidos directamente y los calculados es 1,000, aunque no se mejora, sin embargo, el coeficiente de correlación.

COMPARACIÓN DEL MÉTODO DE RIJTEMA PARA EL CÁLCULO DE LA ETP CON MEDIDAS LISIMÉTRICAS

La introducción del concepto de flujo en la teoría de la evapotranspiración ha permitido analizar la dependencia de ésta de factores ajenos al clima. Se puede considerar (9) que el transporte de agua en la unidad de tiempo a través del suelo y la planta, hasta la atmósfera, es directamente proporcional a la diferencia de concentración de vapor entre la superficie evaporante y la atmósfera, e inversamente proporcional a la suma de una resistencia aerodinámica (o externa) relacionada con la resistencia a la difusión de vapor en la atmósfera y de una resistencia interna que se opone a la difusión de agua y/o vapor a través del suelo y de la planta. Desde el punto de vista teórico al considerar la evapotranspiración como un proceso de difusión se menosprecia la distribución espacial del calor sensible y del calor latente en el perfil del cultivo (16), pero en la práctica la aproximación al cálculo de aquélla es suficiente incluso a nivel de períodos de pocos días (15), y menos engorrosa que otros métodos, como el cálculo de la relación Bowen.

En resumen, partiendo del método combinado de Penman para el cálculo de la evapotranspiración, se han propuesto una serie de modificaciones en orden a incluir términos en relación con los factores edáficos y el tipo de vegetación (12, 9, 14), sobre cuya exposición detallada no podemos extendernos aquí. La aproximación de Rijtema, que es tal vez la más adecuada para el análisis de datos procedentes de lisímetros evaporímetros se expresa por la fórmula:

$$ET = E + E_i - \frac{\Delta + \gamma}{\Delta + \gamma(1 + R_a/R_p)} (E_{\text{máx}} - E_i) + E_i \quad (1)$$

- ET = evapotranspiración real.
 E = evaporación del suelo y transpiración de la planta.
 E_i = agua de lluvia interceptada por la superficie del cultivo y directamente evaporada sobre él.
 E_{max} = evapotranspiración de una superficie hipotética continuamente humedecida, con el mismo coeficiente de reflexión que el cultivo.
 γ = constante psicrométrica.
 Δ = pendiente de la curva de presión de vapor en condiciones de saturación.
 R_a = resistencia aerodinámica.
 R_p = resistencia interna.

En el caso de pratenses se puede asumir que la evaporación a partir del suelo es nula, de modo que E equivale a la transpiración. La resistencia interna a la difusión, R_p, es la resultante de la suma de tres componentes: uno, R_e, relacionada con el grado de apertura de los estomas; otro, R_c, el porcentaje de cubierta vegetal; y el último, R_s, dependiente de las reservas de humedad del suelo. Actualmente se considera que cuando R_p consta únicamente de la suma de R_e y/o R_c, el

flujo de agua hacia la atmósfera equivale a la ETP en un momento dado del desarrollo de un cultivo y bajo determinadas condiciones climáticas. De este modo la ETP se define no solamente en función de parámetros climáticos, sino también en relación con el tipo de vegetación, siendo además posible relacionar la ET con la ETP conociendo la dinámica del agua en el suelo.

El término E puede calcularse por una fórmula semejante a la propuesta por Penman para la evaporación de una superficie de agua libre, teniendo en cuenta el diferente coeficiente de reflexión del cultivo con respecto al agua y substituyendo la función dependiente del viento por la resistencia aerodinámica. El coeficiente de reflexión varía con la altura del sol, y el porcentaje de cubierta vegetal (2), dándose como valores medios 0,23 para *Festuca arundinacea*, 0,24 para *Trifolium pratense* y 0,18 para *Medicago sativa*; otros datos de la bibliografía (7) indican que para pratenses este factor oscila entre 0,17 y 0,24, con el valor medio de 0,20, que se utiliza en este trabajo. La resistencia externa depende de la velocidad del viento y de la altura del cultivo, pudiendo calcularse con las tablas publicadas por Feddes (1970) en función de estos parámetros. La altura de la hierba no se midió sistemáticamente durante todo el período estudiado, estimándose su medida en 10 cm., de todas formas, debido a la escasa importancia relativa del término aerodinámico y a que los cálculos se refieren a períodos mensuales no se requiere mucha precisión en la determinación de Ra.

La intercepción se derivó de los datos de Rijtema (1965) para pratenses, que parecen puede aplicarse también en el cálculo de la ETP de otros cultivos (13).

La resistencia interna Re relacionada con los estomas puede también calcularse a partir de los datos de radiación incidente (12). La resistencia dependiente del porcentaje de cubierta vegetal, Rc, se considera nula, debido al poco número de días que tarda en establecerse la vegetación después de cada corte.

Los coeficientes de correlación, así como la magnitud que adquieren a lo largo del período estudiado los valores de E medidos en los evapotranspirómetros frente al cálculo utilizando la fórmula (1) se representan en la figura 2. Se puede apreciar que no sólo los coeficientes de correlación son elevados y los diferentes valores bastante ajustados, sino que además los datos calculados se adaptan bien a las variaciones climáticas a nivel mensual. Determinando las correspondientes regresiones entre los valores experimentales y los calculados se observa una mayor pendiente en la recta de ajuste con el lisímetro 1 ($a = 1,069$) frente al 6 ($a = 0,926$), lo que podría explicarse fácilmente, teniendo en cuenta la menor altura y densidad de la hierba en el lisímetro 1 con respecto al 6, lo que determina distintos valores de resistencia aerodinámica; ello sugiere que los resultados podrían mejorarse todavía utilizando valores más exactos de este parámetro.

En general, durante el período estudiado, el agua perdida por los evapotranspirómetros en los meses más fríos (noviembre, diciembre, enero, febrero) oscila entre el 5 y el 8 por 100 del total anual, mientras que durante el mismo período la evaporación a partir del baño varía entre el 10 y el 15 por 100. Estas cifras dan una idea de la reducción

de la evapotranspiración en el período invernal en las zonas húmedas por la acción del agua de lluvia interceptada.

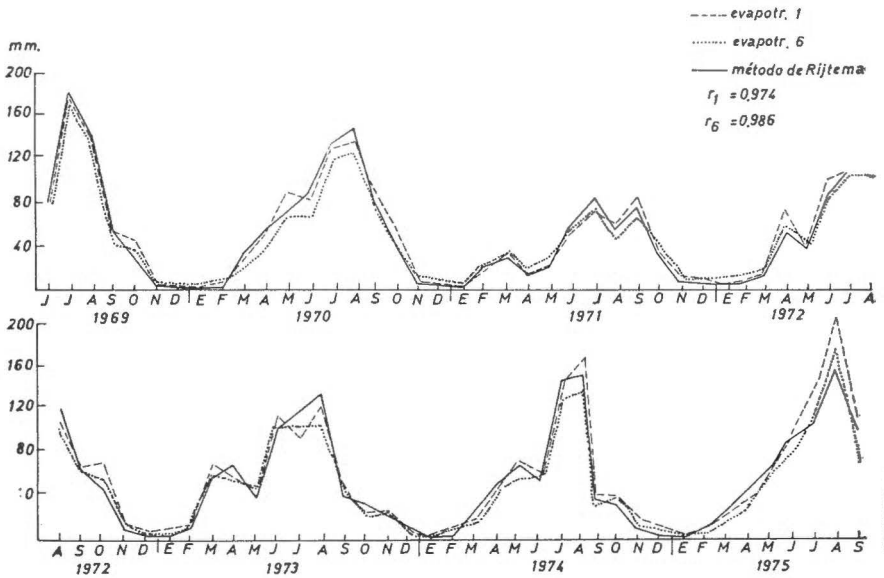


Fig. 2.—Relación entre la transpiración medida en los lisímetros 1 y 6 y la calculada por el método de Ritjema (1965) durante el período estudiado.

RELACIÓN ENTRE LA ETP Y Eo

Para el cálculo de la ETP de un cultivo de pratenses Penman (1956) utiliza datos de evaporación en baño y un factor de transformación empírico que varía a lo largo de las estaciones. Ritjema (1965) demostró que en las condiciones experimentales de Penman, la resistencia interna, R_p es casi nula y, en consecuencia, las diferencias entre E_o y ETP vienen determinadas fundamentalmente por el distinto coeficiente de reflexión entre el cultivo y el agua del baño.

En la bibliografía se encuentran muchos ejemplos de correlaciones directas entre la evaporación medida en baño y la evapotranspiración (E), sin tener en cuenta el término «intercepción» (E_i), siendo en general los coeficientes de correlación altos (16, 1); pero los factores de transformación así determinados tienen exclusivamente validez local; Díaz-Fierros (1971) obtiene con los datos de los primeros quince meses de experiencias en la estación de Climatología Agrícola una relación de tipo cuadrático; en la figura 3 se pueden observar las curvas correspondientes a las dos series, y la representación sobre la misma gráfica de todos los datos mensuales del período estudiado; se puede apreciar que al aumentar el número de medidas la dispersión se hace más amplia, aunque parece que éstas se siguen ajustando a la ecuación propuesta.

Rijtema (1965) propone un método deductivo que permite relacionar ETP, es decir, $E + E_t$ y E_o partiendo de una simplificación de la fórmula (1). Si se considera nulo el valor de la resistencia interna a

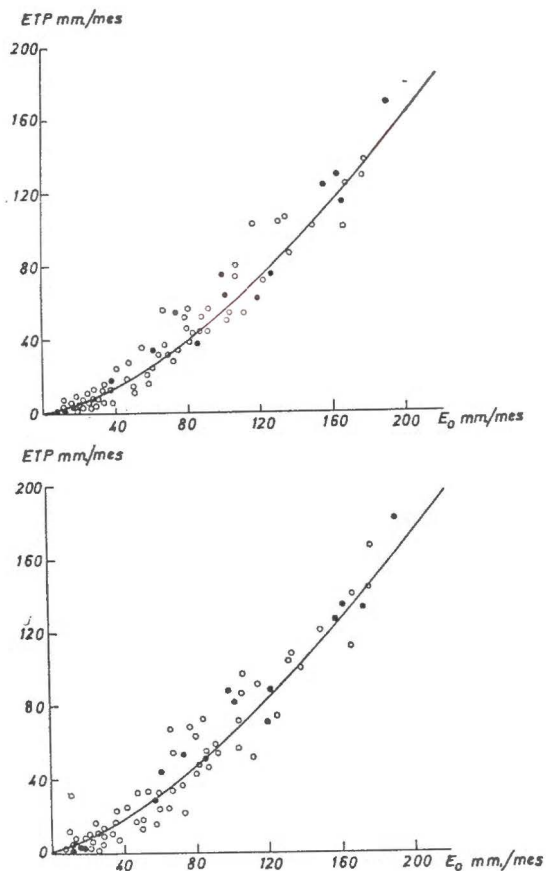


Fig. 3.—Relación directa entre las medidas de la evaporación en baño U. S. clase A y las de evapotranspiración potencial de los lisímetros 1 y 6. Las curvas corresponden a la función cuadrática definida por Díaz-Fierros (1971) para las mismas condiciones locales.

la difusión, las diferencias entre los dos variables son debidas, en parte, a los distintos coeficientes de reflexión del agua y del cultivo y, en parte, a la no linealidad entre la resistencia aerodinámica, R_a , y la función dependiente del viento, $f(u)$, de la fórmula de la evaporación, es decir, la posible relación entre ETP y E_o depende a su vez de la relación de E_o con un término radiactivo (fig. 4a) y otro aerodinámico (fig. 4b). Y si $R(a) = f(z, d) \cdot u$, resulta:

$$ETP = E_p (0,75 + 0,23 \cdot f(z, d)) + 0,80 \cdot f(z, d) - 0,25.$$

Es decir, se puede expresar la evapotranspiración en función de la evaporación en baño, y de una función dependiente de la velocidad del viento y la altura del cultivo. ($f(z,d)$). Puesto que en nuestras condiciones experimentales el coeficiente de variación de la velocidad del

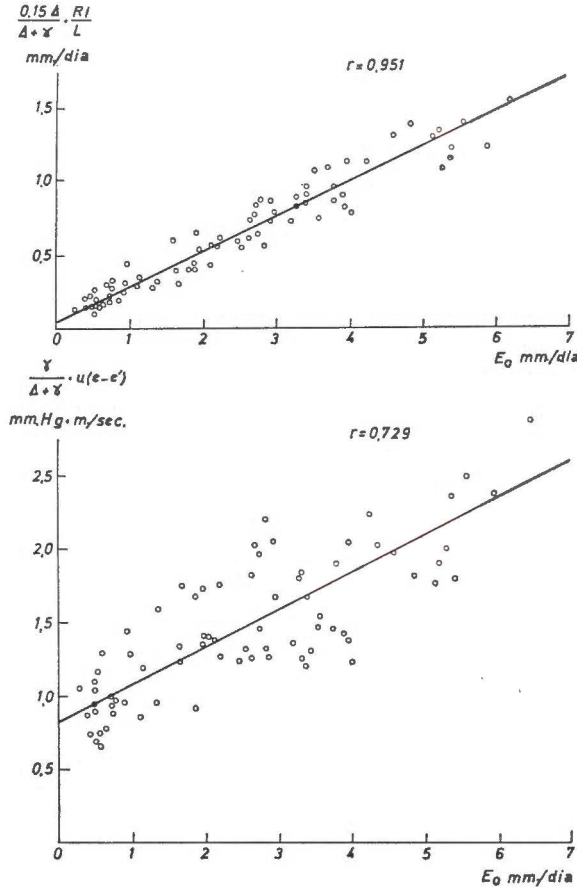


Fig. 4.—Relación entre la evaporación y los términos radiativos (a) y aerodinámico (b) de la fórmula de Ritjema (1965).

viento es solamente del orden del 10 por 100, se puede hacer una nueva simplificación sustituyendo $f(z,d) = Ra/u$ por su valor correspondiente a la velocidad media del viento durante el período estudiado (1,40 m/seg) y a la altura media del cultivo (10 cm.), con lo que se obtiene la relación lineal de ETP, en función de E_o :

$$ETP = 0,78 E_o + 0,20 \tag{3}$$

En la figura 5 puede apreciarse la relación entre la ETP calculada con la fórmula (3) y las medidas en los evapotranspirómetros más el

término intercepción; los resultados indican que la aproximación obtenida mediante la relación lineal es bastante elevada, del orden de otras encontradas en la bibliografía.

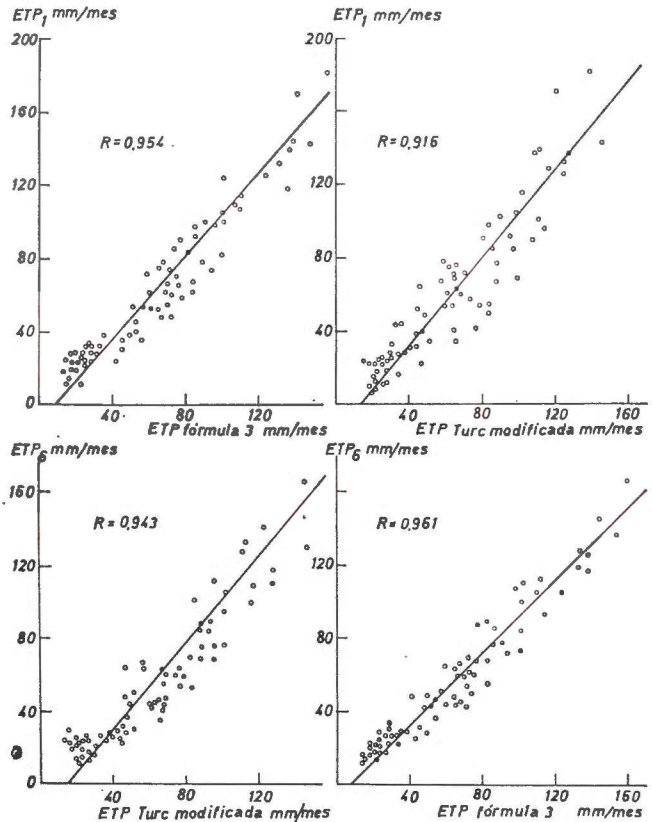


Fig. 5.—Relación entre la evapotranspiración medida en los lisímetros 1 y 6 y la calculada por la fórmula 3 y la fórmula de Turc (1961), modificando el término intercepción.

ADAPTACIÓN DE LA FÓRMULA DE TURC (1961)

El cálculo de las necesidades de agua con fines agrícolas se realiza frecuentemente a partir de fórmulas empíricas que relacionan uno o más factores del clima con la evapotranspiración, aproximaciones que suelen ser suficientes para planificar el riego a escala anual o mensual. La fórmula de Turc (1961) es la que da mejores resultados para la zona húmeda española (4) y utiliza, junto con las temperaturas medias, datos de radiación global incidente que pueden derivarse con bastante exactitud a partir del número de horas de sol. Aunque en las zonas templado-húmedas la intensidad de la evapotranspiración viene determinada fun-

damentalmente por el término radiactivo, hay que tener en cuenta que en realidad es la radiación neta y no la global la que está relacionada más directamente con aquélla, y que por otro lado en los meses de invierno el calor cedido por el suelo a la atmósfera puede llegar a representar el 50 por 100 de la radiación neta (8), por lo que cabría esperar que fuesen estos meses los que presentasen un peor ajuste, como así sucede en la realidad. De todas formas, si a la fórmula original de Turc se incorpora el término «intercepción», tal como se puede calcular, p. e., por Rijtema, su ajuste mejora sensiblemente, tal como se puede apreciar en la figura 5.

RESUMEN

Se presentan las medidas experimentales de evaporación y evapotranspiración potencial de un cultivo de *dolium perenne* sobre dos suelos gallegos (1 y 6) bajo las condiciones climáticas de Santiago de Compostela durante el periodo 1969-75.

La evaporación medida en baño U. S. clase A, manifiesta una correlación elevada ($r = 0,979$) con la fórmula de Penman, si bien se puede aún mejorar su ajuste si se introduce la modificación de la función aerodinámica propuesta por Rijtema (1965).

La evapotranspiración potencial medida experimentalmente y la calculada por la modificación del método combinado de Penman, propuesta por Rijtema, presenta igualmente un buen ajuste con coeficientes de correlación altos ($r_1 = 0,974$ y $r_6 = 0,986$).

Al establecer la relación entre los valores de la evaporación en baño y la ETP-intercepción se confirma la función cuadrática propuesta para las mismas condiciones locales por Díaz-Fierros (1971), y utilizando transformaciones adecuadas con base en las teorías de Penman y Rijtema se logra establecer una relación lineal entre dichas variables:

$$ETP = 0,20 + 0,79 E_0$$

que igualmente ofrece altos coeficientes de correlación ($r_1 = 0,954$ y $r_6 = 0,961$).

Finalmente, y para estimaciones aproximadas de la ETP, se considera la fórmula de Turc (1961), con la que se observa una sobreestimación sistemática de los valores de invierno y primavera. Esta desviación se puede compensar con la simple introducción del término «intercepción», con el que al mismo tiempo mejora de forma ostensible el ajuste general de la fórmula ($r_1 = 0,916$ y $r_6 = 0,943$).

Departamento de Edafología. Universidad de Santiago.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AYERS, H. D. (1967). Role of soil moisture in the hidrological Cycle. Proc. Hydrol. Simp. núm. 6. Univ. of Saskatchewan (3-24).
- (2) BLANCO DE PABLOS, GARMENDÍA H., (1975). Medida del albedo en varios cultivos y fases de desarrollo. P. Cent. pir Biol. exp. Vol. 7, fase 1 (85-94).
- (3) DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F. (1967). La escasez de agua en verano como factor que limita el rendimiento de los prados de Galicia.
- (4) DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F., GUITIÁN OJEA, F. (1971). Medidas de evaporación y evapotranspiración potencial en Santiago de Compostela (Galicia). Anal. Edafol., XXX, 9-10 (993-1004).
- (5) DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F., GRANDAL ALONSO, M.^a C. (1972). Estudio de la variación diaria y estacional de las temperaturas en un suelo gallego. Anal. Edafol., XXXII, 11-12 (119-1133).
- (6) ELÍAS CASTILLO, F. y GIMÉNEZ ORTIZ, R. (1965). Evapotranspiración potencial y balances de agua en España. Mapa Agronómico Nacional. Dir. Gral. Agric. Madrid.
- (7) FEDDES, R. A. (1971). Water, Heat and Crop Growth H. Veenman and Zonen Z. V. Wageningen.

- (8) GRANDAL ALONSO, M.^a C. ; DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F. ; GUITIÁN OJEA, F. (1974). La técnica lisimétrica en el estudio de los procesos de formación del suelo.
- (9) MONTEITH, J. L. (1965). Evaporation and Environment. En: The state and movement of water in living organisms (205-236). Cambridge. Univ. Press.
- (10) PENMAN, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc., London, A 193 (120-145).
- (11) PENMAN, H. L. (1956). Evaporation. An introductory survey. Neth J. Agric. Sci., 4 (9-295).
- (12) RIJTEMA, P. E. (1965). An analysis of actual evapotranspiration, Agr, Rep, Mun. 159, Wageningen.
- (13) RIJTEMA, P. E. ; ENDRODI, G. (1969). Calculation of evapotranspiration from potatoes. Technical Bulletin núm. 69, Wageningen.
- (14) RUTTER, A. J. (1968). Water consumption by forest En water deficits and plant Growth. Vol. 2 (23-84). Acad. Press., New York.
- (15) SLATYER. Plant-water relationships. Academic Press., London.
- (16) TANNER, C. B. (1960). Energy balance to evapotranspiration from crops. Proc. S. S. S. A., Vol. 24, núm. 1.
- (17) THORNTHWAITE, C. W. (1948). An Approach toward a Rational Clasification of climate. Geograph. Rev. Am. XXXVII.
- (18) TURC, L. (1961). Evaluation des besoins d'eau d'irrigation. Ann. Agron. 12, (13-48).

Recibido para publicación: 18-XI-76

EL ORDEN VERTISOL EN LA ISLA DE GRAN CANARIA

por

J. SANCHEZ DIAZ (**), A. GUERRA DELGADO (*) y E. FERNANDEZ CALDAS (**)

SUMMARY

THE ORDER VERTISOL IN THE GRAN CANARIA ISLAND

The soils with «vertic» characteristics area studied. The chemical, mineralogical and morphological characteristics of these are described and the antropic influence are deduced. The distribution of these soils in the island is detailed.

Se encuentra principalmente en las zonas bajas de la mitad Norte de la isla, formando parte de los valles más fértiles como son Tamara-ceite, Arucas, Guía, Galdar, en el Oeste San Nicolás y en el Este Telde. Es de destacar la antropización acentuada que han sufrido estas zonas de las cuales muchos suelos son artificiales y transformados por el riego.

El clima de estas zonas se encuentra representado por la estación de Galdar, definida como subdesértica según el índice de aridez de Dantin Revenga y con la siguiente fórmula climática: $E d B'_{3} a'$ y que podemos observar en los climogramas de Thorthwaite y Gausson además de las fichas climáticas (págs. 65 y 65).

Corresponden a este Orden los perfiles XI y XVI.

PERFIL XI

Localidad: La Garza.

Situación: Km 2 C.ª de Galdar a Hoya de Pineda.

Orientación: Este.

Altitud: 300 m.

Posición fisiográfica: Ladera baja abarrancada.

Pendiente: 25 por 100.

Vegetación: *Euphorbia* balsamífera.

Material originario: Derrubios de balsaltos troceados.

(*) Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid.

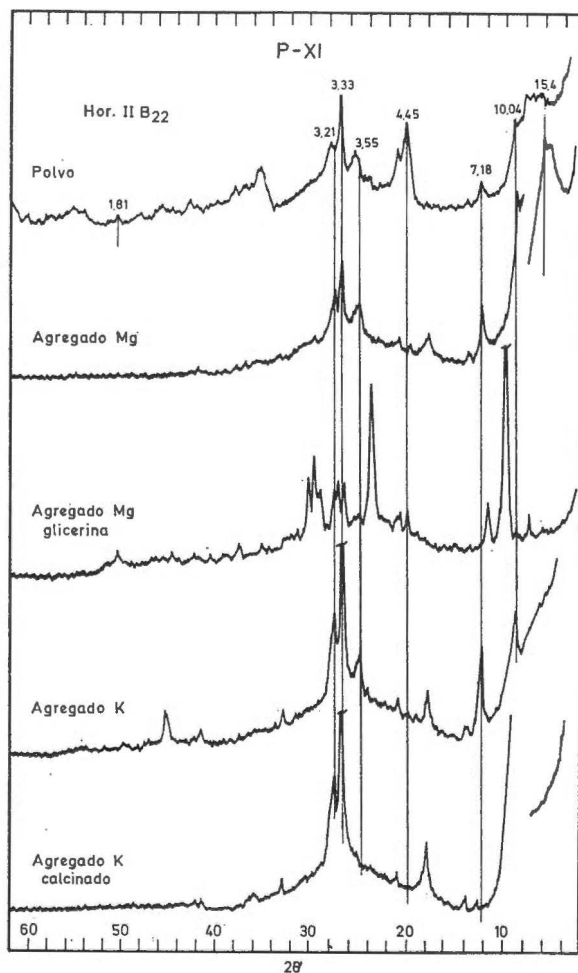
(**) Centro de Edafología de Tenerife.

Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-40	B ₁	Color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) arcilloso, con estructura en forma de prismas de J-10 cm de espesor bastante terrificado. Este horizonte se ha movido por gravedad englobando una pedregosidad abundante. Raíces frecuentes. El límite inferior es abrupto y discontinuo.
40-120	B ₂₁	Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2). De textura arcillosa con estructura poliédrica y con frecuentes sliken-side. Horizonte muy pedregoso y con manchas de CO ₃ Ca.
120-180	IIB ₂₂	Color pardo oscuro (10 YR 3/3) de textura arcillosa, con estructura muy desarrollada en poliedros con muchos sliken-side. Este horizonte, muy tenaz, es el verdadero B _t del vertisol «in situ». Posee en determinadas zonas concreciones de CO ₃ Ca.

		A ₁	B ₂₁	IIB ₂₂
Análisis mecánico	Arena gruesa	5	6	3
	Arena fina	10	10	7
	Arena total	15	16	10
	Limo	19	16	14
	Arcilla	66	68	76
Complejo de cambio	Cap. total	41,5	40,5	41,0
	Ca ⁺⁺	28,0	22,5	14,0
	Mg ⁺⁺	16,1	16,1	22,8
	Na ⁺	3,0	6,5	21,0
	K ⁺	1,1	1,0	1,4
	H ⁺	—	—	—
	Saturación %	—	—	—
(mhos × 10 ⁻⁵)	Conductividad	25,5	30,8	69,2
	Carbonatos %	3,7	6,4	3,0
pH	H ₂ O	8,3	8,6	8,8
	ClK	7,2	7,3	7,5
Elementos amorfos	M. O.	1,3	0,5	0,1
	C. O.	0,75	0,29	0,05
	N.	0,08	0,04	0,02
	C % N.	9,3	7,2	2,5
	Fe ₂ O ₃ %	4,6	5,2	3,9
	Al ₂ O ₃	2,2	2,3	1,9
	SiO ₂	0,8	0,9	1,1
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,4	0,4	0,7
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,6	0,6	0,9
	Fe ₂ O ₃ total	10,5	9,2	7,8
Relación Amor/Tot	Al ₂ O ₃ total	11,3	13,2	15,1
	Fe ₂ O ₃ libre total	44	56	50
	Al ₂ O ₃ libre total	19	17	12

Observaciones

El contacto abrupto a los 120 cm demuestra que fue, probablemente, parcialmente decapitado y fosilizado por un sedimento arcillo pedregoso de las mismas características edáficas pero formado en zonas de cotas más altas. Este manto alóctono muestra a su vez irregularidad en su morfología ya que el tamaño del pedregal basáltico que engloba la mesa del suelo a partir de los 40 cm, es mayor que en la capa superficial.



La mineralogía de arcilla por difracción de rayos X y microscopía electrónica presenta las siguientes características:

Hor. B₁: Abundancia de montmorillonita y presencia de caolinita y haloisita.

Hor. B₂₁: Abundancia de montmorillonita y presencia de caolinita y haloisita. Feldespatos.

Hor. IIB₂₂: Abundante montmorillonita y presencia de caolinita y haloisita. Mica.

Clasificación

Según la 7.^a Aproximación este suelo pertenece al Subgrupo Typic Pelloxerert, según F. A. O.: Vertisol Pelico.

PERFIL XVI

Localidad: San Nicolás.

Situación: Km 3 de la C.^a de San Nicolás a Mogan.

Orientación: N. E.

Altitud: 120 m.

Posición fisiográfica: Valle de relleno. Pendiente: 25 por 100.

Vegetación: *Opuntia Ficus-indica* y *Euphorbia balsamifera*.

Material originario: Derrubio de basalto troceado.

Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-40	(B)	Alóctono, de color pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4), franco arcillo arenoso, con estructura poliédrica mediana a fina poco desarrollada. Escasa cohesión, consistencia media y con poros abundantes. Raíces frecuentes. Límite inferior abrupto y discontinuo.
40-70	B _t	Color pardo oscuro (7,5 YR 3/2), arcilloso, con estructura poliédrica mediana muy desarrollada. Está algo húmedo y la consistencia es débil. Límite gradual y plano.
70-100	B ₁ Ca	De color abigarrado, pardo oscuro (7,5 YR 3/2), presencia de calcitanes, poliédrico muy desarrollado. Límite gradual y plano.
100-135	B ₂ Ca	Color pardo ligeramente oscuro (7,5 YR 4/4), arcilloso, con estructura poliédrica poco desarrollada. Como en el horizonte anterior, se encuentran presentes los calcitanes.

	A	B _t	B ₁ Ca	B ₂ Ca	
Análisis mecánico	Arina gruesa	29	10	7	11
	Arena fina	16	10	19	9
	Arena total	45	20	26	20
	Limo	24	11	17	14
	Arcilla	31	69	57	66
Complejo de cambio	Cap. total	26,5	36,5	32,2	40,5
	Ca ⁺⁺	11,5	14,5	19,5	17,5
	Mg ⁺⁺	13,8	23,1	19,2	24,6
	Na ⁺	3,0	27,5	26,0	30,5
	K ⁺	0,8	0,5	0,4	0,6
	H ⁺	—	—	—	—
	Saturación %	—	—	—	—

(mhos $\times 10^{-5}$)	Conductividad	38,3	149,0	196,8	234,1
	Carbonatos %	—	4,3	33,2	13,4
pH	H ₂ O	7,7	8,6	8,7	8,5
	ClK	6,8	7,6	7,9	7,7
	M. O.	0,8	0,6	0,8	0,1
	C. O.	0,46	0,34	0,46	0,05
	N.	0,05	0,04	0,02	0,01
	C/N	9,2	8,5	23,0	5,0
	Fe ₂ O ₃ %	6,5	4,3	2,6	3,9
	Al ₂ O ₃ %	1,1	1,6	1,1	1,6
	SiO ₂	0,6	0,5	0,3	0,5
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,2	0,3	0,3	0,3
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,9	0,5	0,4	0,5
	Fe ₂ O ₃ total	12,8	9,2	6,7	8,5
	Al ₂ O ₃ total	10,2	11,3	8,4	6,3
	Relación amor./Tot.	Fe ₂ O ₃ libre/total	50	46	33	46
	Al ₂ O ₃ libre/total	10	14	13	17

Observaciones

El perfil muestra tres horizontes de fuerte acumulación de arcilla, de estructura prismática y con caracteres vérticos muy acusados. Estos horizontes han sido fosilizados superficialmente por una capa alóctona de marcado carácter estructural, bien diferenciada en el análisis granulométrico.

La mineralogía de la fracción arcilla por difracción de rayos X es la siguiente:

Hor. A: Se caracteriza por la presencia de montmorillonita, presentando también haloisita, caolinita y mica. Destaca la elevada proporción de feldespatos. Se presenta cuarzo en 4,26 Å, 3,35 Å y 1,81 Å.

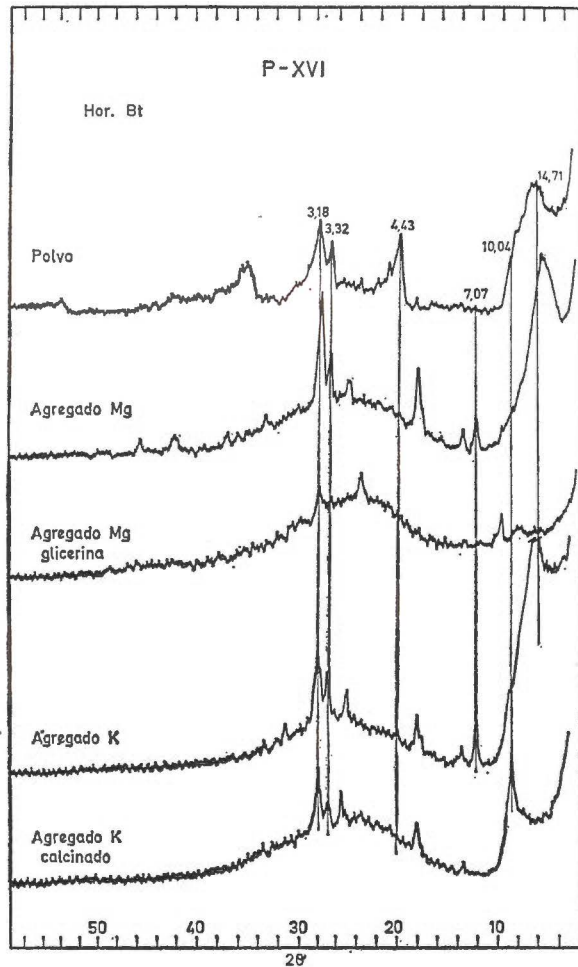
Hor. B_t: Horizonte montmorillonítico, muy bien representado este mineral en el preparado en polvo, agregado magnésico y potásico. Destaca la presencia de feldespatos. También se encuentra en este horizonte pero con baja cristalización la haloisita y la caolinita, siendo muy escasa la mica.

Hor. B₁Ca: Horizonte montmorillonítico. Se presenta con muy baja cristalización la haloisita y muy escasa la caolinita y mica. La presencia de calcita (2,99 Å, 2,26 Å, 2,07 Å, 1,89 Å y 1,85 Å) está de acuerdo con el contenido en carbonatos.

Hor. B₂Ca: Horizonte montmorillonítico con feldespatos muy bien representados. Aparece caolinita y mica y muy escasa haloisita.

Clasificación

7.^a Aproximación: Gran Grupo Chromoxerert; F. A. O. Vertisol Crómico.

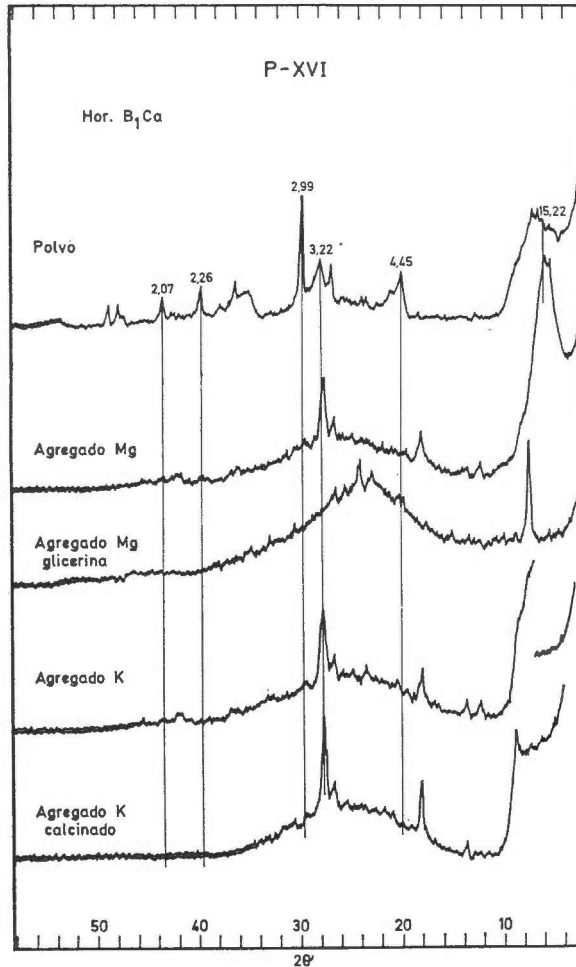


DISCUSIÓN GENERAL

El proceso genético formador de esta unidad taxonómica ha sido muy general en la isla, donde las condiciones edáficas han permitido el desarrollo de este tipo de suelo. Estas condiciones son por un lado la riqueza en bases y por otro un hidromorfismo más o menos acentuado. Este tipo de suelo depende, generalmente, más de las condiciones locales que del clima general de la zona, encontrándose ampliamente distribuido en diferentes partes de la isla.

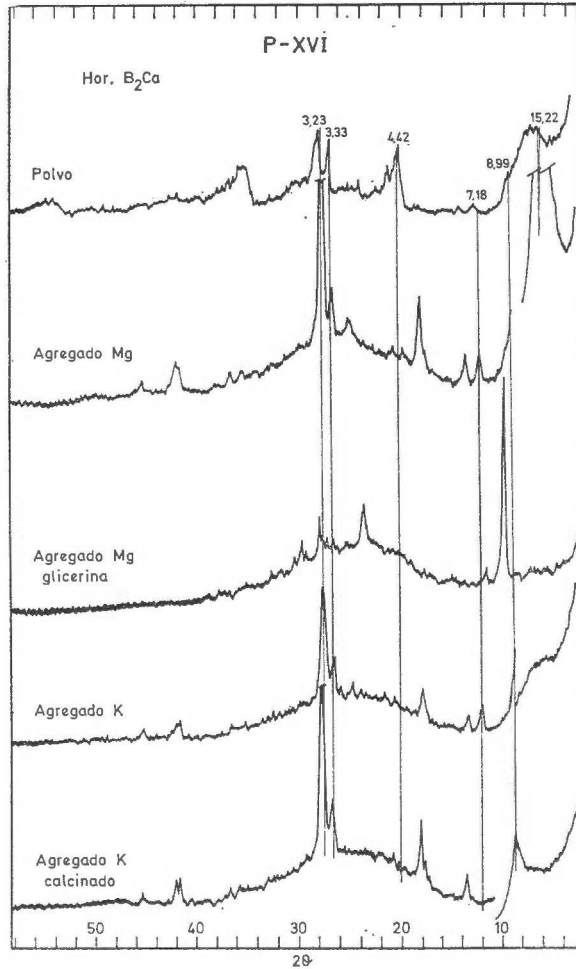
El estudio morfológico de los perfiles XI y XVI demuestran que, como ocurría con la unidad de los Argid, la génesis de los vertisoles procede desde muy antiguo, presentando gran profundidad y clarísimas discontinuidades litológicas que se observan en los mismos por la pre-

sencia de horizontes pedregosos intercalados y por tanto con cambios estructurales dentro de un mismo perfil y horizontes de acumulación de carbonato cálcico que fosilizan otros horizontes con características vérticas muy desarrolladas. Todo este conjunto que normalmente encontramos en valles, es muy complicado y por supuesto la iniciación de su



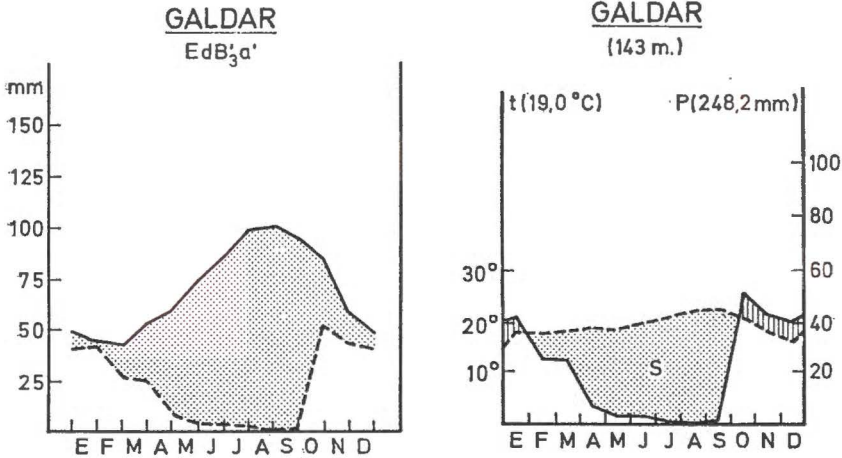
génesis muy antigua. Efectivamente, en la mayor parte de los perfiles estudiados en el terreno se ha observado la presencia de estas discontinuidades que aparecen siempre por encima del vertisol originario que corresponde a una primera etapa o período de formación. La antigüedad de este período queda claramente puesta de manifiesto en la observación, por ejemplo del perfil XVI, en el que aparece por encima del horizonte IIIB₁, vertisol más antiguo, tres horizontes de acumulación de CO₃Ca que alternan con otros dos horizontes vérticos prácticamente descarbonatados. Todo esto es debido a procesos de coluvionamiento y

sedimentación acaecidos en el transcurso del Cuaternario, manteniéndose, generalmente, las condiciones edáficas de su formación aunque a veces muy acentuadas en las zonas asociadas a los aridisoles.

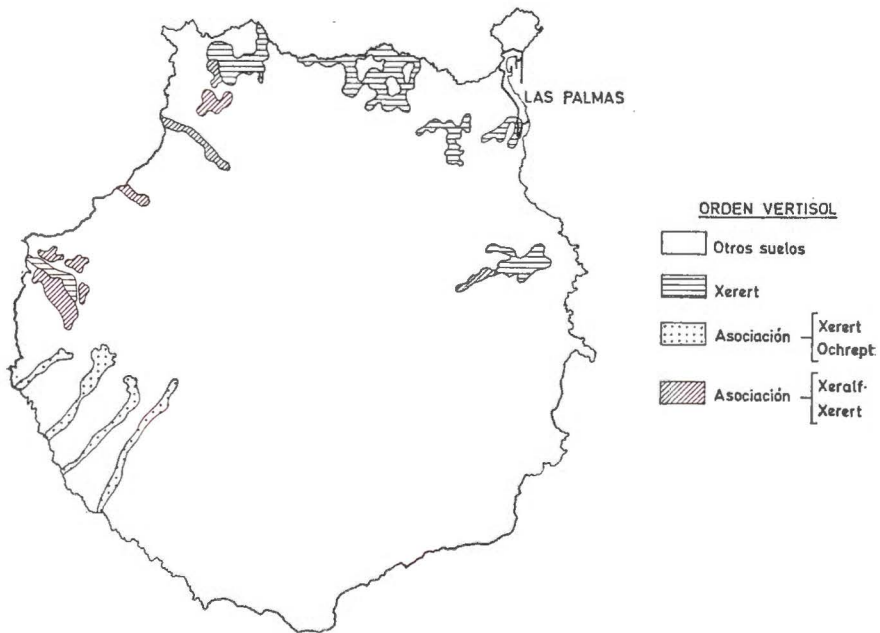


La mineralogía de la fracción arcillosa indica que la proporción de montmorillonita aumenta con la profundidad de acuerdo con las descripciones sobre el terreno en muchos cortes examinados, en los que los caracteres vérticos aparecen más claramente en los horizontes inferiores que en los superiores. Los minerales haloisita y caolinita decrecen en profundidad mientras que los feldespatos aumentan. Las micas suelen presentarse en todo el perfil. El cuarzo aparece en todos los horizontes del perfil XI; sin embargo, solamente aparece en el horizonte superficial del perfil XVI, no estando esto último de acuerdo con las condiciones morfológicas de este tipo de suelo que favorece la penetración de este elemento finamente dividido.

Los horizontes de acumulación de carbonato cálcico aparecen siempre en estos suelos en forma de calcitanes que envuelven las unidades estructurales con mayor o menor intensidad. Su origen debemos atribuirlo a un hidromorfismo ocasionado muy probablemente por movi-



mientos laterales de agua carbonatada ya que la impermeabilidad de los perfiles es muy grande. La heterogeneidad de los perfiles permite que estas aguas puedan penetrar lateralmente aprovechando aquellos horizontes de estructura más fina. Algunas veces el carbonato llega a al-



canzar una buena cristalización como bien se puede observar en el horizonte B₁Ca del perfil XVI.

La salinidad de estos suelos, sin ser excesiva, es en algunos casos bastante elevada, siendo Na⁺ el catión dominante.

Se han clasificado estos suelos dentro del Orden Vertisoles, y suponiendo que tienen un régimen hídrico de tipo xérico, es decir, que permanecen más de sesenta días consecutivos secos en la mayor parte de los años, lo hemos incluido dentro de Suborden Xeret. Mayor especificación a nivel de Gran Grupo subdividen a estos suelos dentro de los Pelloxerert y Chromoxerert según los requerimientos de la taxonomía americana.

Las unidades cartográficas son:

Xeret

Dentro de los vertisoles, es el único Suborden representativo en Gran Canaria. Se encuentra principalmente en las zonas bajas de la mitad Norte de la isla, formando parte de los valles más fértiles como son Tamareceite, Arucas, Guía, Galdar, Telde y San Nicolás. Es de destacar la antropización acentuada que han sufrido estas zonas, de las cuales muchos suelos son artificiales y transformados por el riego.

Asociación Xeret y Ochrept

Esta asociación es la que caracteriza a los valles del Sur-Suroeste como son Tazarte, Tazartico y Mogan con mayor erosión y pendiente que los del Norte, limitándose los Ochrept a ocupar las zonas de mayor pendiente y no cultivable de estos valles.

Asociación Xeralf y Xeret

Esta asociación se encuentra en mayor relación con la topografía del medio que con el clima y material originario. Ocupan zonas de mejor economía de agua, apareciendo, en áreas de peor drenaje, alfisoles con características vérticas y típicos vertisoles topomorfos, siendo la vertiente con orientación Norte de San Nicolás y en La Gaza los más característicos.

RESUMEN

Se estudian los suelos que poseen características vérticas. Las propiedades químicas, mineralógicas y morfológicas descritas así como también la influencia antrópica. Se detalla la distribución de estos suelos en la isla.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEIXANDRE, V., GARCÍA VICENTE, J. y ALEIXANDRE, T. (1962). Estudio de la composición mineralógica de las arcillas de los suelos volcánicos españoles. *Anal. Edaf.*, t. XXI, núm. 3, pp. 117-158.
- BROWN, G. (1961). *The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals*. Mineralogical Society. London.
- FERNÁNDEZ, E. y GUERRA, A. (1971). Condiciones de formación y evolución de los suelos de Tenerife. *Anal. de Edaf. y Agrob.*, t. XXX, núm. 5-6.
- FERNÁNDEZ, E., MONTURIOL, F. y GUTÉRREZ, F. (1974). Distribución y características de los suelos canarios. III. Isla de La Gomera. *Anal. de Edaf. y Agrob.*, t. XXXIII, núm. 7-8, pp. 531-543.
- GRIM, R. (1953). *Clay mineralogy*. Mc. Graw-Hill. New York, j. 383.
- SOIL SURVEY STAFF (1967). *Suplement to soil classification system (7th approximation)*. Soil Conservation Service, U. S. D. A.

Recibido para publicación: 13-XII-76

EL SUBORDEN ANDEPT EN LA ISLA DE GRAN CANARIA

por

J. SANCHEZ DIAZ (**), A. GUERRA DELGADO (*) y E. FERNANDEZ CALDAS (**)

SUMMARY

THE SUBORDER ANDEPT IN THE GRAN CANARIA ISLAND

In this paper, the authors studied the soils with andic characteristics. The chemical, mineralogical and morphological characteristics of these soils are studied and also the description, of the Greats Groups Dystrandept and Vitrandept.

Dentro del Orden Inceptisol, que en la taxonomía americana comprende suelos con una amplia variabilidad morfológica y genética ya que su general especificación y exigencia es la de su escaso desarrollo y evolución, encontramos en Gran Canaria tres Subórdenes: Andept, Umbrept y Ochrept. Este trabajo consiste en describir las propiedades del Suborden Andept.

Los requisitos exigidos para este Suborden son los siguientes:

Densidad aparente menor de 0,85 gr/cm³ y un complejo de cambio dominado por materiales amorfos.

Un contenido mayor del 60 por 100 de material piroclástico no cristalizado en las distintas fracciones granulométricas del suelo.

Los perfiles que cumplen estas especificaciones son: IV, V, VI y XVII.

PERFIL IV

Localidad: El Salado.

Situación: C.^a del Parador de Tejeda
a Los Pechos. Km 3-4.

Orientación: Norte.

Altitud: 1.700 m.

Posición fisiográfica: Ladera de un cerro.

Pendiente: 15 por 100.

Vegetación: Pinar asociado con *Pteridium aquilinum*.

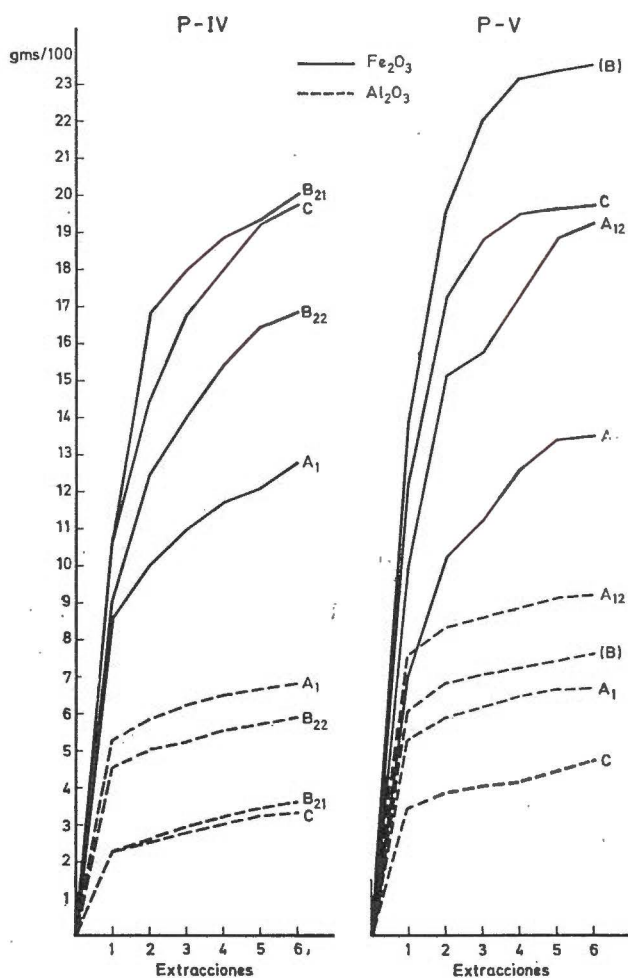
Material originario: Basalto.

(*) Instituto de Edafología y Biología de Madrid.

(**) Centro de Edafología de Tenerife.

Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-8	A ₀₀	Acumulación de restos vegetales.
8-40	A ₁	Color pardo oscuro (10 YR 3/3), de textura franco-arenosa, con estructura migajosa muy fina (fluffy), muy rico en m. o., con abundantes raíces y mediana pedregosidad. Muy poco consistente. Límite inferior gradual y plano.
40-80	(B) ₂₁	Color pardo amarillento (10 YR 5/6), de textura franco-arcillosa, con estructura débil, poliédrica poco desarrollada, poroso. Pedregoso y muy poco consistente. Con raíces medianas pasa con transición gradual al siguiente horizonte.
80-120	(B) ₂₂	Color pardo amarillento (10 YR 5/4), de textura franca, con estructura poliédrica medianamente desarrollada, poco consistente, poroso, terroso y muy pedregoso englobando en la zona inferior trozos de basaltos muy alterados que es el C.
	C	Hasta los 170 cm está el basalto alterado, alteración que decrece con la profundidad.

	A ₁	(B) ₂₁	(B) ₂₂	C	
Análisis mecánico	Arena gruesa	19	9	15	21
	Arena fina	34	28	23	30
	Limo	38	34	44	27
	Arcilla	9	29	8	22
Complejo de cambio	Cap. total	61	43	45,5	34,5
	Ca ⁺⁺	6,5	7,5	1,5	2,5
	Mg ⁺⁺	2,7	3,1	1,9	1,7
	Na ⁺	1,2	3,0	0,6	1,0
	K ⁺	—	—	—	—
	H ⁺	49,5	29,3	41,3	29,2
	Saturación %	17	32	9	15
(mhos × 10 ⁻⁵)	Conductividad	4,5	7,3	6,8	13,6
	Carbonatos %	—	—	—	—
	H ₂ O	6,6	6,8	5,9	6,0
	ClK	5,1	5,5	4,9	5,1
	M. O.	8,8	2,1	3,5	1,2
	C. O.	5,1	1,2	2,0	0,6
	N	0,36	0,08	0,18	0,06
	C/N	14,1	15,1	11,2	11,5
	Fe ₂ O ₃ %	12,7	20,0	16,8	19,7
	Al ₂ O ₃ %	6,8	3,6	5,9	3,3
	SiO ₂	1,3	2,1	2,0	2,2
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,27	0,28	0,32	0,30
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,33	0,99	0,58	1,13
	Fe ₂ O ₃ total	22,5	25,0	21,4	25,7
	Al ₂ O ₃ total	15,1	18,8	18,8	18,9
	Fe ₂ O ₃ libre/total	56	79	78	76
	Al ₂ O ₃ libre/total	45	19	31	17



Observaciones

Por la descripción morfológica realizada sobre el terreno se observan en este suelo un conjunto de propiedades que lo encuadran perfectamente dentro del contexto de los Andosoles. La estructura, contenido y distribución de materia orgánica, porosidad, consistencia y color son reflejo de la especial edafogénesis de este tipo de suelo.

Destacan los valores obtenidos para los elementos amorfos y de ellos la gran cantidad de geles libres de Fe sobre los de Al. Las curvas obtenidas en las sucesivas extracciones indican claramente el predominio amorfo tanto del Fe como del Al. También es de destacar las exageradísimas proporciones de Fe libre en relación con el total. Los valores

obtenidos para la sílice amorfa son bajos y están de acuerdo con los obtenidos para el aluminio.

La mineralogía de arcilla por difracción de rayos X presenta, en general en todos los horizontes, haloisita típicamente representada en el horizonte C, con presencia muy escasa de mica en el horizonte A₁ y de caolinita y feldespatos en el horizonte (B)₂₂. También es destacable la presencia de hematites y magnesita que aumenta con la profundidad.

Por microscopía electrónica observamos los siguientes minerales de arcilla:

- H. A₁ : Haloisita globular y fibrosa. Mica.
 H. (B)₂₁ : Haloisita globular y fibrosa. Mica.
 H. (B)₂₂ : Abundante haloisita globular y fibrosa acompañadas por caolinita y mica.
 C : Abundante haloisita globular y fibrosa.

Clasificación

Según la 7.ª Aproximación este suelo lo hemos clasificado dentro del Suborden Andept y perteneciente al Gran Grupo Dystrandept.

En la clasificación F. A. O. lo hemos clasificado Andosol húmico.

PERFIL V

Localidad: Degollada de Las Palomas.

Situación: Km 2 de la C.ª de la Cruz de Tejada a Pinos de Galdar.

Orientación: Este.

Altitud: 1.600 m.

Posición fisiográfica: Ladera de montaña.

Pendiente: 5 por 100.

Vegetación: Pinar asociado con el *Pteridium aquilinum*.

Material originario: Basalto.

Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-5	A ₀₀	Acumulación de restos vegetales.
5-25	A ₁	Color pardo oscuro (10 YR 3/3), de textura franca, con estructura débil, migajosa fina, muy poco consistente y poroso. Abundantes raíces finas y medianas, con cierta pedregosidad. El límite inferior es gradual y plano.
25-50	A ₁₂	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4), de textura franco-limosa y con estructura débil, migajosa mediana, muy poroso y muy poco consistente. Abundantes raíces y pedregosidad. Límite inferior gradual y plano.
50-90	(B)	Color pardo amarillento (10 YR 5/8), de textura franca y con estructura poliédrica, poco consistente y con pedregosidad abundante. Raíces frecuentes y finas. Límite inferior neto y discontinuo.
+ 90	C	Color pardo fuerte (7,5 YR 5/8), de textura franca y con estructura poliédrica poco desarrollada, aunque más pesado y más compacto que el anterior.

Datos analíticos

	A ₁₁	A ₁₂	(B)	C
Arena gruesa	21	13	10	16
Arena fina	30	28	25	28
Limo	41	51	46	30
Arcilla	8	8	19	26
Cap. total	47,5	55,0	44,2	29,5
Ca ⁺⁺	1,5	3,0	1,5	2,0
Mg ⁺⁺	0,8	1,4	1,1	1,1
Na ⁺	0,2	0,4	0,6	0,6
K ⁺	0,4	0,4	0,4	0,4
H ⁺	44,5	49	40,4	25,2
Saturación %	6	10	9	14
Conductividad (mhos × 10 ⁻⁵)	4,0	4,5	4,3	13,6
Carbonatos %	—	—	—	—
H ₂ O	6,0	6,3	6,3	6,1
ClK	4,7	5,2	5,2	5,2
M. O.	8,6	6,4	2,8	1,7
C. O.	4,9	3,7	1,6	0,9
N.	0,5	0,3	0,1	0,06
C/N	9,9	10,0	12,4	16,3
Fe ₂ O ₃ %	13,5	19,2	23,5	19,7
Al ₂ O ₃ %	6,7	9,2	7,6	4,8
SiO ₂	1,2	1,8	2,1	2,5
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,24	0,25	0,24	0,34
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,30	0,33	0,47	0,90
Fe ₂ O ₃ total	23,5	24,3	26,8	22,1
Al ₂ O ₃ total	9,4	22,6	20,7	22,6
Fe ₂ O ₃ libre/total	56	78	87	88
Al ₂ O ₃ libre/total	72	40	36	20

Observaciones

Este suelo muestra un potente A con gran actividad biológica, suelto, con las propiedades características de los suelos ricos en complejos órgano-minerales-amorfos, de textura muy ligera y como el perfil anterior, muestra todas las características para ser considerado como un suelo ándico.

Como en el caso anterior, es muy destacable el elevadísimo contenido en elementos amorfos y particularmente en Fe₂O₃, tanto en las cantidades absolutas como en las relaciones Fe₂O₃ libre/Fe₂O₃ total. El

aluminio muestra también elevados porcentajes mientras que la sílice alcanza valores poco destacables.

Clasificación

Lo hemos clasificado igual que el perfil anterior: Encaja dentro de la 7.^a Americana en el Gran Grupo Dystrandept y para la Sistemática F. A. O. como Andosol húmico.

PERFIL VI

Localidad: La Atalaya. Posición fisiográfica: Ladera de un cerro.
 Situación: Km 2,5 de la C.^a de Santa Brígida a Telde. Pendiente: 4 por 100.
 Orientación: Este. Vegetación: Cereal.
 Altitud: 500 m. Material originario: Lapilli.

Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-35	A ₁	Color pardo amarillento (10 YR 5/6), de textura franco-arenosa, con estructura granular y con presencia de picón que además invade todo el perfil. Abundantes raíces finas. Límite inferior difuso y plano.
35-65	(B)	Color pardo amarillento (10 YR 5/8), de textura franca y con estructura granular muy desarrollada. Raíces frecuentes y finas. El límite con el material originario es difuso y discontinuo.
+ 65	C	Lapilli volcánico.

Datos analíticos

	A ₁	(B)	
Análisis mecánico	Arena gruesa	49	15
	Arena fina	15	32
	Limo	23	35
	Arcilla	13	18
Complejo de cambio	Cap. total	42,2	60,0
	Ca ⁺⁺	13,7	30,0
	Mg ⁺⁺	2,9	8,8
	Na ⁺	1,4	4,5
	K ⁺	1,2	0,1
	H ⁺	22,9	16,3
	Saturación %	46	72

(mhos $\times 10^{-5}$)	Conductividad	13,0	37,5
	Carbonatos %	—	—
pH	H ₂ O	6,4	7,1
	ClK	5,3	6,5
	M. O.	1,9	1,7
	C. O.	1,1	0,9
	N.	0,1	0,2
	C/N	10	5,1
	Fe ₂ O ₃ %	6,2	7,7
	Al ₂ O ₃ %	5,4	7,3
	SiO ₂	1,3	1,7
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,56	0,59
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,41	0,39
	Fe ₂ O ₃ total	10,0	13,1
	Al ₂ O ₃ total	7,5	11,3
	Fe ₂ O ₃ libre/total	62	58
	Al ₂ O ₃ libre/total	71	65

Observaciones

Las propiedades físicas de este suelo se deben fundamentalmente a la naturaleza del material originario constituido por lapilli volcánico que da una contextura muy suelta, alta permeabilidad y porosidad y una serie de propiedades físico-químicas de particular importancia.

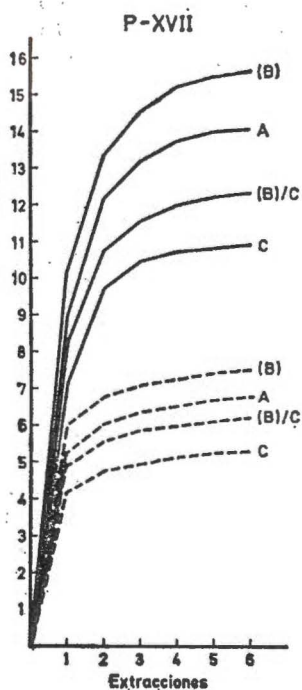
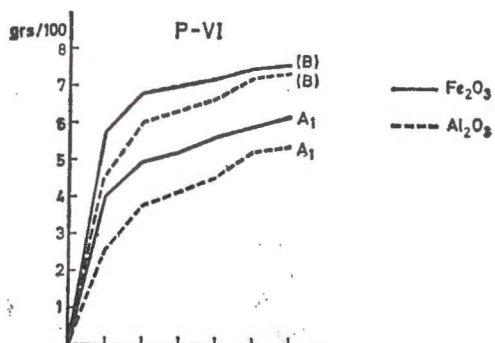
El contenido en materia orgánica es un poco alto y está un poco contrastado entre el horizonte A₁ y (B). Se debe fundamentalmente a que se trata de una materia orgánica humificada constituida por raíces y restos vegetales poco descompuestos.

Es de observar los altos valores de la capacidad de cambio catiónica en relación con los bajos porcentajes de arcillas y de humus. Esto se debe a que la naturaleza litológica y mineralógica del material originario que está constituido en gran parte por minerales más cristalizados, microcristalinos o amorfos y que todos ellos, aun estando desde las fracciones gruesas, contribuyen al proceso del cambio iónico. El horizonte (B) tiene marcado carácter estructural favorecido por la naturaleza del material subyacente.

Clasificación

Cumple los requisitos que exige la taxonomía americana para clasificar este perfil dentro del Suborden Andept y cumple también las especificaciones del Gran Grupo Vitrandept. Al tener un epipedon ochrico pertenece al Subgrupo Typic Vitrandept.

Dentro de la F. A. O. se encuentra bien encasillado en los Andosoles vítricos.



PERFIL XVII

Localidad: Fontanales.
 Situación. Km 14 de la C.^a de Moya
 a Fagajesto, pasado Fontanales.
 Orientación: Norte.
 Altitud: 1.000 m.

Posición fisiográfica: Ladera de un
 cerro.
 Pendiente: 10 por 100.
 Vegetación: *Pteridium aquilinum*.
 Material originario: Piroclástico.

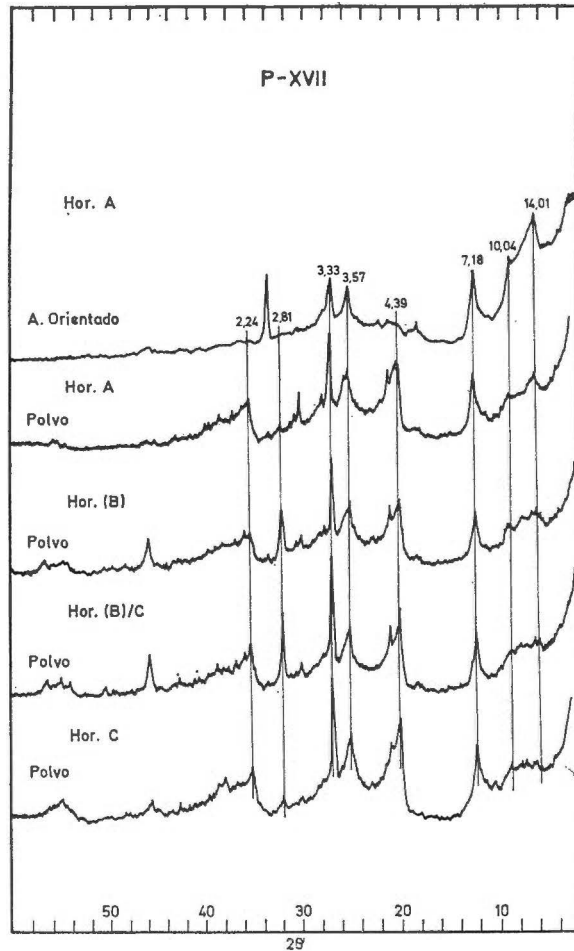
Prof. (cm)	Hor.	Descripción
0-40	A	Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2), de textura franca y estructura débil, migajosa. Con mucha pedregosidad y abundancia de raíces. Límite inferior gradual y plano.
40-100	(B)	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4), franco, de estructura moderada, poliédrica subangular fina. Abundantes raíces. Límite inferior, gradual y plano.
100-140	(B)C	De color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4), textura franca, de estructura moderada poliédrica subangular mediana. Mayor consistencia que los anteriores. Límite gradual y plano.
+ 140	C	De textura arcillosa, con una estructura poliédrica desarrollada, pero terrificado en muchas zonas donde aparecen restos de cutanes.

Datos analíticos

		A	(B)	(B)C	C
Análisis mecánico	Arena gruesa	5	1	1	1
	Arena fina	43	43	49	33
	Limo	39	43	35	26
	Arcilla	13	13	15	40
Complejo de cambio	Cap. total	42,0	48,5	44,0	33,5
	Ca ⁺⁺	3,5	10,0	6,5	9,0
	Mg ⁺⁺	1,7	2,3	2,7	5,1
	Na ⁺	0,5	1,0	0,9	1,4
	K ⁺	0,1	—	—	0,02
	H ⁺	36,1	35,1	33,7	17,9
	Saturación %	14	27	23	46
(mhos × 10 ⁻⁵)	Conductividad	5,3	5,8	4,8	6,0
	Carbonatos %	—	—	—	—
	H ₂ O	6,0	6,5	6,6	6,6
	ClK	4,9	5,4	5,4	5,3
	M. O.	5,6	4,8	4,0	1,6
	C. O.	3,2	2,7	2,3	0,9
	N.	0,3	0,3	0,3	0,1
	C/N	9,8	7,3	7,2	7,6
	Fe ₂ O ₃ %	14,1	15,7	12,3	10,9
	Al ₂ O ₃ %	6,8	7,5	6,2	5,3
	SiO ₂	1,1	1,2	1,2	1,5
	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	0,21	0,20	0,26	0,37
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,27	0,25	0,30	0,48
	Fe ₂ O ₃ total	20,0	22,1	18,5	15,7
	Al ₂ O ₃ total	12,5	17,4	18,8	18,8
	Fe ₂ O ₃ libre/total	70	71	66	69
	Al ₂ O ₃ libre/total	54	43	33	28

Observaciones

Este perfil ocupa una posición geográfica muy localizada y representa un estado intermedio evolutivo hacia los alfiles. El material originario está constituido por un canturreal piroclástico englobado en una masa limoarcillosa con abundantes cutanes; no obstante, presenta un horizonte (B) típicamente estructural con elevados contenidos de Fe y Al amorfo, mientras que la pequeña proporción de Si libre impide probablemente la presencia de alofán en grandes cantidades.



Los valores para la capacidad de cambio total son excesivamente elevados en relación con los contenidos de arcilla y difícil de explicar a pesar del elevado contenido de limo y en materia orgánica total, siendo la única explicación la existencia de montmorillonita en los horizon-

tes superiores. Las bases de cambio predominan fundamentalmente el Ca^{++} seguido del Mg^{++} sobre los elementos alcalinos.

La mineralogía de arcilla por difracción de rayos X presenta las siguientes características. En el H. A destaca la presencia de montmorillonita, sobre todo en el agregado orientado, mica y haloisita principalmente. También hay que señalar la existencia de feldespatos y de hematite.

En el H. (B) observamos la presencia de montmorillonita, mica y haloisita. También se encuentran, al igual que en el horizonte superior, feldespatos y hematites.

En el H. (B)/C sigue apareciendo la montmorillonita, pero a medida que vamos a más profundidad se ve peor representada. Destaca ahora más la mica y la haloisita, con presencia de feldespatos y de óxidos de hierro.

H. C: La haloisita junto a la mica son los más importantes, aunque no descartamos la presencia de montmorillonita a pesar de tener escasa representación. La aparición de cuarzo en este horizonte (3,34 Å y 1,81 Å) lo tomamos como una prueba de que este horizonte estuvo en la superficie.

En la microscopía electrónica se han observado los siguientes minerales de arcilla en los diferentes horizontes:

H. A: Presencia de montmorillonita y mica

H. (B): Presencia de haloisita globular y fibrosa, montmorillonita y mica

H. (B)/C: Frecuente haloisita globular y fibrosa

H. C: Presencia de haloisita, mica y caolinita

Clasificación

Hemos clasificado este suelo dentro de la 7.^a americana como Umbric Vitrandept.

En la sistemática de la F. A. O. no admite el intergrado ándico y lo hemos clasificado como Cambisol húmico.

Es de señalar que la taxonomía americana destaca y justifica el Suborden Andept para la amplia gama de suelos de escasa evolución genética, y que se desarrollan sobre materiales de origen volcánico. Lógicamente se justifica este Suborden por las propiedades físicas y físico-químicas que le confieren, heredadas todas, ellas de la naturaleza del material originario y que repercuten muy ampliamente en su aprovechamiento agronómico y forestal economía en agua, contenido en elementos nutritivos y particularmente interacción entre fosfatos y los elementos amorfos justifican por lo tanto este particular comportamiento de los Andept y su clara diferenciación agronómica en relación con otros subórdenes como son los Ochrept y Umbrept. Se pueden destacar sin embargo que las anteriores especificaciones de los Andept son exclusivamente generales, por lo que se justifica la introducción de distintos grandes grupos dentro de esta unidad. De ellos destacaremos los que no tienen propiedades tixotrópicas y carecen por lo tanto de alofán, y que cumpliendo otras especificaciones reciben el nombre de

Vitrandept, y los que tienen propiedades tixotrópicas que pertenecen al Gran Grupo Dystrandept.

Los perfiles VI y XVII pertenecen claramente al Gran Grupo de los Vitrandept. De ellos el perfil VI pertenece al Subgrupo Typic Vitrandept porque tiene un epipedon ochrico, mientras que el perfil XVII pertenece al subgrupo de los Umbric Vitrandept, ya que cumple los requisitos de los Vitrandept y posee un epipedon úmbrico.

La unidad Typic Vitrandept, perfil VI, corresponde a la zona de clima seco subhúmedo de escasa cobertura vegetal, acusada estación seca y material geológico constituido por lapilli volcánico. Estos suelos permanecen secos una parte del año bastante prolongada, tienen escasa capacidad de retención para el agua y por lo tanto muestran un horizonte cámbrico o estructural de muy poco desarrollo. En realidad como puede verse por el análisis mecánico, la arena total de la tierra fina es del orden del 50 por 100, pero es preciso tener en cuenta que la grava o la fracción superior a los 2 mm es mayor del 80 por 100, por lo que si se tuviera en cuenta en el análisis mecánico, la fracción mayor de 2 mm, las cantidades de arcilla y limo serían insignificantes como suelos actuales, ya que por la facilidad de erosión del material originario, su juventud y su escasa evolución impiden pensar en un suelo policíclico.

La unidad taxonómica Umbric Vitrandept muestra también una escasa evolución edáfica, aunque por encontrarse en un clima mucho más húmedo el contenido de materia orgánica en el epipedon es mucho mayor y cumple ampliamente por color y cantidad las especificaciones para el epipedon úmbrico. Este suelo podemos considerarlo como actual y en equilibrio con el medio ambiente. La antigüedad, ampliamente debatida en la discusión de los Aridisoles, de que en la isla ha habido un clima más húmedo que el actual, probablemente en el Cuaternario inferior, se compagina perfectamente en el estudio de esta unidad taxonómica ya que la morfología del perfil no nos señala ninguna característica edáfica que pudiera interpretarse como un paleosuelo. En circunstancias generales estos paleosuelos habrán sido arrastrados por la erosión como consecuencia de la xerofitización del medio, pero sí podemos observar paleocaracterísticas en muchos lugares como queda demostrado en el horizonte C del perfil XVII, en el que la presencia de grandes cantidades de arcilla en este horizonte, muy superiores a la del horizonte (B) y por lo tanto incompatible con el mismo, con cutanes espesos destruidos y la presencia de cuarzo, demuestra que allí se desarrolló un suelo con una mayor evolución y que hubo una mineralización de arcilla muy intensa.

En un intento de correlación entre la taxonomía americana y la clasificación española, esta unidad quedaría claramente clasificada dentro de las tierras pardas, quedando el perfil VI como tierra parda meridional y el XVII como tierra parda subhúmeda. Sin embargo, tanto las propiedades químicas como físico-químicas anteriormente enumeradas, muy distintas a las tierras pardas sobre material silíceo, no volcánico, se debería adjetivar estas denominaciones con la palabra «ándica» para indicar estas características, pero al mismo tiempo señalar su clara independencia con los Andosoles típicos que tienen propiedades tixotrópicas, que muestran amplia formación de complejos alofán humus y

poseen una estructura, microgrumosa muy distinta a la de estos suelos.

La zona más alta de la isla y por lo tanto donde la erosión geológica ha sido muy intensa, aparecen bajo clima húmedo pequeños enclaves de suelos como son el perfil IV y V pertenecientes al Gran Grupo Dystrandept. La vegetación natural, probablemente *Pinus canariensis*, sustituida por repoblaciones de crecimiento más rápido, juntamente con el basalto troceado que constituye el material originario, han dado origen a este interesante tipo de suelos que muestra un amplio epipedon úmbrico, con una estructura migajosa fina, en conexión con el enraizamiento típico de los suelos con intensas propiedades ándicas y presencia de complejos alofán-humus. También el horizonte (B) muestra unas propiedades físicas, físico-químicas y mineralógicas muy peculiares de los suelos con características ándicas. Sin embargo, creemos que estos suelos no pueden ser clasificados como Hydrandeps ya que la presencia de un período seco estival induce a los mismos a una evolución que se manifiesta claramente por una mejor cristalización de los minerales de la arcilla.

Estos suelos tienen un gran interés ya que muestran unos contenidos de Fe libre anormalmente elevados, por lo que aun considerándose como Andosol típico esta circunstancia habría que ser indudablemente señalada en su clasificación. De los datos obtenidos, se pueden clasificar estos perfiles como Typic Dystrandept según los requerimientos de la taxonomía americana, señalando la ausencia de propiedades tixotrópicas a partir de los 25 cm.

La acción de una estación seca estival ocasiona la presencia, juntamente con el alofán, de minerales del grupo de la mica y haloisita. La mica se presenta en los horizontes superiores, mientras que la haloisita, en sus dos formas globular y fibrosa, se presenta en todo el perfil aumentando en profundidad y observándose en el horizonte C con una riqueza del 80 por 100 aproximadamente.

RESUMEN

En este trabajo los autores estudian los suelos con características ándicas. Se han estudiado las propiedades químicas, mineralógicas y morfológicas de estos suelos y también la descripción de los Grandes Grupos Dystrandept y Vitrandept.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDRE, V., GARCÍA VICENTE, J. y ALEXANDRE, T. (1962). Estudio de la composición mineralógica de las arcillas de los suelos volcánicos españoles. Anal. Edaf., t. XXI, núm. 3, pp. 117-158.
- BROWN, G. (1961). The X-Ray identification and crystal structures of the minerals. Mineralogical Society. London.
- FERNÁNDEZ, E. y GUERRA, A. (1971). Condiciones de formación y evolución de los suelos de Tenerife. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXX, núm. 5-6.
- FERNÁNDEZ, E., MONTURIOL, F. y GUTIÉRREZ, F. (1974). Distribución y características de los suelos canarios. II. Isla del Hierro. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXXIII, núm. 5-6, pp. 359-370.

- FERNÁNDEZ, E., MONTURIOL, F. y GUTIÉRREZ, F. (1974). Distribución y características de los suelos canarios. III. Isla de La Gomera. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXXIII, núm. 7-8, pp. 531-543
- RODRÍGUEZ, J. y MONTURIOL, F. (1973). Andosuelos de la provincia de Gerona. Anal. Edaf. y Agrob., t. XXXII, núm. 9-10. Madrid.
- SIEFFERMANN, G. (1969). Les sols de quelques regions volcaniques du Cameroun. Thèse.
- SOIL SURVEY STAFF (1967). Supplement to soil classification system. (7th approximation). Soil Conservation Service, U. S. D. A.
- WRIGHT, A. C. S. (1964). The Andosols or humic allophane soils of South America. Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. World Soil Resources. Report. Tokyo. Japan. A. O.

Recibido para publicación: 13-XII-76

NOTAS

NOMBRAMIENTO DE PRESIDENTE DEL C. S. I. C.

Ha sido nombrado Presidente del C. S. I. C. el Excmo. Sr. D. Carlos Sánchez del Río Sierra, según Real Decreto 454/978 de 10 de marzo que publica el «B. O. de E.» del 15 de dicho mes.

El Profesor Sánchez del Río ha sido hasta dicha fecha Director General de Política Científica. Es Catedrático de la Facultad de Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, Vicepresidente de la Real Sociedad Española de Física y Química, y miembro de la Junta de Energía Nuclear.

Sustituye en la Presidencia del Consejo al también Catedrático de la Universidad de Zaragoza D. Justiniano Casas Peláez.

XII ANIVERSARIO DEL PROF. ALBAREDA

El pasado día 27 de marzo se cumplió el 12 aniversario del fallecimiento de D. José María Albareda, primer Secretario del C. S. I. C. y primer Director del Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid.

El aniversario se conmemoró con la Santa Misa en la Iglesia del Espíritu Santo del C. S. I. C. Asistieron con los familiares de D. José M.^a un número muy elevado de amigos, colaboradores y discípulos.

«Anales de Edafología y Agrobiología», creados por él, que actualmente es el órgano de expresión del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología que lleva su nombre, al recordarle, pone de manifiesto lo fecundo de su obra en este aspecto también, al haber iniciado la publicación del tomo XXXVII de esta Revista Científica, que se viene editando sin interrupción desde hace justamente treinta y siete años.

PREMIO OSBORNE PARA LA DEFENSA DE LA NATURALEZA

Organizado conjuntamente por el C. S. I. C. y el Comité Ejecutivo del Premio Osborne para la defensa de la Naturaleza, se celebrará un acto el día 11 de mayo en la sede central del Consejo para la entrega del III Premio Osborne con dicha finalidad.

En dicho acto pronunciará una conferencia el Presidente de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, D. Federico Mayor Zaragoza, sobre el tema: «Prioridades en Investigación: las injusticias irreversibles».

VIAJE DEL PROF. HERNANDO A VIENA

El Prof. Dr. D. Valentín Hernando Fernández, Vicedirector del Instituto de Edafología y Biología Vegetal y Jefe del Departamento de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del mismo ha viajado a Viena (Austria) para asistir, del 25 al 29 de abril, a la reunión del C. I. E. C.

En la mañana del día 26 de abril tuvo lugar la reunión del Comité Central del C. I. E. C., en la cual participaba el Prof. Hernando por ser Vicepresidente del mismo.

Se discutió, en primer lugar, la puesta en circulación de la revista *Fertilizer Reviews* y se decidió que el número 0 sea puesto a la venta en el mes de mayo. Será la revista del C. I. E. C. (Centro Internacional de Fertilizantes Químicos) y este primer número tendrá como parte fundamental los abstracts de los 500 trabajos que se publicaron en el Congreso Mundial de Fertilizantes de Moscú en 1976, comprometiéndose a enviar fotocopias de las publicaciones en inglés al que lo solicite, con un coste tan sólo de 0,10 \$ la página.

En números siguientes se incluirán los informes anuales de consumo de fertilizantes que realizará el propio C. I. E. C., utilizando la gestión de los propios miembros, adelantándose a las publicaciones que hace la F. A. O.

También se va a incluir información sobre distintos aspectos relacionados con los fertilizantes. Al Prof. Hernando se le encargó hacer un informe del estado presente de nuevos fertilizantes y las ideas existentes sobre su futuro, informe que deberá enviar antes del 1 de junio para su publicación en la Revista.

Se trató también sobre el Simposio de Fertilizantes que tendrá lugar en Bengasi (Libia) en abril del año próximo y en el que se tratará de problemas de salinidad y riego en zonas semiáridas y áridas.

Se acordó que la próxima reunión del Comité tenga lugar en Viena los días 8, 9 y 10 de noviembre y se citó como posible la organización el año próximo de una Asamblea Plenaria en lugar a decidir que podría ser Bratislava (Checoslovaquia), en octubre de 1979.

Para el próximo Congreso Mundial que tendrá lugar en 1981, en el 60 aniversario del C. I. E. C., figuran como candidatos Francia y en contrapartida la propuesta de Cuba y algunos países desarrollados de Africa, de acuerdo con la propuesta de la U. N. E. S. C. O. para el tema.

Los días 27 y 28 tuvo lugar el Simposio sobre «Eficacia de los fertilizantes en la Agricultura Intensiva» organizado por el C. I. E. C. y el U. N. I. D. O. (Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas). Asistieron unos 150 participantes de 14 países además de representantes del U. N. I. D. O. y de la F. A. O.

Las palabras de bienvenida fueron pronunciadas por el Presidente del C. I. E. C., Profesor Jelenic; la ceremonia de la inauguración del Simposio estuvo presidida por el Ministro de Agricultura de Austria.

La primera sesión fue dedicada al «Uso eficaz de los fertilizantes en la Agricultura altamente productiva» y al «Estado presente de la fertilización en Agricultura Intensiva». La segunda sesión a «Problemas de microelementos en la Agricultura de la U. R. S. S.» y «Fertilización intensiva del maíz».

El Prof. Hernando fue invitado a presidir la tercera sesión, en la que se trató «La clorosis de hierro inducida por calcio en la «Viticultura Intensiva» y sobre «Fertilización en fruticultura intensiva».

El Prof. Hernando presentó su conferencia en la cuarta sesión, siendo seguida de un interesante coloquio y al final del mismo recibió muchas felicitaciones de los

distintos especialistas, especialmente el Dr. Potutaewa, de Moscú, que prometió tomar las medidas oportunas para que se tradujera la conferencia totalmente al ruso, con el fin de circularla a todos los especialistas de la U. R. S. S. en el tema.

El día 28 tuvieron lugar las siguientes sesiones: la quinta, dedicada a «Problemas de Fertilización Intensiva en cultivos Hortícolas» y «Alto suministro de nutrientes y sus efectos en Praticultura Intensiva» y «Praticultura Intensiva en la región Alpina». La sexta sesión fue dedicada a la valoración por medio del análisis de suelos de los suelos bien provistos de elementos nutrientes.

Todas las conferencias fueron seguidas de animados coloquios y posteriormente hubo una discusión general que dio pie a las conclusiones generales que fueron presentadas independientemente por el representante del U. N. I. D. O. y por el Presidente del C. I. E. C.

El día anterior a la reunión del C. I. E. C., es decir el 25, por la tarde el Profesor Hernando tuvo ocasión de visitar el Landwirtschaftlich-Chemische-Bundesversuchsanstalt (perteneciente al Ministerio de Agricultura), dándole ocasión a cambiar impresiones sobre las investigaciones que realiza tanto en su laboratorio como en una finca experimental, el Prof. Oberländer.

REUNION DEL GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS

El día 4 de mayo se reunió en la sede del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, en Madrid, el Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos.

Asistieron los Dres. Alberto, Heras y Montañés, de la Estación Experimental de Aula Dei; Benítez, Guerra, Hernando y Pardo, del Instituto de Edafología y Biología Vegetal; Cadahía, de la Universidad Autónoma de Madrid; Casado, de la Estación Experimental La Mayora; Cuadrado y Prat, del Centro de Edafología y Biología Vegetal de Salamanca; Chaves y Martín Aranda, del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto; Esteban y Lachica, de la Estación Experimental del Zaidín; Lasala, del Departamento de Edafología de Barcelona; Llorca, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Valencia; Pérez García, del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife; Romero, del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura; Sánchez, de la Misión Biológica de Galicia. Actuó de Coordinador el Dr. Lachica.

Tras informar los Dres. Chaves y Lachica sobre las últimas actividades del Comité Inter-Institutos de Análisis Foliar, se dividieron los miembros en las respectivas Subcomisiones de Métodos Químicos y Métodos Físicos.

La primera de dichas Subcomisiones discutió los resultados obtenidos sobre la determinación de fósforo en diversos suelos. Aunque la dispersión de los resultados obtenidos por los distintos laboratorios ha mejorado sensiblemente, sin embargo todavía no se cree que se haya llegado al óptimo. En consecuencia, se decidió continuar dicho estudio. En segundo lugar, se acordó comenzar en un futuro próximo la determinación de carbonatos, para lo que se encargó al Dr. Romero del diseño del material necesario para su adquisición por los distintos Centros.

La Subcomisión de Métodos Físicos estudió los resultados obtenidos sobre la determinación de pF, y se procederá a realizar diversos ensayos de precisión intracentros. Por otra parte, se acordó acometer los temas de la determinación de Densidad Aparente y Análisis Granuométrico, para lo cual se estudiaron una serie de detalles iniciales que permiten abordar dichos problemas con cierta garantía de éxito en el mínimo tiempo posible.

CONFERENCIA DE LA PROFESORA PRIMAVERESI

Organizada por la Dirección del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, la Profesora Ana Primavera, de la Universidad de Santa María, Río Grande do Sul (Brasil), pronunciará una conferencia en dicho Centro el día 7 de junio.

El título de ésta será: «Experiencias brasileñas en el manejo correcto de los suelos tropicales y subtropicales».

CARTA DEL SECRETARIO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIENCIA DEL SUELO

Querido amigo:

El día 10 de marzo del año actual se celebró en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal la primera reunión de la Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Ciencia del Suelo, recientemente elegida, abriéndose así un nuevo período que deseamos sea prometedor y fecundo en realizaciones.

En esta reunión se tomaron varios acuerdos pero todos ellos alrededor de una idea común: activar los trabajos y reuniones sobre la Ciencia del Suelo para elevar así el potencial científico y humano de la Sociedad.

Junta de Gobierno

Entre otras cosas, se acordó la posibilidad de una reforma de los Estatutos con miras a su actualización; para ello se nombró una Comisión integrada por el Vicepresidente, Secretario y los Sres. Martín Aranda (Sevilla) y Velasco de Pedro (Madrid), quienes serán los encargados de estudiar y coordinar las modificaciones presentadas. Ni qué decir tiene que todos los socios están invitados a participar de manera activa en este quehacer, enviando las sugerencias o proyectos de reforma a los compañeros anteriormente citados.

Se acordó también potenciar y desarrollar al máximo los grupos de provincias, procurando la creación de Delegaciones Regionales, para lo cual bastarían 10 socios como mínimo. Estas Delegaciones tendrían representación en la Junta de Gobierno. Seguimos considerando como elementos vitales de nuestra Sociedad las Secciones Científicas que componen la misma, invitando desde este momento a sus jefes nos comuniquen cuanto antes los trabajos e iniciativas programadas para el presente año.

En relación con el 11.º Congreso de la AISS, que tendrá lugar este año en Edmonton (Canadá), del 19 al 27 de junio próximo, os comunicamos que nuestra Sociedad Española de Ciencia del Suelo estará representada en el Consejo inaugural por nuestro Presidente, Prof. Hoyos de Castro.

A este respecto os añadimos que tenemos en esta Secretaría un proyecto de una Agencia con las condiciones, fecha y precios de este viaje al Canadá.

Aquel que esté interesado puede pedirnos detalles sobre el mismo. Se trata de un proyecto para un grupo, al menos de 20, con un precio total de 130.000 pesetas, con salida de Madrid el 17 de junio y llegada el 9 de julio. En este precio está incluido todos los viajes y servicios de hoteles (régimen de alojamiento) de la estancia en Edmonton (Congreso) y las visitas y excursiones a diversas ciudades (Montreal, New-York, Niagara, Toronto, Ottawa, Quebec, Lago George). Sin servicios

hoteleros en Edmonton el precio asciende solamente a 102.300 pesetas. Para aquellos que deseen únicamente la excursión por Canadá, sin asistencia al Congreso en Edmonton, la fecha de salida de Madrid sería el día 28 de junio, estancia en Nueva York y excursión por autobús por las ciudades citadas para seguir desde Nueva York a Madrid el 9 de julio. El precio es de 63.175 pesetas. Rogamos contesten rápidamente las decisiones en relación con este viaje.

Reuniones próximas

La primera en orden de fechas es la «II Reunión del Grupo para el estudio del Humus del C. S. I. C.», que tendrá lugar en Sevilla del 9 al 12 de mayo próximo. Promovida por investigadores en esta especialidad, tiene por objeto unificar criterios y métodos de estudio, así como determinar las líneas prioritarias de investigación dentro de este apasionante tema de la materia orgánica de los suelos.

El que esté interesado en dicha Reunión puede dirigirse al Dr. Martín Martínez, del Centro de Edafología de Sevilla.

La otra es la Reunión Nacional, ya tradicional, de Suelos que los Institutos de Edafología del C. S. I. C. vienen celebrando anualmente y que este año se celebrará en Sevilla en el mes de septiembre, cuyo programa adjuntamos.

Universidad de Méjico

Hay una oferta de este país para trabajar en la Universidad, en el Departamento de Edafología, para un experto, por un año y otro por medio año. Los campos por orden de preferencia son: Fertilidad de suelos, materia orgánica y mineralogía de arcillas. La cantidad que ofrece la Universidad es de 9.000 pesos, equivalente a 36.000 pesetas, con vida análoga a la de aquí. La ayuda de viaje había que gestionarla desde aquí. Si alguno es á interesado puede enviar un pequeño curriculum-vitae rápidamente y nosotros nos encargáramos de tramitarlo.

Es nuestro deber como Secretario manteneros informados de las vicisitudes de la Sociedad, cosa que haré con mucho gusto. Os invito a todos que hagáis lo propio tomando parte activa en la común tarea de levantar la Sociedad sin otro protocolo que el interés y entusiasmo por las Ciencias del Suelo que cultivamos.

Un cordial saludo,

SEMINARIO HISPANO-FRANCES SOBRE POLITICA CIENTIFICA

Este Seminario, organizado por la Dirección General de Política Científica del Ministerio de Educación y Ciencia y el Servicio Científico de la Embajada de Francia en España, tendrá lugar los días 22 y 23 de mayo, en la sede del Instituto «Eduardo Torroja» de la Construcción y del Cemento.

El programa del Seminario será el siguiente:

Programa

22 de mayo:

10,00. Apertura por el Excmo. Sr. Ministro de Educación y Ciencia: «La organización y la financiación de la investigación a nivel nacional».

- 10,15. «La organización de la investigación en Francia», por R. Morin, Délégué Général Adjoint à la Délégation Général à la Recherche Scientifique et Technique (DGRST), y J. Sevin, Chef de la Division des Etudes et du Plan à la DGRST.
- 11,00. Coloquio.
- 11,30. «La investigación en España», por L. González Seara, Secretario de Estado de Universidades e Investigación.
- 12,00. «La planificación de la Investigación Científica y Técnica en España», por F. Mayor Zaragoza, Presidente de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.
- 12,30. Coloquio.
- 13,00. «La financiación de la investigación en Francia», por R. Morin y L. Etienne, Chef du Fonds de la Recherche à la DGRST.
- 13,30. «La financiación de la investigación en España», por V. Querol Bellido, Subdirector General de Presupuestos del Ministerio de Hacienda.
- 14,00. Coloquio.
- 14,30. Almuerzo.
- 16,00. Mesa redonda: «La coordinación interministerial». Moderador: J. F. García de la Banda, Jefe del Gabinete de Estudio. Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.

23 de mayo:

Los organismos de investigación

- 9,30. «El papel de la "Mission de la Recherche" en el Ministerio de Universidades de Francia», por J. F. Denisse, Chef de la Mission de la Recherche au Ministère des Universités.
- 10,00. «La investigación en la Universidad Española», por M. Rico Gutiérrez, Subdirector General de Investigación Universitaria. Ministerio de Educación y Ciencia.
- 10,30. Coloquio.
- 10,45. Descanso.
- 11,00. «El "Centre National pour l'Exploitation des Océans" (CNEXO)», por C. Cherki, Directeur Général Adjoint du CNEXO.
- 11,30. «La investigación oceanográfica en España», por M. Oliver Massuti, Subdirector del Instituto Español de Oceanografía.
- 12,00. Coloquio.
- 12,30. Descanso.
- 13,00. «Un organismo de vocación definida el: "Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale" (INSERM)», por Ph. Laudat, Directeur Scientifique de l'INSERM.
- 13,30. «La investigación médica en España», por V. Rojo Fernández. Subdirector General de Investigación y Docencia. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social.
- 14,00. Coloquio.
- 14,30. Almuerzo.
- 16,00. «El gran organismo de investigación francés: el "Centre National de la Recherche Scientifique" (CNRS)», por P. Creyssel, Directeur Administratif et Financier du CNRS.
- 16,30. «El gran organismo de investigación español: el Consejo Superior de Investigaciones Científicas» (CSIC)», por C. Sánchez del Río y Sierra, Presidente del CSIC.

- 17,00. Coloquio y Descanso: «La cooperación internacional».
- 17,30. «La cooperación internacional del Ministerio de Asuntos Exteriores francés y de la DGRST», por Y. Jacques, Chef du Service des Affaires Scientifiques au Ministère des Affaires Étrangères, y Ph. Peltier, Responsable de la Division des Affaires Internationales à la DGRST.
- 18,00. «La cooperación científica internacional de España», por M. Barroso Feltré, Director General de Cooperación Técnica Internacional. Ministerio de Asuntos Exteriores.
- 18,30. «Aportación española a la preparación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ciencia y Tecnología para el Desarrollo», por L. Arizmendi Españes, Profesor de Investigación del CSIC.
- 19,00. Coloquio y Clausura.
Idiomas: Francés y español, con traducción simultánea.

NORMATIVA PARA LA PROVISION DE CARGOS ELECTIVOS EN LAS COMISIONES CIENTIFICA Y ECONOMICA

1. Objeto de esta norma

1.1. La aplicación del Reglamento Orgánico del C. S. I. C., promulgada por el Real Decreto 3450/1977 («B. O. del E.» del día 23 de enero de 1978), requiere normas que corresponde dictar a la Junta de Gobierno (art. 6,1). Hasta que tal órgano se constituya, es función del Comité de Dirección disponer lo que proceda (Disposición transitoria 1.ª). Sin prejuzgar los mecanismos electorales futuros, el Comité de Dirección, a propuesta del Presidente (disposición transitoria 2.ª, 1), ha decidido que la primera provisión de cargos electivos en las Comisiones Científica y Económica se realice conforme a las siguientes instrucciones objeto de esta norma.

2. Comisión Científica

2.1. *Confección del censo electoral.*—Los Directores de cada Centro enviarán a la Secretaría General una lista de electores (art. II, 2) con indicación del ámbito científico (Disposición transitoria 2.ª, 2) al que voluntariamente se hayan adscrito. Recibidos estos datos y debidamente comprobados, la Secretaría General publicará el censo electoral por ámbitos científicos con indicación de quienes son elegibles además de electores.

2.2. *Presentación de candidatos.*—Los candidatos podrán ser presentados por los Claustros de los Institutos o Centros (disposición transitoria 2.ª, 3) o por veinte miembros de la plantilla investigadora (art. II, 2; disposición transitoria 2.ª, 3). Por razones prácticas, el personal perteneciente a los Centros coordinados sólo podrá utilizar la segunda vía.

2.2.1. A efectos de la presentación de candidatos en esta ocasión, el Claustro (art. 23, 2) quedará constituido por el personal científico investigador de carrera en activo, por los Titulados Superiores Especializados en activo y por cualquier otro personal vinculado a las tareas investigadoras del Centro que posea el grado de Doctor.

El Claustro determinará el ámbito científico a que pertenece el Centro en relación con la presentación de candidatos (disposición transitoria 2.ª, 2).

El Claustro decidirá sus propias normas de procedimiento para la propuesta de

los candidatos que va a presentar el Centro, con la única limitación de que el mecanismo final de selección de candidatos deberá asegurar el secreto de las opiniones de quienes componen el Claustro.

2.2.2. Los nombres de los candidatos propuestos por cualquiera de las dos vías previstas en el Reglamento serán enviados a la Secretaría General junto con un breve «curriculum vitae» escrito por una cara en una hoja de papel tamaño A4 y un documento de aceptación por parte del candidato. Como quiera que la futura Junta de Gobierno pudiera establecer incompatibilidad entre el cargo de miembro de la Comisión Científica y el de Director de Centro, los presuntos candidatos deberán tener en cuenta esta posibilidad antes de firmar el documento de aceptación.

2.2.3. Recibidas las propuestas de candidatos y debidamente comprobadas, la Secretaría General procederá a la proclamación pública de aquellos clasificados por ámbitos científicos.

2.3. *Votación y escrutinio.*—Cada elector escribirá en una hoja de papel tamaño A4 los nombres de dos candidatos del ámbito científico en el que decidió adscribirse. Esta papeleta se introducirá en un sobre blanco que se cerrará a continuación. Este sobre blanco se incluirá en otro sobre, también cerrado, en cuyo exterior figurarán las palabras «Comisión Científica», el ámbito científico a que se refiere el voto, el instituto o Centro y el nombre del votante. Estos sobres de votación serán entregados al Director del Centro, quien los remitirá a la Secretaría General.

2.3.1. El escrutinio será público y se celebrará en Madrid, en el local que se anuncie. La Mesa Electoral estará constituida por doce miembros, dos por cada ámbito científico. Los dos miembros de cada ámbito científico serán el más antiguo y el más moderno del personal científico investigador de carrera en activo que se hubiesen adscrito al respectivo ámbito. Si hubiese varios con la misma antigüedad, decidirá la suerte. En caso de renuncia se constituirá la Mesa por el más antiguo o el más moderno de los que no hayan renunciado.

Resultarán elegidos los dos candidatos que obtuvieren mayor número de votos dentro de cada ámbito. En caso de empate decidirá la suerte. La Mesa Electoral levantará acta de los resultados.

2.3.2. La vigilancia del proceso de las elecciones corresponde a la Mesa Electoral. Por razones prácticas, se encargarán de esta vigilancia los miembros de la Mesa que residan habitualmente en Madrid. Los otros miembros podrán desplazarse a Madrid cinco días antes del escrutinio, para estudiar toda la documentación relativa al proceso electoral.

3. *Comisión Económica*

3.1. *Confección del censo electoral.*—Los Directores de los Centros enviarán a la Secretaría General una lista de electores (art. 13.b) clasificados en los siguientes grupos: personal científico investigador, personal con funciones conexas, personal auxiliar de la investigación y personal de administración. Todos los electores deberán ser personal de carrera del Organismo, en activo. Recibidos estos datos y debidamente comprobados, la Secretaría General publicará el censo electoral por grupos.

3.2. *Presentación de candidatos.*—Los candidatos para cada uno de los grupos mencionados, podrán ser presentados por veinte miembros del correspondiente grupo. Los nombres de los candidatos propuestos serán enviados a la Secretaría General, junto con un breve «curriculum vitae» escrito por una cara de una hoja de papel tamaño A4 y un documento de aceptación por parte del candidato.

Recibidas las propuestas de candidatos y debidamente comprobadas, la Secretaría General procederá a la proclamación pública de aquéllos, clasificados por grupos.

3.3. *Votación y escrutinio.*—Para la votación, que se realizará por grupos, se procederá de modo análogo a lo especificado en el apartado 2.3 de este escrito, con la siguiente diferencia. El grupo de personal científico investigador escribirá cuatro nombres en las papeletas, en lugar de dos. En el sobre de remisión del voto figurarán las palabras «Comisión Económica», en vez de «Comisión Científica». Y se especificará el grupo, en lugar del ámbito científico.

3.3.1. El escrutinio será público y se celebrará en Madrid, en el local que se anuncie. La Mesa Electoral estará constituida por diez miembros, cuatro por el grupo del personal científico investigador, dos por el grupo del personal con funciones conexas, dos por el grupo del personal auxiliar de investigación y dos por el grupo del personal de administración.

Los miembros de la Mesa serán designados con el criterio de antigüedad expuesto en el apartado 2.3. Las funciones y modo de proceder de la Mesa Electoral, serán también las que se describen en el apartado 2.3.

4. *Calendario.*—El proceso electoral a que se refiere esta normativa, consta de cinco etapas:

- a) Propuestas de listas de electores por los Centros.
- b) Publicación, por la Secretaría General, del censo electoral clasificado.
- c) Presentación de candidatos por los Centros o por el Personal.
- d) Proclamación por la Secretaría General, de candidatos clasificados.
- e) Votación y escrutinio.

Estas cinco etapas habrán de ser cubiertas sucesivamente. Finalizada cada etapa, la Secretaría General marcará el plazo para la consecución de la siguiente. A título orientativo, se estima que se precisarán unos diez días naturales, en promedio, para cubrir cada una de las etapas mencionadas.

5. *Normas finales*

5.1. Los miembros de las Comisiones Científica y Económica serán distintos, por lo que una misma persona no podrá aceptar ser candidato para ambas Comisiones.

5.2. El texto de esta normativa, el censo electoral, la lista de candidatos proclamados, los plazos señalados para cubrir las diversas etapas del proceso electoral y, en general, cualquier incidencia en dicho proceso, serán conocidos por todo el personal del C. S. I. C. Los Directores de los Centros determinarán, en cada caso, cuál es el medio más idóneo para cumplir con este requisito de publicidad.

5.3. La ejecución de esta normativa, corresponde, en su caso, al Secretario General o a los Directores de los Centros.

NORMATIVA PARA LA PREPARACION DE PROPUESTAS DE REESTRUCTURACION DE LOS INSTITUTOS

1. *Objeto de esta norma*

1.1 La disposición transitoria quinta del Real Decreto 3450/77 que establece el nuevo Reglamento del C. S. I. C. encarga a los Claustros de los Institutos la

preparación de las propuestas de reestructuración de los mismos que, previo estudio por la Comisión Científica, serán sometidas a la Junta de Gobierno del Organismo, para su eventual aprobación.

Dado que la reestructuración de los Institutos afecta a todo el personal que trabaja en ellos, parece lógico interpretar el texto legal en el sentido de que el Claustro encargado de esta tarea sea un Claustro ampliado, en el que, junto al personal científico, esté presente una representación del resto del personal en la proporción prevista para las Juntas de Instituto (art. 23, 3) a las que sustituye en esta ocasión.

El objeto de esta norma es dar a conocer a todos los Directores de Institutos y Centros, las instrucciones oportunas para la constitución de los Claustros ampliados.

2. Claustro ampliado

El Claustro ampliado que ha de preparar las propuestas de reestructuración de los Institutos, se constituirá de la siguiente manera:

2.1. El personal científico investigador de carrera y los Titulados Superiores Especializados de cada Instituto, identificarán las personas que, en posesión del grado de Doctor, estén vinculadas a las tareas científicas de aquél y todos juntos constituirán el grupo científico del Claustro ampliado. Se dividirá por dos el número de sus componentes, que redondeado por exceso, determinará el número de representantes del resto del personal que acudirá al Claustro ampliado. El grupo científico del Claustro ampliado decidirá la proporción de representantes de cada uno de los demás estamentos de personal y el mecanismo para la selección de este tercio del Claustro ampliado. El Claustro ampliado así constituido elegirá un Presidente y un Secretario. El Claustro ampliado decidirá sus propias normas de procedimiento, con la única restricción de que cualquiera elección de personas se realizará por votación secreta.

2.2. El mandato de este Claustro ampliado, de carácter transitorio, es preparar propuestas de reestructuración de los Institutos en sentido amplio. Para la interpretación de este mandato, puede servir la recomendación no vinculante de esta Presidencia, de que se estudien las posibles ventajas de fundir varios Institutos que trabajan en disciplinas afines y se encuentran ubicados en el mismo edificio o en locales próximos; con este objeto se podrán crear Comisiones mixtas constituidas por representantes de los Claustros ampliados de varios Institutos. Otra recomendación es que se analice la posibilidad de suprimir Institutos de escasa entidad cuya existencia lánguida merma las facilidades que deben recibir los otros; todo ello con plena garantía de que se encontrarán fórmulas para que el personal de los Institutos a extinguir pueda proseguir su carrera científica. Esta recomendación se basa en el principio de que el C. S. I. C. no debe abarcar todas las áreas del saber, de la Ciencia y de la Tecnología sino sólo aquellas en que disponga de personal idóneo en número suficiente para realizar una tarea eficaz.

2.3. Los Claustros ampliados a que se refiere esta normativa no sustituyen a las actuales Juntas de Instituto que seguirán existiendo hasta que se constituyan las previstas en el nuevo Reglamento. Las actuales Juntas, sin embargo, limitarán estrictamente su actuación al despacho de los asuntos de trámite que preceptivamente requieren su informe.

2.4. Todo lo anteriormente dispuesto se refiere a los Centros propios del


C. S. I. C. El personal investigador de carrera en activo y los Titulares Superiores Especializados que trabajan en Centros coordinados podrán adscribirse al Claustro de un Centro propio afín, si el grupo científico del Claustro ampliado de éste los acepta. En este caso, se ampliará proporcionalmente la representación del resto del personal.

3. *Calendario*

3.1. El plazo para cumplir el mandato de esta normativa terminará el 20 de junio de 1978.

4. *Norma final*

4.1. Esta normativa deberá hacerse pública para conocimiento de todo el personal del C. S. I. C.



En esta Sección de la Revista se publicarán las noticias de interés científico, enviadas por los Centros o por sus miembros que incidan sobre la actividad investigadora de las áreas de trabajo que contempla el Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología «José M.ª Albareda» y sus planes de actuación. Igualmente las que se refieren al propio personal investigador o las que tengan relación con la problemática de la investigación y su futuro.

NORMAS PARA LA COLABORACION EN «ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA»

1.ª *Envío.*—Los trabajos que se remitan para su publicación en ANALES DE EDAFOLOGÍA tendrán que ceñirse exactamente a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo ser enviados a la Secretaría de la REVISTA para su registro. Se devolverán todos los recibidos que no cumplan los requisitos ordenados.

2.ª *Título.*—El título de los trabajos deberá ser muy claro y preciso, reflejando claramente su contenido. Seguidamente se indicará nombre y apellidos de los autores, Centro donde ha sido realizado y fecha de envío a la REVISTA.

3.ª *Resumen.*—Obligatoriamente los artículos deberán ir acompañados por un resumen, que con toda claridad señale el objeto del trabajo realizado, algún detalle experimental, si es fundamental para la correcta interpretación de los resultados, y las conclusiones obtenidas. Este resumen debe efectuarse en castellano, y añadirse la traducción al inglés. Además, si se desea, podrá incluirse la versión del mismo en francés, italiano o alemán.

4.ª *Redacción del texto y presentación.*—Se procurará que la redacción sea lo más concisa posible. Los trabajos deberán escribirse a máquina en doble espacio y por una sola cara, no sobrepasándose en extensión las 20 holandesas. Los autores podrán indicar, por si puede atenderse, el tamaño de la letra en la que crean conveniente se realice la impresión.

5.ª *Bibliografía.*—La bibliografía deberá reducirse a la verdaderamente indispensable, que tenga relación directa con la investigación efectuada, evitándose los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.

Dichas referencias se incluirán siempre a la terminación del trabajo, numeradas correlativamente y ordenadas por orden alfabético de apellidos de autores. En cada cita se consignarán, en este orden, los datos siguientes:

Apellidos e iniciales del autor. Año de la publicación a que se refiere la cita-título del trabajo citado. Título del trabajo. Nombre de la publicación —abreviada de acuerdo con las normas internacionales—, en cursiva, y tomo y página a que se refiera la nota.

Para efectuar la referencia de un libro se indicarán los siguientes datos: Apellido e iniciales del autor. Año de la edición. Título en idioma original. Tomo. Edición. Publicación (todo ello en forma similar a las citas de revistas).

6.ª *Tablas, gráficos y fotografías.*—Salvo excepciones, no deberán emplearse de forma simultánea tablas y gráficos.

El número de gráficos deberá limitarse todo lo posible. En general se recomienda la yuxtaposición de curvas que puedan ser referidas al mismo sistema de ejes coordenados.

El número de fotografías deberá igualmente limitarse, enviando sólo las que realmente —teniendo en cuenta la reproducción— sean útiles, claras e ilustrativas.

Los gráficos y dibujos vendrán dibujados sobre papel vegetal y con tinta china. En la publicación tendrán una anchura de 12 o de 6 cm., o sea, la correspondiente a una o media anchura de plana de nuestra publicación. Los autores deben señalar el tamaño que desean para sus gráficos o dibujos, y tener en cuenta que las escalas de reducción más convenientes son de 2 a 1 y de 3 a 1. Los rótulos y signos de los mismos deberán ser de tal tamaño que su altura, una vez reducida, no sea inferior a 1,5 mm.

Cada gráfico deberá acompañarse de un número de orden, reproducido en el texto. En éste, se indicará el lugar aproximado de colocación de cada uno. Los pies de gráficos y dibujos, escritos a máquina, se enviarán en papel aparte.

Para las fotografías servirán observaciones similares.

7.ª *Fórmulas y expresiones matemáticas.*—En unas y otras debe procurarse la máxima claridad en su escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio, siempre que ello no entrañe riesgo de incomprensión.

8.ª *Caracteres de imprenta.*—Se ruega a los autores señalen en sus originales los estilos de los caracteres de imprenta que deban emplearse, de la manera siguiente:

Subrayar con una línea ————— las palabras en *cursiva*.

Subrayar con dos líneas ===== las palabras en **VERSALITAS**.

Subrayar con tres líneas ===== las palabras en **VERSALES**.

Subrayar con una línea ~~~~~ las palabras en **negrita**.

Subrayar con una línea discontinua— — — las palabras **e s p a c i a d a s**.

9.ª *Pruebas.*—Deberán devolverse, debidamente corregidas, junto con el trabajo original, en el plazo de ocho días, a partir de la fecha de envío. Pasado este plazo sin recibirse, el trabajo perderá su turno de publicación. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original. Si el autor desea hacer alguna alteración del texto original que suponga gastos adicionales de impresión, éstos le serán facturados a precio de coste.

10. *Separatas.*—De cada trabajo se entregarán gratuitamente al autor 25 separatas. A petición de éste —hecha constar por escrito en la cubierta del original— podrán servirsele, a su cargo, las que desee.

11. *Examen de manuscritos.*—Los trabajos, una vez recibidos, pasarán a la Comisión de Publicaciones para informe.

ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA

Publicados por el INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA «JOSÉ M.ª ALBAREDA», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Integrado por los Centros:

Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.	Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.
Departamento de Edafología de Barcelona.	Departamento de Economía Agraria. Madrid.
Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife.	Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia.	Instituto de Aclimatación. Almería.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.	Instituto de Alimentación y Productividad Animal. Madrid.
Estación Experimental del Zaidín. Granada.	Estación Agrícola Experimental. León.
Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.	Estación Experimental La Mayora. Málaga.
	Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.

Con la colaboración de los Organismos siguientes:

Departamento de Zootecnia de Córdoba.	Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología. Madrid.	Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas).
Instituto de Biología Celular. Madrid.	Sociedad Española de Ciencia del Suelo.
Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca. Huesca.	Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.
Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.	

ESPAÑA:	Ptas.	EXTRANJERO:	Ptas.
Suscripción anual	1.300	Suscripción anual	1.600
Volumen suelto	250	Volumen suelto	300

Cada volumen contiene 2 números

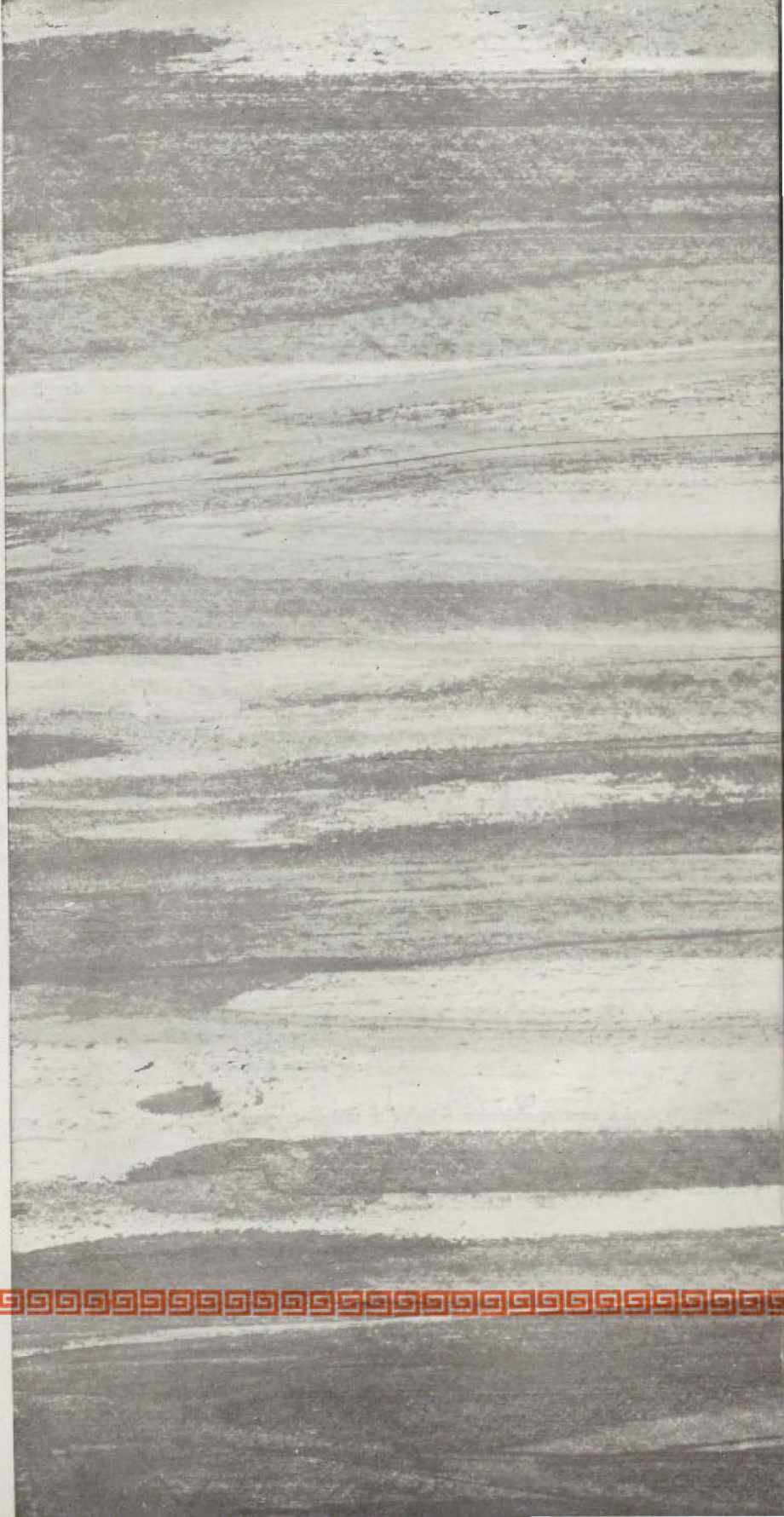
La correspondencia relativa a trabajos y su publicación, debe enviarse a:

ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA
SERRANO, 115 BIS. MADRID-6 (ESPAÑA)

La correspondencia relativa a suscripciones o adquisiciones, a:

DISTRIBUCIÓN DE PUBLICACIONES DEL C. S. I. C.
VITRUBIO, 16. MADRID-6 (ESPAÑA)

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA



Томо XXVII. Numms. 5-1
AINA LIBS DB FQJ OBG I'X
YAGROBIOG'IX
MAYO-21 1978