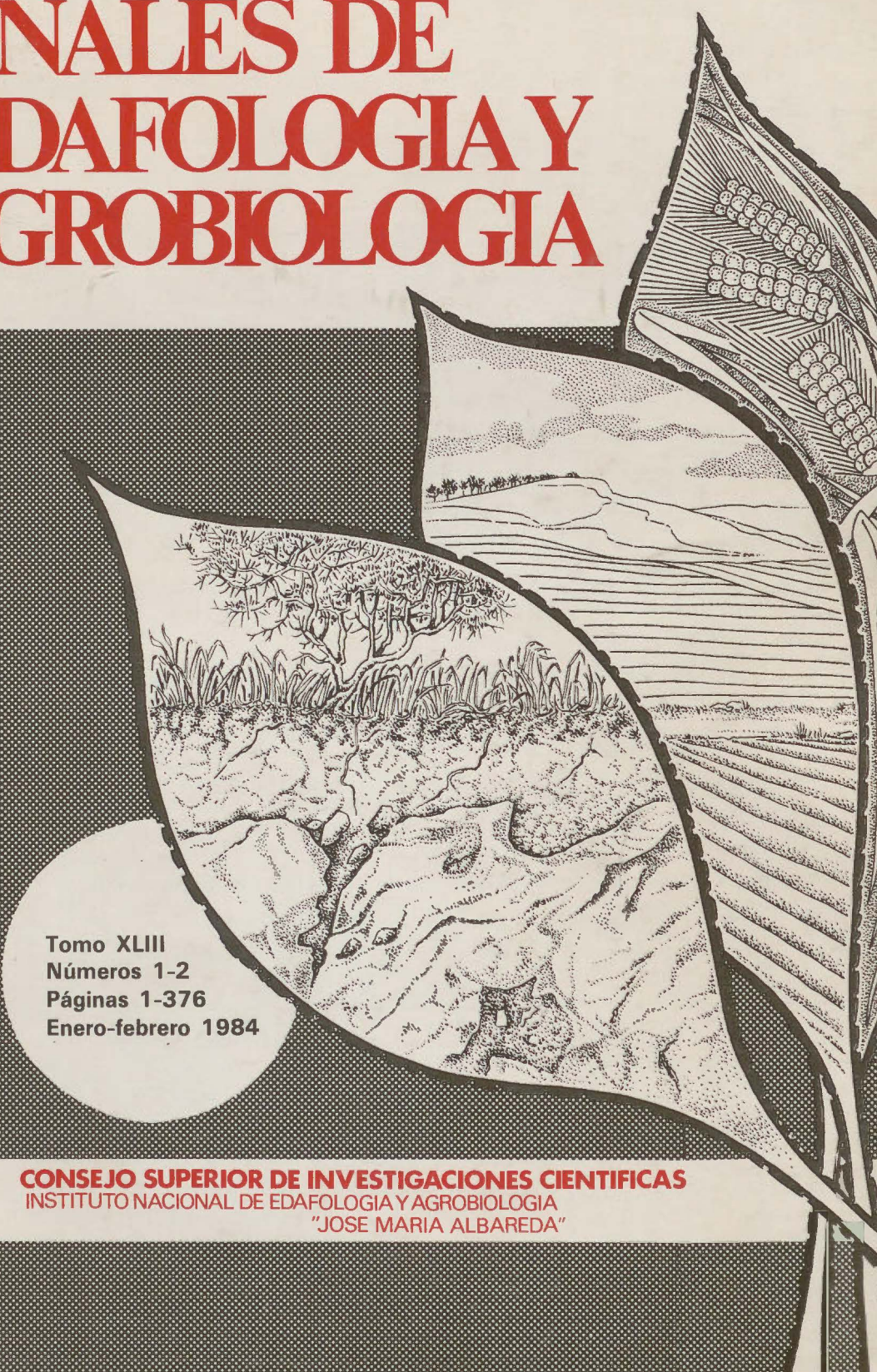


ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA



Tomo XLIII
Números 1-2
Páginas 1-376
Enero-febrero 1984

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGIA Y AGRICULTURA
"JOSE MARIA ALBAREDA"

SUMARIO

SUELOS	Páginas
Estructura del matorral Mediterráneo secundario en Sierra Morena y sus relaciones con los gradientes del medio físico, por <i>Basanta Alves, Ana; García Novo, F. y Cabaneiro Albaladejo, Ana</i>	1
Estudio de la mineralización de la paja de trigo por diversas especies fungicas, por <i>G. Almendros, A. T. Martínez, A. E. González, A. Polo y E. Dorado</i>	19
Estudio de la fracción ligera de arenas en suelos con pequeño desarrollo. I. Tinción con hemateína, por <i>A. Hoyos, J. González Parra, M. C. Fernández Bermejo y S. Ruano</i>	29
Estudio de la fracción ligera de arenas en suelos con pequeño desarrollo. II. Tinción con cobaltinitrito, por <i>A. Hoyos, J. González Parra, M. C. Fernández Bermejo y S. Ruano</i>	43
Aproximación a la capacidad de uso de los suelos de la región de Ocaña (Toledo), por <i>J. Gumuzzio, J. B. Alvarez A. Gutiérrez y J. Guijarro</i>	51
La fracción arcilla de suelos podsolizados de las inmediaciones del lago San Mauricio (Pirineo Ilerdense), por <i>L. J. Aliás Pérez y R. J. Ortiz González</i>	59
Retención de 1, 1, 1-tricloro-2, 2-bis (P-metoxifenil)-etano (Metoxicloro) por montmorillonitas hemoónicas, por <i>A. Jiménez López y F. Aguirre Gómez</i>	77
Características de gypsorthids en la región central española, por <i>José Gumuzzio y José B. Alvarez</i>	93
Horizontes B sobre materiales graníticos en Galicia, por <i>Benita Silva Hermo y Francisco Guitián Ojea</i>	111
Evolución de la actividad enzimática del suelo a través del tiempo y su distribución en los horizontes del perfil edáfico, por <i>Pérez Mateos, M. y González Carcedo, S.</i>	133
Palixerolls petrocálcicos de las Sierras de Orce y María, por <i>L. J. Aliás y J. Martínez Sánchez</i>	143
Estudio de ácidos húmicos de tipo P. Fraccionamiento en columna de sepiolita. Valoración cuantitativa de pigmentos, por <i>Almendros, G. y Dorado, E.</i>	153
Suelos AC sobre granitos de Galicia (N.O. de España) con especial referencia al ranker atlántico. IV. Propiedades físicas, por <i>Carballas, M., Guitián Ojea, F. y Carballas, T.</i>	167
FERTILIDAD DEL SUELO	
Evaluación del potencial fertilizante de un compost de basura. Efecto sobre germinación y rendimientos secuenciales en cosecha, por <i>R. Nogales, M. A. Zamora, M. Gómez y F. Gallardo-Lara</i>	183
Métodos rápidos para la caracterización del Purin de vacuno, por <i>M. C. Villar, F. Díaz-Fierros, A. Cabaneiro, M. C. Leiros, F. Gil Sotres, M. Carballas y T. Carballas</i>	195
Caracterización de la fracción orgánica del Purin de vacuno. I. Distribución del carbono, por <i>T. Carballas, M. Carballas, F. Gil Sotres, M. C. Leiros, A. Cabaneiro, F. Díaz-Fierro y M. C. Villar</i>	205
Comportamiento de fertilizantes fosfatados en suelos fijadores de P, por <i>Ramos Hernández, S. y Aguilera Herrera N.</i>	215
Evaluación de la solubilización del fósforo mineral en suelos calizos por <i>Barcillus cereus</i> . Ensayos de invernadero, por <i>Fernández Herrera, M., Carpena Artes, O. y Cadahia López, C.</i>	235
FISIOLOGIA Y NUTRICION VEGETAL	
Mayor tolerancia A s-Triazinas de tres especies de <i>Amaranthus</i> tras repetidas aplicaciones de simazina, por <i>R. de Prado, P. Menéndez y M. Tena</i>	247
Influencia de la variedad sobre el balance nutriente foliar de plantas de tomate, por <i>F. Martínez, F. Romojaro, S. Llorente y C. F. Alcaraz</i>	257
Estudio de la composición mineral y ultraestructura de la hoja de plantas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum mill</i>) sometidas a diferentes presiones osmóticas y niveles de calcio, por <i>M. R. de Felipe y M. P. Sánchez Conde</i>	269
Efecto de la adición de nitrato sobre la producción de H ₂ por nodulos de guisante (<i>Pisum sativum</i> , L.) crecidos bajo condiciones de alta intensidad luminosa, por <i>Eulogio J. Bedmar</i>	283
Estudio de fracciones proteínicas de diferentes variedades de almendra (<i>Prunus amygdalus</i>), por <i>F. J. López Andreu, R. M. Esteban Alvarez y O. Carpena Artes</i>	291
El fraccionamiento de <i>Sophora japonica</i> L. I. Rendimientos y composición del zumo, bagazo, concentrado proteico y suero, extraídos de tallos, hojas y legumbres, por <i>C. Alzueta, I. González y G. González</i>	299
Susceptibilidad de diferentes cultivares de olivo a atrazina simazina y diurón, por <i>R. de Prado, P. Menéndez y M. Tena</i>	311
Estudio del equilibrio nutricional en <i>Nerium oleander</i> L., por <i>M. Guzmán, M. Urrestarazu y L. Romero</i>	319
Estudio de la variación de la composición de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) durante su cultivo, por <i>M.^a P. Sánchez Conde</i>	335
Estudio de la persistencia y degradación de 2-hidroxi-2, 2-bis (4-clorofenil) acetato de etilo en limonero, por <i>Ortuño, A., Abrisqueta, J. M.^a, Hernansaez, A. y Gómez, J.</i>	335
MINERALOGIA	
Litología y minerales de la arcilla en el "Horst" de Peñalcazar. (La Alameda) Soria, por <i>Antonio Gutiérrez Maroto, José Alvarez Martín, Joaquín Guijarro Galiano y José Gumuzzio Fernández</i>	347
TRABAJO RECAPITULATIVO	
Estimación de parámetros en isotermas de adsorción por el método del simplex. Aplicación a la isoterma de langmuir para la adsorción de fosfatos por suelos, por <i>Santa Cruz, F., M. G. Guillén, F. G. Fernández y M. Caro</i>	361

ESTRUCTURA DEL MATORRAL MEDITERRANEO SECUNDARIO EN SIERRA MORENA Y SUS RELACIONES CON LOS GRADIENTES DEL MEDIO FISICO

Por

BASANTA ALVES, ANA*; GARCIA NOVO, F.* y
CABANEIRO ALBALADEJO, ANA**

SUMMARY

THE STRUCTURE OF SECONDARY MEDITERRANEAN SCRUB IN SIERRA MORENA (SW SPAIN) AND ITS RELATIONSHIPS WITH ENVIRONMENTAL GRADIENTS.

The structure of the mediterranean scrub ("matorral") of Sierra Morena Occidental (SW Spain) is described in relation to the main environmental variables.

The area of study has been free from human interference for the last 35 years. The substrate is a massive formation of devonian slates and schists. Climate is mediterranean type with oceanic influence (average temperature: 17 °C; annual precipitation: 869 mm.).

The vegetation of two transects, along N and S-facing slopes (plot size, 5x5m.), was analysed through numerical analysis of presence-absence and semiquantitative data. A 30 cm. soil core was taken every 15 m. along both transects. pH (H₂O and ClK), exchangeable Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺ and H⁺, organic matter and soil texture were also analysed.

Reciprocal Averaging Analysis of vegetation data showed a prevalent direction of variation, associated to slope position and aspect. Three main matorral types were identified with increasing species richness, plant size and complexity. Their location on slopes (from top to bottom) is as follows: Type I: A heathland dominated by *Erica umbellata* and *Halimium ocymoides*; Type II: A "jaral" dominated by *Cistus ladanifer* and *Erica australis*; Type III: A dense matorral of *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Viburnum tinus*, *Rhamnus alaternus*, etc.

1st. component of factor analysis (P.C.A.) of soil data corresponds to an oligotrophy-eutrophy gradient. 2nd. component corresponds to a mineral-organic variation. Soil samples from the top of the S-facing transect show lowest fertility values and a scarcity of fine elements. Soil samples from the top of N-facing transect show a deeper profile and higher organic matter content. Soil samples from the lower parts of both transects are associated to high Ca⁺², Mg⁺², V and pH.

Canonical Correlation Analysis of vegetation and soil data allowed a good interpretation of mutual relationships. Vectorial structure of vegetation depends on a strong environmental gradient that develops on slopes, associated to erosion-deposition processes. This multiple gradient involves nutrients, organic matter, fine elements, water and other edaphic characteristics.

* Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Sevilla. 41080, Sevilla.

** Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (CSIC), Santiago de Compostela.

INTRODUCCION

En este trabajo se presentan parte de los resultados de una investigación sobre relaciones entre estructura horizontal de la vegetación seral mediterránea y los principales gradientes abióticos. BASANTA ALVES (1982), BASANTA ALVES Y SANCHO ROYO (1980, 1983) han publicado otros aspectos de la misma.

Se ha escogido un área de sustrato homogéneo, sellado al ciclo hidrológico, donde la intervención humana ha sido una roza intensa bien datada (35 años), desarrollándose desde entonces un denso matorral.

Se intentaron alcanzar estos objetivos:

— Tipificación de los matorrales desarrollados sobre litología homogénea tras un período conocido de sucesión secundaria.

— Variación de las características edáficas y su relación con la vegetación.

— Interpretación de la estructura horizontal de la vegetación en relación con procesos organizativos propios e interacción con factores o gradientes del medio físico.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

En las estribaciones meridionales de Sierra Morena, en un enclave de 200-450 metros de altitud, proyectado en la llanura, se encuentra el Coto Nacional de Caza Mayor "La Pata del Caballo" de ICONA (Escacena del Campo, Huelva).

Presenta litología homogénea de pizarras y esquistos devónicos de grano fino, intercalándose diques de cuarcita. El relieve, de tipo apalachiano, procede del encajamiento cuaternario de una red de drenaje rectangular y densa en una penillanura terciaria (IGME, 1978), cuyos restos forman las cotas superiores (400-500 m.). Interfluvios estrechos y laderas de pendiente acusada (hasta 50°) donde los materiales se desplazan por remoción masiva.

El clima es mediterráneo subhúmedo con tendencia atlántica según la clasificación de ALLUE (1966). La estación 826 "Las Contiendas", en el Coto, arroja para el período 1949-79: media máximas 23,6 °C, media mínimas 10,5 °C, 869 mm. de precipitación anual y 77,5% de concentración invernal (Octubre-Marzo). Período de aridez entre Junio y Septiembre.

METODOS

En el Coto "La Pata del Caballo" se eligió, con fotografía aérea y recorridos de campo, un área pequeña representativa de las variaciones del medio físico y con densa vegetación. Se escogió la cuenca del Arroyo Astillas de 155 Ha., de orientación W-E, con elevado número de combinaciones de pendiente (10 a 50°) y orientación y cuyo ma-

torral no había sido intervenido desde que sufriera roza manual en 1946.

Se presentan los resultados obtenidos en un muestreo conjunto de vegetación y suelo.

La dirección de variación más patente en la vegetación fué explorada por medio de dos transectos, de 38 parcelas contiguas de 5 x 5 m., que recorrían ambas vertientes de la cuenca perpendicularmente al Arroyo de las Astillas, siguiendo la dirección de máxima pendiente y de orientación N-NW (350°) y de S-SE (170°) respectivamente. En cada parcela se registró presencia-ausencia de las especies leñosas y altura media del matorral.

Cada tres parcelas (15 m.) se tomó una muestra de los 30 cm. superficiales de suelo (13 muestras por transecto). No se diferenciaron horizontes y, en general, la muestra recogía la totalidad del perfil. En estas muestras se determinó pH (ClK y H₂O), granulometría (clases texturales americanas), C total y M.O. (método de Sauerlandt, modificado; GUITIAN Y CARBALLAS, 1976). De los cationes extraídos con acetato amónico a pH 7, Ca y Mg se midieron por absorción atómica y Na y K por fotometría de llama. El H de cambio según el método de Mehlich. Se estudiaron también tres perfiles-tipo que resumen el rango de variación de la catena.

En los datos de vegetación se suprimieron las variables (especies) de presencia inferior al 10% de las muestras. A la matriz conjunta de ambos transectos se aplicó el Análisis de Correspondencias (BENZECRI, 1973; HILL, 1973) que parece el más adecuado para estos datos (GAUCH y otros, 1981).

A la matriz de datos del suelo se aplicó el Análisis de Componentes Principales (HARMAN, 1967) con rotación sobre los cinco primeros ejes.

RESULTADOS

Análisis de la vegetación

Los ejes I y II del Análisis de Correspondencias de ambos transectos (76 muestras x 33 variables) absorbieron el 34% de la varianza. El plano I - II se representa en la Figura 1.

Las parcelas altas de solana aparecen asociadas a un brezal enano (50-80 cm. de altura) con *Erica umbellata* y *Halimium ocymoides*, de baja diversidad (n.º medio de especies por parcela: 5, 4) y localizado en las posiciones más expuestas y erosionadas, con los suelos más someros, pobres y de peor balance hídrico. Este brezal enano ha sido descrito en estaciones similares del S y W peninsular (RIVAS GODAY, 1964; LUIS Y MONTSERRAT, 1979; RIVAS MARTINEZ, 1980).

A continuación se sitúan las parcelas de solana media y umbría alta, con matorral típico de zonas de pizarras y esquistos con *Erica australis*, *Cistus ladanifer*, *Phyllirea angustifolia*, *Genista hirsuta*, *Lavan-*

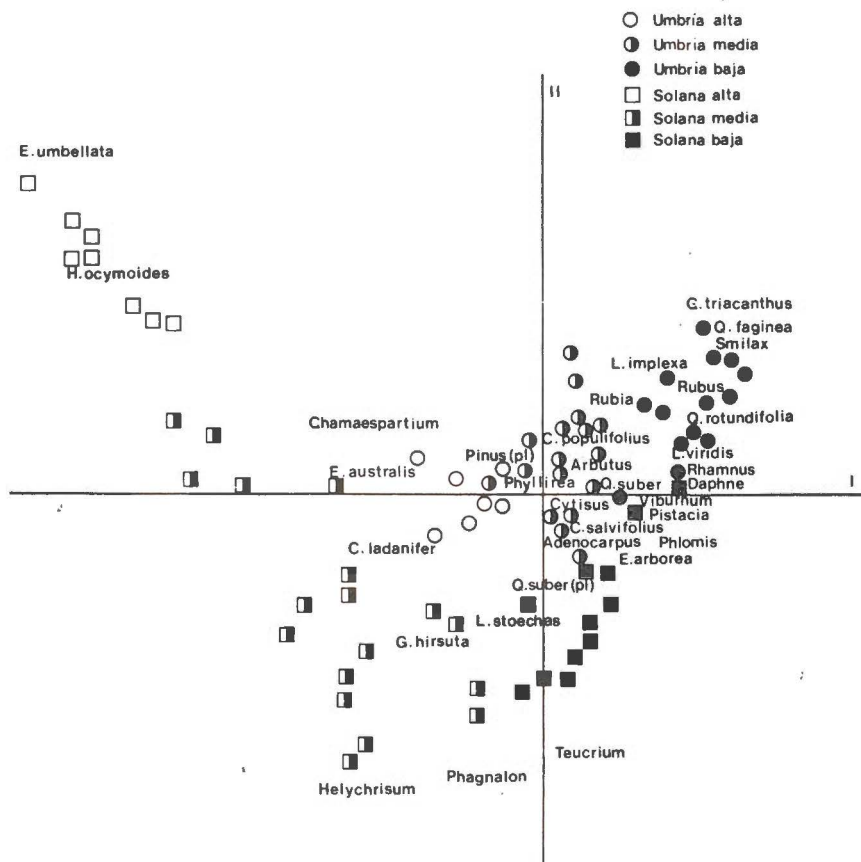


Fig. 1.- Proyección de especies e inventarios sobre el plano definido por los ejes I y II del Análisis de Correspondencias de los transectos de solana y umbría. Las parcelas de solana alta se destacan netamente del resto, oponiéndose a las de umbría baja que representan la máxima madurez. Obsérvese la asociación de las parcelas de solana baja a las de umbría media. Las especies arbóreas no repobladas se sitúan en las zonas bajas de ambas laderas, predominando *Quercus suber* en solana baja y *Q. faginea* en umbría baja.

dula stoechas, *Helichrysum stoechas*. Se trata de un matorral de talla media (1 a 2 m.), acidófilo (RIVAS GODAY, 1964; GONZALEZ BERNALDEZ y otros, 1976) y poco exigente, con un estrato bajo de matas leñosas de pequeño porte.

Las parcelas de solana baja y umbría media y baja se asocian al matorral "noble" de la zona, propio de enclaves conservados (RIVAS MARTINEZ, 1974; GONZALEZ BERNALDEZ y otros, 1976). Está integrado por *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Rhamnus alaternus*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula viridis*; con altura media considerable (2 a 4,5 m. de altura) y mayor diversidad (n.º medio: 11,4 especies por parcela). Se asienta sobre zonas de

acumulación, importadoras de nutrientes y con buena disponibilidad hídrica. Forman parte de este matorral especies infrecuentes y por ello no analizadas como *Tamus communis*, *Asparagus acutifolius*, *Myrtus communis*, *Chamaerops humilis*, *Phyllirea latifolia*, *Pistacia terebinthus*. Esto subraya una de las diferencias más acusadas entre los tipos de matorral detectados: los que ocupan posiciones de ladera altas y medias son mucho más pobres en especies y de distribución homogénea; en posiciones bajas, el matorral noble presenta un mosaico complejo con un alto número de especies.

La tendencia general de variación de especies y parcelas va desde las localizaciones más hostiles: denudación, aridez, oligotrofia, a las favorables donde predominan los procesos contrarios, con un tránsito gradual (más acusado en solana que en umbría) desde comunidades pobres poco estructuradas hasta las más diversas y maduras.

Comparando entre sí los transectos se aprecia que el matorral de *E. umbellata* es exclusivo de solana en zonas altas. *H. stoechas*, *P. saxatile*, *C. humilis*, *O. europea* var. *sylvestris*, *A. acutifolius*, *T. communis*, que son de carácter preferente termófilo (RIVAS GODAY, 1964), solo aparecen en solana. *Q. faginea*, *C. vulgaris*, *C. populifolius*, especies con mayores requerimientos hídricos (RIVAS GODAY, 1964; LUIS Y MONTSERRAT, 1979), solo aparecen en umbría.

El número total de especies es similar (34 en solana y 33 en umbría) pero la umbría presenta por parcela un número de especies superior a la solana. El test de Wilcoxon ($Z = 12,84$), que compara las especies por parcela en ambos transectos, indica que dicho número es significativamente mayor en umbría ($p \leq 0,001$). Además la talla media (tabla I) y densidad de las comunidades es superior en umbría. La estructura detectada en el análisis conjunto de los transectos, se confirma en su análisis separado. Es también coincidente con el análisis de datos semicuantitativos del matorral tomados sobre 32 parcelas de muestreo estratificado en toda la cuenca del Arroyo de las Astillas (BASANTA ALVES, 1982).

Análisis de suelos

El Análisis de Componentes Principales de la matriz (15 variables x 26 muestras) (Tabla II) produce una absorción de varianza en los dos primeros ejes (rotados) del 67%. La Figura 2 recoge la proyección de las variables en el plano I y II.

El eje I presenta factores altos positivos para variables del complejo de cambio (Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^{+} , S, grado de saturación (V) y pH en H_2O y ClK). El Na^{+} no aparece tan relacionado con estas variables, quizá por ser poco abundante y lavarse con facilidad. Esta asociación de las variables sugiere la existencia de muestras con un grado de saturación elevado frente al resto, lo que cabría asociar a suelos eutrofos.

En el eje II aparecen con un factor alto H^{+} , capacidad total de cambio (T) y m. orgánica. La asociación m. orgánica-T sugiere un fuerte aporte de posiciones de cambio por la primera, lo cual llega a tener mucha importancia en suelos con baja proporción de arcilla. Estos suelos

TABLA I

Número medio de especies por parcela, altura media del matorral y valores del test de Mann-Whitney que compara los valores de ambos en las distintas zonas consideradas. Obsérvese el mayor desarrollo estructural de las partes bajas frente a las altas y de la umbría alta frente a la solana alta.

	<u>N.º especies/parcela</u>	<u>Altura media (m)</u>
Solana alta SA	7,2 ± 2,5	1,375 ± 0,26
Solana baja SB	13,3 ± 3,7	2,270 ± 0,22
Umbría alta UA	10,3 ± 1,7	2,250 ± 0,55
Umbría baja UB	17,0 ± 2,8	2,580 ± 0,48

<u>Comparación del N.º medio especies/parcela</u>			
	SA	SB	SU
SB	58,5*	—	—
UA	52,5*	48,0	—
UB	47,0**	40,0	45,5**

<u>Comparación de la Altura media</u>			
	SA	SB	UA
SB	67,0**	—	—
UA	62,0**	42,0	—
UB	44,0**	39,5	28,5

* $p \leq 0,05$

** $p \leq 0,01$

con alto contenido en materia orgánica tienden a acidificarse, dominando en su complejo de cambio el H^+ .

Menos caracterizadas (junto al origen) aparecen variables de granulometría, aunque una ordenación según el tamaño de las partículas está recogida por el eje II.

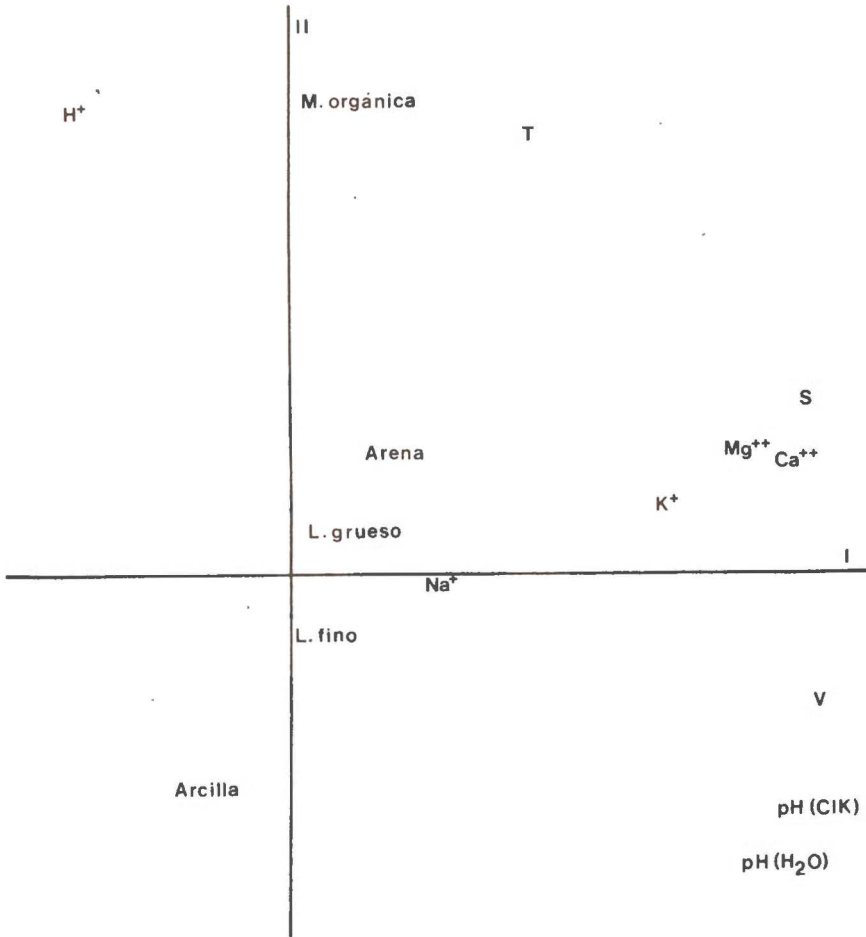


FIG.2.- Proyección de las variables del suelo sobre el plano definido por los ejes I y II del Análisis de Componentes Principales. El eje I tiene un significado de eutrofia y el eje II recoge un gradiente mineral-orgánico.

En la Figura 3 las parcelas de ambos transectos se proyectan sobre el plano I y II. En la parte positiva del eje I (determinado por variables relacionadas con grado de eutrofia) aparecen parcelas situadas en partes bajas de las laderas de solana y umbría; por su posición topográfica, representan zonas de acumulación que coinciden con las áreas de matorral más desarrollado, diverso y alto.

En el eje II (que recoge un gradiente mineral-orgánico) las parcelas se ordenan predominando en la parte positiva las de zonas altas de umbría y en la negativa las de solana. Esta disposición concuerda con el menor desarrollo de la vegetación en las áreas de mayor exposición,

TABLA II

Valores de las variables edáficas analizadas en las muestras de los transectos de solana (S) y umbría (U).

Muestra	pH H ₂ O	pH ClK	Materia orgánica %	Complejo de cambio (mEq/100 g)								Arena % >0,05 mm	L. grueso % 0,05-0,02	L. fino % 0,02-0,002	Arcilla % <0,002
				Na	K	Ca	Mg	S	H	T	V				
1 S	5,2	4,1	8,96	0,06	0,26	2,40	0,94	3,66	15,17	18,83	19	49	9	18	24
2 S	4,8	3,6	15,17	0,09	0,28	2,60	0,86	3,83	28,23	32,06	12	57	7	18	18
3 S	5,0	4,1	20,75	0,07	0,58	10,10	2,12	12,89	34,13	47,02	27	77	2	10	11
4 S	5,0	3,9	14,94	0,09	0,48	4,60	1,42	6,59	23,18	29,77	22	63	7	13	17
5 S	5,7	4,5	11,48	0,08	0,48	9,70	1,64	11,90	18,12	30,02	40	66	6	14	14
6 S	5,3	4,1	14,27	0,08	0,33	4,10	1,42	5,93	20,65	26,58	22	70	6	4	20
7 S	5,4	4,3	6,37	0,22	0,38	3,30	0,96	4,86	14,33	19,19	25	52	5	18	25
8 S	6,0	5,1	7,82	0,09	0,56	12,40	2,72	15,77	13,91	29,68	53	60	6	17	17
9 S	6,2	5,2	9,01	0,10	0,52	12,00	3,12	15,74	15,17	30,91	51	54	5	18	23
10 S	6,2	5,2	12,91	0,18	0,98	12,00	8,50	21,66	22,76	44,42	49	53	6	17	24
11 S	5,8	5,1	23,58	0,24	0,10	27,50	7,10	34,94	21,91	56,85	61	67	7	11	15
12 S	6,3	5,5	7,81	0,13	0,70	11,30	1,86	13,99	8,42	22,41	62	43	5	18	34
13 S	6,0	4,9	5,46	0,24	0,60	2,90	1,12	4,86	10,95	15,81	31	42	5	18	35
1 U	5,1	4,0	14,46	0,07	0,40	3,41	1,42	5,29	23,28	28,47	19	54	2	16	28
2 U	4,8	3,6	17,60	0,08	0,40	4,30	1,32	6,10	39,98	46,08	13	52	8	16	24
3 U	5,0	4,0	21,65	0,14	0,47	11,00	2,12	13,73	35,40	49,13	28	58	5	16	21
4 U	5,4	4,2	15,03	0,06	0,43	8,50	1,42	10,41	18,02	38,43	27	51	9	19	21
5 U	5,5	4,6	17,55	0,22	0,52	13,80	3,12	17,66	22,76	40,42	44	58	3	17	22
6 U	5,3	4,3	15,86	0,08	0,40	0,76	1,56	2,80	26,55	29,34	10	52	9	19	20
7 U	5,4	4,4	16,03	0,09	0,98	10,00	2,26	13,32	24,86	38,18	35	60	4	17	19
8 U	4,9	4,1	25,06	0,10	0,98	11,60	2,00	14,67	33,29	47,96	31	57	10	17	16
9 U	5,3	4,4	15,91	0,10	0,74	9,20	2,00	12,04	23,18	35,22	34	59	9	16	16
10 U	6,3	5,4	20,10	0,09	1,76	27,50	6,40	35,75	19,81	55,56	64	63	10	14	13
11 U	5,9	4,9	14,36	0,06	1,00	14,00	3,60	18,66	20,23	38,89	48	59	7	17	17
12 U	6,3	5,3	8,72	0,06	0,88	13,50	2,50	16,94	13,48	30,42	56	58	6	19	17
13 U	6,5	5,7	12,43	0,09	1,00	19,00	4,70	24,79	13,06	37,85	65	66	6	14	14

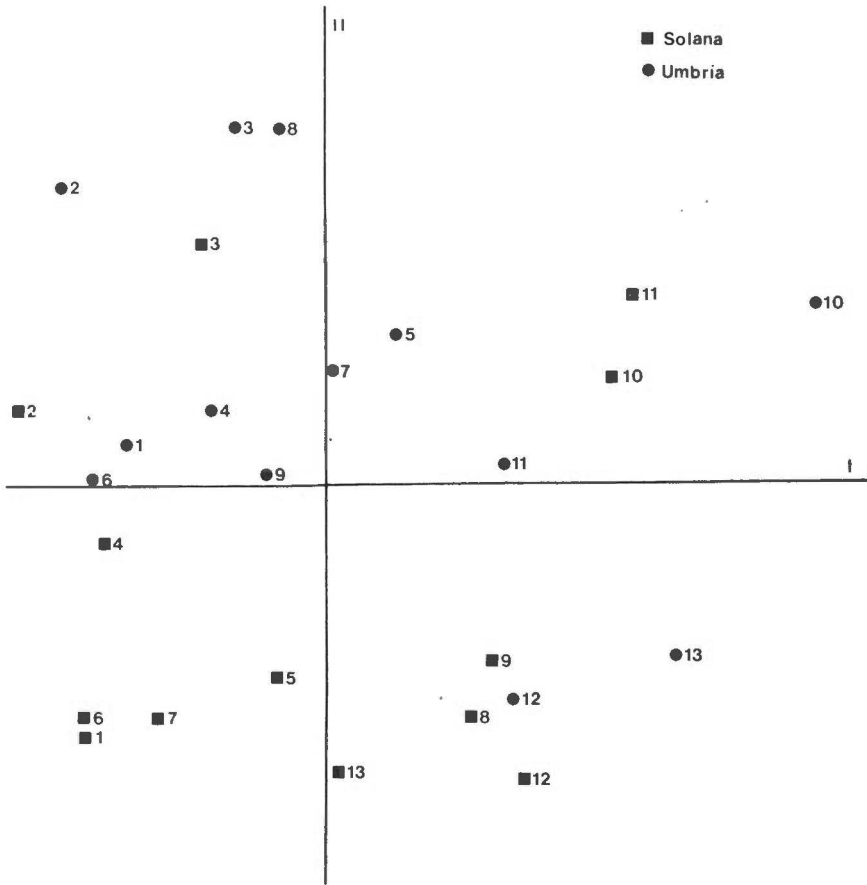


FIG.3.- Proyección de las muestras de los transectos de solana y umbría sobre el plano definido por los ejes I y II de Análisis de Componentes Principales. Las muestras de partes bajas se sitúan en la zona positiva del eje I (mayor grado de eutrofia). Las muestras de zonas altas se ordenan de menos a más orgánicas desde el extremo negativo del eje II (solana alta) hasta el extremo positivo (umbría alta).

lo que implica escasa producción y aporte de materia orgánica al suelo y su mineralización más rápida en suelos de temperatura más elevada.

Las tendencias descritas oponen tipos de suelo definidos que se describen a partir de los perfiles tomados en los transectos. Ordenándolos en una catena, se encuentran en primer lugar suelos minerales brutos (Entisols). El perfil 1 correspondió a este tipo: litosol ácido sobre materiales metamórficos (Leptic-lithic-xerorthent) de perfil (A) R, con el horizonte (A) de muy poco espesor (menos de 10 cm.), constituido por roca muy fragmentada, con escaso humus, descansando directamente sobre la roca dura, sin alterar o con agrietamiento más o menos profundo. No presenta horizontes de diagnóstico identificables

PERFIL N.º 1

Tipo de suelo: Leptic lithic xerorthent.

Situación: Arroyo del Chacho. Umbría.

Altitud: 426 m.

Posición fisiográfica: Zona alta de ladera.

Forma del terreno circundante: Laderas abruptas.

Pendiente: Clase 4: moderadamente escarpado.

Vegetación: Pinar de repoblación (*P. pinaster*) con matorral denso de jara. (*Cistus ladanifer*).

Material de partida: Pizarra.

Drenaje: Clase 3: moderadamente bien drenado.

Humedad del suelo: Seco.

Permeabilidad: Clase 3: rápida.

Pedregosidad: Clase 3: muy pedregoso.

Afloramientos rocosos: Clase 4: extremadamente rocoso.

Erosión: Hídrica: fuerte.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

A	0-8 cm	Pardo 7,5YR 4/4 (s) y pardo oscuro 7,5YR 3/2 (h). Estructura migajosa, débilmente desarrollada; friable en húmedo y suelto en seco. Poros abundantes de todos los tamaños. Raíces abundantes medias y gruesas. Buena actividad biológica. Límite neto, quebrado. Muchas piedras de tamaño pequeño y medio.
---	--------	--

y el contacto lítico está muy próximo a la superficie. Este tipo de perfil aparece en zonas altas y medias de las solanas y algunas partes altas de umbría, donde predomina la erosión.

Los interfluvios son litosoles R por decapitación con máquinas para abrir cortafuegos.

A continuación, en zonas bajas de solana y zonas medias y bajas de umbría, se encuentran suelos de perfil poco evolucionado que suponen un mayor desarrollo, pertenecientes también al orden Entisols. De este tipo es el perfil 2. Perfil AC, con materia orgánica en cantidades apreciables en los 15 primeros centímetros, en parte, bien humificada. Se trata de xerorankers (Lithic-xerorthent), donde el horizonte A presenta un espesor de unos 15 cm. con abundantes trozos de roca alterada de pequeño tamaño, medianamente enraizado y con buena actividad biológica.

En las zonas bajas, donde se favorece la acumulación, con humedad suficiente para una mayor actividad biológica, pueden existir Typic-xerorthent (Perfil 3) o Dystric-xerorthent, según que el grado de saturación que alcancen sea mayor o menor del 60%. Materia orgánica abundante en los 25 primeros centímetros, bien humificada y elevada actividad biológica.

PERFIL N.º 2

Tipo de suelo: Lithic xerorthent

Situación: Cabecera del Arroyo de las Astillas. Solana.

Altitud: 340 m.

Posición fisiográfica: Zona baja de ladera.

Forma del terreno circundante: Valle.

Pendiente: Clase 5: escarpado.

Vegetación: Repoblación de *P. pinaster* con matorral de jaras en el sotobosque. (*Cistus ladanifer*).

Material de partida: Coluvión de pizarras.

Drenaje: Clase 3: moderadamente bien drenado.

Humedad del suelo: uniformemente húmedo.

Permeabilidad: Clase 3: rápida.

Pedregosidad: Clase 4: excesivamente pedregoso.

Afloramientos rocosos: Clase 2: rocoso.

Erosión: Hídrica: moderada.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

A	0-15 cm.	Pardo rojizo 5YR 3/2 (s) y (h). Estructura poliédrica, subangular, fina, debilmente desarrollada; muy friable en húmedo y suelto en seco. Abundantes poros finos, medios y gruesos. Raíces poco abundantes, medias. Actividad biológica buena. Límite claro, irregular. Abundantes piedras pequeñas y medianas.
AC	+ 15 cm.	Pardo fuerte 7,5 YR 5/6 (s) y rojo amarillento 5 YR 5/6 (h). Estructura poliédrica, subangular, media, moderadamente desarrollada; firme en húmedo y duro en seco. Abundantes poros gruesos en los que se aprecia emigración de materia orgánica del horizonte superior. Abundantes raíces medias y actividad biológica buena. Límite abrupto, quebrado. Abundantes piedras pequeñas y medianas.

PERFIL N.º 3

Tipo de suelo: Typic xerorthent.

Situación: Zona media del Arroyo de las Astillas. Umbría.

Altitud: 280 m.

Posición fisiográfica: Zona baja de ladera.

Forma del terreno circundante: Valle de fuerte pendiente.

Pendiente: Clase 5: escarpado.

Vegetación: Bosque mixto de *Quercus* (*Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. rotundifolia*) con matorral conservado.

Material de partida: Coluvión de pizarras.

Drenaje: Clase 4: bien drenado.

Humedad del suelo: Uniformemente húmedo.

Permeabilidad: Clase 3: rápida.

Pedregosidad: Clase 4: excesivamente pedregoso.

Afloramientos rocosos: Clase 4: extremadamente rocoso.

Erosión: Hídrica: moderada.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

A ₀	0-5 cm.	Gris rojizo 5 YR 4/2 (s) y pardo rojizo 5YR 3/4 (h). Estructura migajosa, fina, débil; suelto en húmedo. Poros muy abundantes. Muy buena actividad biológica y abundantes raíces. Abundante hojarasca sin descomponer. Límite claro, suave.
A	5-25 cm.	Pardo rojizo 5YR 3/4 (s) y (h). Estructura migajosa, media, moderada. Muy friable en húmedo. Abundante porosidad. Muy abundantes raíces, medianas; actividad biológica buena. Límite claro, irregular.
AC	+ 25 cm.	Pardo rojizo 5YR 5/4 (s) y (h). Estructura poliédrica, subangular, moderada. Firme en húmedo. Poros medianos, poco abundantes. Raíces abundantes medianas. Actividad biológica media. Muchas piedras de tamaño mediano a grande.

DISCUSION

En las laderas de la cuenca, la pendiente es pronunciada, estrechamente relacionada con el material original, su esquistosidad y buzamiento, lo cual condiciona un proceso de erosión-acumulación intenso.

Al comparar la pendiente en los transectos de solana y umbría (test de Wilcoxon: $Z = 11, 22$) las diferencias son significativas ($p \leq 0,001$), siendo la pendiente media mayor en solana. Esto debe estar en relación con el ángulo de buzamiento de los esquistos, que es muy elevado (80°) y origina pendientes especialmente enérgicas en la ladera sur, opuesta al sentido del buzamiento.

Estas diferencias afectan a los procesos modeladores en ambas laderas y se reflejan en la profundidad del suelo, menos de 10 cm. en partes altas y mas de 50 cm. en partes bajas. El mismo test de comparación aplicado a la profundidad de suelo en ambos transectos ($Z=9,50$), arroja diferencias significativas ($P \leq 0,001$) con valores más elevados en umbría. En ésta, la vegetación, que es más densa y de mayor porte, atenúa la erosión al disminuir la energía de las gotas de lluvia y ayuda a la retención del suelo mediante la raíces frenando la remoción masiva. Al mismo tiempo, aporta más cantidad de hojarasca que, al estar en microclima más húmedo, tiende a mineralizarse más lentamente, incorporándose en mayor cantidad al suelo y mejorando su estructura.

La estructura vectorial del matorral en las laderas (vertical) se mantiene sin que le afecte la estructura vectorial (horizontal) impuesta por

las variaciones morfológicas de la cuenca entre la cabecera y el final del Arroyo Astillas. (BASANTA ALVES, 1982).

Los tipos de vegetación se imbrican en una secuencia de progresiva complejidad: solana alta-umbría alta-solana baja-umbría baja.

El número medio de especies por parcela y la altura media del matorral crecen en el mismo orden que este gradiente global descrito, lo que indica que, además del cambio de composición, tiene lugar una complicación progresiva de la estructura. Asimismo, los niveles de significación de las diferencias entre las distintas zonas, tanto para el número de especies como para la altura, se incrementan siguiendo el gradiente.

Para considerar las variaciones microclimáticas solana-umbría, se calculó con las Tablas de FRANK y LEE (1966) la insolación potencial, que sería de $312,5 \times 10^3$ Langleys/año en solana y de $139,6 \times 10^3$ Langleys/año en umbría. De modo que la solana recibe más del doble de radiación que la umbría.

Para obtener una imagen más clara de la estructura de la vegetación en relación al medio físico, se pueden correlacionar los ejes obtenidos mediante ordenación de los datos florísticos con los factores del medio físico o sus coordenadas tras una ordenación de los parámetros abióticos (AUSTIN, 1968; GARCIA NOVO y otros, 1969; BARKAN Y NORRIS, 1970; GARCIA NOVO Y WISHART, 1972). Este procedimiento aplica una correlación lineal a relaciones no lineales (DIAZ PINEDA y otros, 1979). Y, aunque el problema se atenúa cuando se trata de gradientes muy contrastados, como en este caso, el método es cuestionable. Alternativamente, el Análisis de Correlación Canónica (AUSTIN, 1968; PIELOU, 1969; GOLDSTEIN y GRIGAL, 1972; RUIZ y otros, 1981) calcula las máximas correlaciones entre dos grupos de variables, teniendo en cuenta las interrelaciones de todas ellas. Aplicado a la vegetación y medio físico permite revelar la estructura conjunta. Se han calculado las correlaciones canónicas entre los tres primeros ejes del Análisis de Correspondencias realizado sobre los datos de vegetación de los dos transectos y las variables edáficas: pH en agua, m. orgánica, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ e H^+ de cambio, grado de saturación, arena, limo grueso, limo fino y arcilla.

Para este análisis, el valor de la primera correlación es 0,93 ($p \leq 0,001$). Las dos siguientes correlaciones no son significativas (a nivel $p = 0,05$). En la primera, los coeficientes de mayor importancia al comparar los dos grupos de variables son:

Primer grupo		Segundo grupo	
Coef.	Variable	Coef.	Variable
0,86	Eje I	0,91	pH
		0,84	V
		0,73	H^+
		0,62	Mg^{+2}
		0,60	Ca^{+2}

Solamente el eje I del análisis florístico presenta un coeficiente alto. Las especies que caracterizan sus extremos de variación son:

Extremo negativo

E. umbellata
H. ocymoides
C. tridentatum
P. pinaster

Extremo positivo

P. lentiscus
Q. rotundifolia
Q. faginea
R. alaternus
D. gnidium
S. aspera

Las variables edáficas que mejor explican la variación de la vegetación son el pH y el grado de saturación (que puede considerarse como una variable resumen del grado de eutrofia) y a las que se opone el H^+ de cambio.

La ordenación florística expresada por el eje I: brezales de pequeño porte, de exigencias mínimas y escasa diversidad, frente a matorral de gran talla, denso y diverso, pone de manifiesto un gradiente que va desde zonas altas, soleadas, secas, erosionadas, a zonas bajas, húmedas, fértiles, lo cual se corresponde bien con la oposición de suelos ácidos pobres (predominio del lavado) frente a zonas ricas en nutrientes (acumulación). Entre ambos extremos existe un tipo intermedio, donde el lavado es menos intenso y los suelos aparecen menos desaturados, asociado a zonas medias con un matorral de talla y diversidad media. Así pues, la covariación detectada por la primera correlación canónica es un gradiente que podría expresarse como oligotrofia-eutrofia, también exportación-acumulación, y del cual la vegetación ofrece una expresión integrada. El análisis de correlación canónica refuerza los resultados obtenidos independientemente en vegetación y suelos, proporcionando una visión conjunta de los mismos.

La estructura del matorral de la cuenca del Arroyo Astillas sigue una pauta vectorial que corresponde a la máxima pendiente de laderas. El vector está asociado a un gradiente complejo de factores geomorfológicos y edáficos, que responden al gradiente erosión-acumulación de ladera, ligeramente modificados por una componente microclimática debida a la orientación.

En la Tabla III se presentan los valores medios y rangos de las principales variables de la matriz ambiental y las características más destacadas de los tipos de matorral detectados en la cuenca.

Por otra parte, el matorral contribuye a crear y mantener este gradiente complejo, al participar activamente en la trama de interacciones clima-topografía-edafoogénesis-vegetación. Crea un microclima que dificulta la evaporación del suelo; frena los procesos erosivos, reteniendo materiales transportados por la remoción en masa; aporta abundante materia orgánica al suelo que facilita el reciclado de elementos biogénicos en las capas superficiales del perfil, etc.

TABLA III

Características del medio físico y el matorral en Zonas conservadas

Zona de ladera	Orientación	Pendiente (°) (x =)	Insolac. (KLy/año)	Prof. Suelo (cm) (x =)	pH (x =)	Grado de satur. (%) (x =)	Tipo de suelo	Factores predominantes	N.º de especies por parcela (x =)	Altura (m) (x =)	Especies
Alta	ESE a WSW	10-32 (x = 18)	277-307	4-16 (x = 9)	4,7-5,2 (x = 5,0)	12-27 (x = 19)	Leptic-Lithic-Xerorthent	Insolación Déficit hídrico estival Perfil no desarrollado Pobreza de nutrientes	3-10 (x = 6)	0,5-1,5 (x = 1,4)	<i>E. umbellata</i> <i>H. ocyroides</i> <i>C. tridentatum</i>
Media	ESE a WSW	15-47 (x = 36)	276-314	4-28 (x = 15)	5,0-5,9 (x = 5,5)	22-40 (x = 32)	Lithic-Xerorthent Dystric-Dystric-Xerorthent		4-12 (x = 7)	1,5-2,5	<i>E. australis</i> <i>C. ladanifer</i> <i>P. angustifolia</i> <i>G. hirsuta</i> <i>L. stoechas</i>
Baja	ESE a WSW	17-50 (x = 34)	277-314	10-70 (x = 39)	5,8-6,3 (x = 6,1)	31-62 (x = 51)	Typic-Xerorthent	Humedad estival Suelo profundo eutrofia	8-24 (x = 12)	2,0-3,5 (x = 2,3)	<i>A. unedo</i> , <i>P. lentiscus</i> <i>E. arborea</i> , <i>L. viridis</i> <i>R. alaternus</i> , <i>V. tinus</i> <i>C. striatus</i> , <i>L. implexa</i> <i>C. salvifolius</i> , etc.
Alta	WNW a ENE	17-35 (x = 24)	122-160	10-17 (x = 13)	4,8-5,1 (x = 5,0)	13-28 (x = 20)	Lithic-Xerorthent	Suelo superficial Oligotrofia	6-19 (x = 10)	1,5-2,5 (x = 2,2)	<i>E. australis</i> <i>C. ladanifer</i> <i>L. stoechas</i> <i>C. populifolius</i>
Media	WNW a ENE	20-37 (x = 29)	136-213	8-43 (x = 24)	4,8-5,5 (x = 5,3)	19-44 (x = 31)	Dystric-Xerorthent		7-16 (x = 12)	2,0-3,5	<i>E. australis</i> <i>C. ladanifer</i> <i>C. striatus</i> <i>A. complicatus</i> <i>P. angustifolia</i> , etc.
Baja	WNW a ENE	28-47 (x = 32)	129-209	16-63 (x = 35)	5,3-6,5 (x = 6,1)	34-65 (x = 53)	Typic-Xerorthent	Humedad estival Fertilidad Suelo profundo	10-21 (x = 14)	2,4-4,5 (x = 2,6)	<i>E. arborea</i> , <i>L. viridis</i> <i>A. unedo</i> , <i>P. lentiscus</i> <i>R. alaternus</i> , <i>V. tinus</i> <i>P. latifolia</i> , <i>L. implexa</i> <i>Q. faginea</i> , <i>S. aspera</i> <i>P. terebinthus</i> , etc.

A su vez la persistencia de estas comunidades depende del mantenimiento de estas relaciones, ya que variaciones en el medio físico pueden implicar su transformación o reemplazamiento.

Asimismo la nítida pauta vectorial detectada depende de una vigorosa intervención humana, relativamente antigua (35 años). Esta inició una sucesión secundaria sobre laderas de fuerte pendiente y en presencia de dos factores limitativos: sequía estival y sustrato pobre. La intensidad del proceso sucesional fué distinta para las zonas bajas que permiten una productividad primaria mayor y posibilitan el alcanzar en menor tiempo etapas más maduras.

Así, los tipos de matorral descritos representan etapas serales que se ordenan de acuerdo con las posibilidades que el medio ofrece para obtener y canalizar energía y nutrientes hacia procesos de autoorganización, esto es, hacia sucesión, que de esta manera contribuye a reforzar la ordenación vectorial sobre laderas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al ICONA las facilidades proporcionadas para la realización de este trabajo, especialmente a D. Manuel Díaz Pichardo y a D. Manuel Rebollo, así como a los guardias del Coto por su colaboración. A la Dra. Tarsy Carballas y a D. José Salmonte su apoyo para la realización de los análisis de suelos. Al Dr. Fernando Sancho Royo la revisión crítica del trabajo y a Rosa Cintas, Pilar Martín de Agar y Ana Furest su colaboración en la realización de los muestreos.

RESUMEN

Se describe la composición y estructura del matorral mediterráneo, desarrollado por sucesión secundaria, en las estribaciones meridionales de Sierra Morena y sus relaciones con los principales factores del medio físico.

El área presenta sustrato homogéneo de pizarras y esquistos devónicos, con fuerte relieve de erosión y clima mediterráneo subhúmedo con tendencia atlántica: Temperatura media anual, 17 °C; precipitación anual, 869 mm.

En una cuenca no intervenida desde 1946, se realizaron dos transectos de orientación opuesta, con 38 parcelas de 5 x 5 m. cada uno, en las que se tomaron datos de presencia-ausencia de la vegetación así como muestras de suelo cada 15 m., analizando pH en agua y ClK, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺ e H⁺ de cambio, materia orgánica y granulometría. También se describieron los perfiles-tipo que se encuentran en la zona.

El Análisis de Correspondencias de los datos de vegetación detecta la estructura vectorial del matorral en las laderas. Se discriminan tres tipos básicos de matorral cuya complejidad, porte y grado de madurez aumentan siguiendo la secuencia solana alta-umbría alta-solana baja-umbría baja, pasando de un brezal de *Erica umbellata* y *Halimium ocymoides* a un jaral de *Erica australis* y *Cistus ladanifer* y finalmente a un matorral "noble" de *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Viburnum tinus*, *Rhamnus alaternus*, etc.

El Análisis de Componentes Principales de los datos de suelo detecta en el eje I una tendencia de variación oligotrofia-eutrofia, y en el eje II una tendencia mineral-orgánica. Las muestras de partes bajas de ambas laderas se asocian a las va-

riables determinantes de mayor grado de eutrofia; las de partes altas de solana se asocian a suelos con predominio de la fracción mineral y los de umbría alta a un cierto predominio de la materia orgánica.

Las tendencias de variación detectadas en la vegetación y el suelo de las laderas se relacionaron mediante Análisis de Correlación Canónica, que revela que la estructura del matorral responde a un gradiente ambiental complejo, donde interviene el grado de desarrollo del perfil edáfico y la disponibilidad de nutrientes, relacionados con la posición topográfica, y la disponibilidad hídrica, dependiente de la orientación.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLUE ANDRADE, J.L. (1966). *Subregiones fitoclimáticas de España*. I.F.I.E. Ministerio de Agricultura, Madrid.
2. AUSTIN, M.P. (1968). An ordination study of a chalk grassland community. *J. Ecol.* 56 (3), 739-758.
3. BARKHAM, J.P. y NORRIS, J.M. (1970). Multivariate procedures in an investigation of vegetation and soil relations of two beech woodlands. Costwold Hills, England. *Ecology* 51 (4), 630-639.
4. BASANTA ALVES, A. (1982). Vegetación seral en Sierra Morena. Estudio ecológico de las respuestas del matorral a distintas intervenciones humanas en el Coto Nacional "La Pata del Caballo" (Huelva). *Tesis Doctoral*. Universidad de Sevilla.
5. BASANTA ALVES, A. y SANCHO ROYO, F. (1980). Respuestas de la vegetación leñosa de Sierra Morena a distintos tipos de manejo. *Actas del Coloquio Hispano-Francés sobre Areas de Montaña*. Madrid. pp 143-154.
6. BASANTA ALVES, A. y SANCHO ROYO, F. (1983). Comunidades vegetales y recursos cinéticos en el Coto Nacional "La Pata del Caballo". Sierra Morena. Huelva. *Actas XV Congreso Internacional Fauna Cinegética y Silvestre*. pp. 479-94.
7. BENZECRI, J.P. (1973). *L'analyse des données. II. L'analyse des correspondances*. Dunod. Paris. 619 pp.
8. DIAZ PINEDA, F.; GONZALEZ BERNALDEZ, F. y NICOLAS, J.P. (1979). Descripción automática de la vegetación. III. Clasificación y ordenación simultáneas de datos cualitativos. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 38, 2207-2224.
9. FRANK, E.C. y LEE, R. (1966). Potencial solar bean irradiation on slopes. Tables for 30.° to 50.° latitude. *U.S. For. Serv. Res. Pap.* RM-18.
10. GARCIA NOVO, F.; GONZALEZ BERNALDEZ, F. y GIL CRIADO, A. (1969). Essai d'analyse automatique de la végétation et des facteurs du milieu (Exemple de la végétation des pâturages oligotrophes de "Rodas Viejas" (Salamanca). *V Simposio de Flora Europea*. Serv. Publ. Univ. Sevilla. 19, 91-106.
11. GARCIA NOVO, F. y WISHART, D. (1972). Estudio conjunto de la vegetación y los factores edáficos en un pastizal de Rodas Viejas (Salamanca), empleando varios métodos de ordenación y clasificación. *Inv. Pesq.* 36 (1), 145-162.
12. GAUCH, H.G.; WHITTAKER, R.H. y SINGER, J.B. (1981). A comparative study of non-metric ordinations. *J. Ecol.* 69 (1), 135-152.
13. GOLDSTEIN, R.A. y GRIGAL, D.F. (1972). Definition of vegetation structure by canonical analysis. *J. Ecol.* 60, 277-284.
14. GONZALEZ BERNALDEZ, F. y otros (1976). *Estudios ecológicos en Sierra Morena*. Monografía n.º 8. ICONA. Ministerio de Agricultura. Madrid. 80 pp.
15. GUITIAN, F. y CARBALLAS, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Pico Sacro. Santiago de Compostela. 288 pp.
16. HARMAN, H. H. (1967) *Modern factor analysis*. Univ. Chicago Press.
17. HILL, M.O. (1973). Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61 (1), 237-250.
18. I.G.M.E. (1978). *Mapa geológico de España*. Escala 1:50.000. Aznalcollar. Ministerio de Industria, Madrid.

19. LUIS CALABUIG, E. y MONTSERRAT, P. (1979). Mapa fitoclimático de la provincia de Salamanca. En: *Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina. I. Estudio fisiográfico-descriptivo*. Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. Centro Pirenaico de Biología Experimental, Jaca, 157-181.
20. PIELOU, E.C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley Interscience. Nueva York. 286 pp.
21. RIVAS GODAY, S. (1964). *Vegetación y flórmula de la cuenca extremeña del Guadiana*. Publ. Excm. Diputación Provincial de Badajoz, 778 pp.
22. RIVAS MARTINEZ, S. (1974). La vegetación de la clase *Quercetea ilicis* en España y Portugal. *Anal. Inst. Bot. A.J. Cabanilles* 31 (2), 205-259.
23. RIVAS MARTINEZ, S. (1980). Brezales y jarales de Europa Occidental. (Revisión fitosociológica de la clase *Calluno-Ulmetea* y *Cisto-Lavanduletea*). *Lazaroa*, 1, 5-128.
24. RUIZ, M.; PECO, B.; LEVASSOR, C.; PARA, F. y POU, A. (1981). Estructura de pastizales del área basal de Guadarrama (Sistema Central) y su relación con factores abióticos. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 15, 91-110.

Recibido para publicación: 1-IX-83.

ESTUDIO DE LA MINERALIZACION DE LA PAJA DE TRIGO POR DIVERSAS ESPECIES FUNGICAS.

Por

G. ALMENDROS*, A. T. MARTINEZ**, A. E. GONZALEZ***,
A. POLO* y E. DORADO*

SUMMARY

STUDY OF WHEAT STRAW MINERALIZATION BY SEVERAL FUNGAL SPECIES

An experience of different fungal species growing on sterile wheat straw has been carried on during a 2-months period of aerobic incubation under controlled temperature and moisture conditions.

The mineralization curves obtained were satisfactory, and differences were recognized among the different samples, even when variation analytical and organoleptic properties of the incubated straw were little and un conspicuous.

All samples showed 3 fairly well defined periods (0-20 days, 20-45 days and 45-65 days) during the CO₂ release. Fifty percent of total CO₂ was released by *Penicillium implicatum* and *Aspergillus fumigatus* during the first period whereas the highest activity at the end of the experience was shown by *Thermomyces lanuginosus*.

Both mesophilic and thermophilic fungi showed a similar CO₂ production patterns, but in the latter case the release tends to be more evenly distributed. The higher values of released CO₂ were observed in *Chaetomium globosum*, *Coprinus*, sp and *Trichoderma pseudokoningii*. Nevertheless, straw browning is observed mainly with *Ulocladium atrum*.

INTRODUCCION

La descomposición natural de la paja es un fenómeno complejo en el que participan poblaciones sucesivas de bacterias y especialmente de hongos, y en el que las especies termófilas desempeñan un importante papel (Cooney and Emerson, 1964; Lacey, 1979). Según el esquema propuesto por Chang y Hudson (1967), se desarrollan tres grupos sucesivos de hongos, representados, principalmente, por las siguientes especies: *A. Rhizomucor pusillus* (Lindt) Schipper, *Absidia corymbifera* (Cohn) Sacc. et Trotter y *Aspergillus fumigatus* Fres.; *B. Thermomyces lanuginosus* Tsiklinsky, *Humicola insolens* Cooney et Emerson, *Malbranchea sulphurea* (Miehe) Singler et Carmichael, *Chaetomium thermophi-*

* Instituto de Edafología y Biología Vegetal (C.S.I.C.). Serrano 115 dpdo. Madrid-6.

** Instituto "Jaime Ferrán" de Microbiología (C.S.I.C.). Joaquín Costa, 32. Madrid-6.

*** Instituto de Microbiología. Universidad Austral. Casilla 365, 567. Valdivia (Chile).

llum La Touche y *Talaromyces emersonii* Stolk; y *C. Myceliophthora thermophila* (Apinis) v. Oorschot, *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc., *Doratomyces stemonitis* (Pers.) Morton et G.S. Smith y varias especies de *Coprinus* (Pers.: Fr.) Gray.

Los procesos naturales de descomposición de la paja son relativamente lentos, pero se ven considerablemente acelerados por la adición de una fuente de N, y por el aporte de estiércoles, especialmente de caballo, que constituyen un inóculo microbiano complejo e idóneo.

Muchas de las especies de hongos antes citadas, responsables de la descomposición natural de la paja, han sido estudiadas en cultivo puro en relación con su capacidad para degradar los principales componentes de la paja de trigo y producir sustancias húmicas (Chang, 1967; Chang and Hudson, 1967; Jain *et al.*, 1979; Kapoor *et al.*, 1978, 1982; Mishra *et al.*, 1979; Sharp and Mills, 1973). Sin embargo, dada la gran complejidad del proceso natural de degradación, las experiencias de descomposición y transformación de la paja estéril por cultivos puros de hongos muestran procesos de descomposición, mineralización y humificación mucho más lentos y limitados que los correspondientes a poblaciones naturales.

En el presente trabajo se ha planteado el estudio del desprendimiento de CO₂ durante la mineralización de paja de trigo por algunas de las especies fúngicas que participan en los procesos naturales de descomposición de materiales vegetales.

MATERIAL Y METODOS

Selección de los hongos

Con objeto de seleccionar un cierto número de cepas con fuerte capacidad celulolítica para inocularlas sobre paja, se realizó un primer estudio con 140 cepas de hongos, utilizando un medio de cultivo sólido con celulosa en polvo como única fuente de carbono (Martínez *et al.* 1980). Todas las cepas ensayadas poseían mayor o menor capacidad celulolítica y, en su mayor parte, habían sido aisladas por los autores a partir de sustratos lignocelulósicos y conservadas en nuestra colección (IJFM): 61 procedían de *förna* de hayedo (Martínez *et al.*, 1980), 47 de madera en descomposición (González, 1980; Zadrazil *et al.*, 1982), 9 de serrín en descomposición y 3 de compost de paja. También se estudiaron 20 cepas obtenidas del Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, Países Bajos (CBS), de orígenes diferentes (compost, materiales celulósicos, excrementos, madera y suelo) y pertenecientes a especies capaces de descomponer la paja produciendo sustancias húmicas.

Las cepas ensayadas pertenecían a los siguientes 28 géneros: 51 cepas de *Trichoderma* Pers.: Fr.; 22 cepas de *Penicillium* Link; 18 cepas de *Gliocladium* Corda, 4 cepas de *Botryotrichum* Sacc. et March. y de *Paecilomyces* Bain.; 3 cepas de *Coprinus*; 2 cepas de *Acrophialo-*

phora Edward, *Aspergillus* Mich.: Fr., *Chaetomium* Kunze: Fr., *Drechslera* Ito, *Geomyces* Traaen, *Humicola* Traaen, *Mortierella* Coemans, *Mucor* Mich.: Fr., *Scopulariopsis* Bain., *Talaromyces* C.R. Benjamin, *Thermomyces* Tsiklinsky y *Verticillium* Nees y una cepa de *Acremonium* Link: Fr., *Alternaria* Nees: Fr., *Candida* Berkhout, *Cladosporium* Link: Fr, *Oidiodendron* Robak, *Peziza* Dill. ex L., *Phoma* Sacc., *Sesquicillium* W. Gams, *Trichurus* Clem. et Shear y *Ulocladium* Preuss; mientras que tres resultaron estériles.

Las placas del medio con celulosa se incubaron durante 15 días, seleccionándose las cepas con mayor capacidad de degradación de la celulosa, dando al medio aspecto translúcido.

Mineralización del C de la paja

Las muestras fueron incubadas en un aparato que permite trabajar en condiciones controladas de humedad y temperatura. Se utilizaron erlenmeyers de 500 cc. conteniendo 40 g. de paja previamente esterilizada dos días sucesivos a 120.° C durante 15 min., junto con 100 ml. de la siguiente solución: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1,4 g; KH_2PO_4 , 2,0 g; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 0,3 g; CaCl_2 , 0,3 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,3 g; $\text{Fe SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,005 g; $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0,0016 g; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,0014 g; CoCl_2 0,002 g; peptona, 0,75 g; Tween 80, 0,5 g; agua 1000 ml; pH 5,6 y esterilizados 20 min. a 120 °C (Mandels and Sternberg, 1976).

Se sembraron tres erlenmeyers de cada cepa utilizando para cada uno de ellos 5 ml de una suspensión de esporas (o de micelio-esporas, en los géneros que no esporulaban activamente en cultivo) obtenida a partir de un tubo de agar-extracto de malta, incubado durante una semana a 27 °C, al que se añadía Tween-80 0,01% en agua estéril en dos veces sucesivas. Se colocaron dos erlenmeyers con paja y solución nutritiva estériles (testigo), al que se refirieron los resultados de desprendimiento diario de CO_2 . Los matraces se encontraban introducidos en baños a 27 °C (mesófilos) y 45 °C (termófilos). La atmósfera de los recipientes era renovada periódicamente mediante una corriente de aire húmedo, estéril y a la temperatura de incubación. El CO_2 desprendido se hacía burbujear a través de matraces de 100 cc. conteniendo 50 ml de una solución de NaOH 0,5 N. Una vez retirados los matraces del aparato, se añadían 3 cc. de BaCl_2 20% valorándose con HCl 0,25 N en presencia de timoftaleína. Otros detalles sobre el dispositivo de incubación utilizado fueron descritos en una publicación anterior (Polo *et al.*, 1983).

La determinación del contenido en C de la paja se realizó con un analizador de C "Carmhograph 8", y el de N mediante el procedimiento de Kjeldahl, valorando el NH_4^+ en un analizador Technicon.

RESULTADOS Y DISCUSION

En función de los resultados de degradación de la celulosa en polvo fueron escogidas nueve cepas mesófilas, con fuerte capacidad celolítica, aisladas de compost: *A. fumigatus*, IJFM 7292, y *Chaeto-*

mium globosum Kunze: Fr., CBS 160.62; *förna* de hayedo: *Penicillium implicatum* Biourge, IJFM 7540, *Penicillium stoloniferum* Thom, IJFM 7337, *Penicillium verrucosum* Dierckx, IJFM 7537, *Trichoderma pseudokoningii* Rifai, IJFM 7497, y *Ulocladium atrum* Preuss., IJFM 7339; serrín: *Coprinus* sp (*Sectio Setulosi*), IJFM 7352; y suelo: *Acrophialophora fusispora* (S.B. Saksena) Samson, CBS 138.69. Se incluyeron también tres cepas termófilas aisladas de compost: *H. insolens*, CBS 147.64, *T. emersonii*, CBS 393.64 y *T. lanuginosus*, CBS 224.63, ya que aunque las dos últimas especies no degradan la celulosa en polvo, se ha comprobado (Chang, 1967; Domsch *et al.*, 1980; Jain *et al.*, 1979; Mishra *et al.*, 1981), que atacan la celulosa y hemicelulosa de la paja produciendo sustancias húmicas. Las cepas de *Geomyces pannorum* (Link) Sigler *et* Carmichael no fueron capaces de crecer a 27 °C, aunque a temperaturas por debajo de 25 °C mostraron fuerte actividad celulolítica.

En las Figs. 1 y 2 se indican los miligramos de CO₂ desprendidos diariamente por las distintas especies de hongos. Los valores representados corresponden a la media de las tres determinaciones, que resultaron ser satisfactoriamente reproducibles. Excepcionalmente, y cuando uno de los valores resultó muy diferente a los otros dos, la media se obtuvo a partir de los dos datos más similares. Es característico, en casi todas las muestras, el presentar el máximo desprendimiento al final de la primera semana, como correspondería a la mineralización de los compuestos hidrosolubles, más fácilmente degradables. A partir de este momento la producción de CO₂ comienza a disminuir progresivamente hasta el final de las 7 primeras semanas para incrementarse de nuevo, aunque de forma mucho menos notable, en un tercer periodo de descomposición más lenta, generalmente desprovisto de máximos, y en el que se produciría el ataque de las fracciones lignocelulósicas. Por esta razón, y siguiendo un criterio empírico, la producción total de CO₂ se consideró subdividida en tres fases (Tabla I) que finalizan, respectivamente, a los 20, 45 y 65 días de incubación. Todas las especies estudiadas se adaptan con bastante aproximación a este modelo, observándose, en las correspondientes curvas de desprendimiento (Figs. 1 y 2) la aparición de los puntos de inflexión que separan tramos de la curva con distinta pendiente aproximadamente a los 20 y 45 días de incubación.

Excepto *T. lanuginosus*, única especie que todavía presenta notable actividad respiratoria al final de los 45 primeros días, el resto de las especies estudiadas desprenden, durante el tercer periodo, menos del 20% del CO₂ total producido durante la experiencia, por lo que, a efectos prácticos, la incubación durante 6 semanas parece suficiente para obtener conclusiones sobre el mayor o menor desprendimiento de CO₂ por cada especie. *Penicillium implicatum* y *A. fumigatus* desprenden alrededor de la mitad del CO₂ durante la primera fase. Por el contrario, *P. stoloniferum* lo hace en la segunda fase y *T. lanuginosus* supera el 25% durante la tercera.

Los valores globales de desprendimiento de CO₂ a lo largo de la expe-

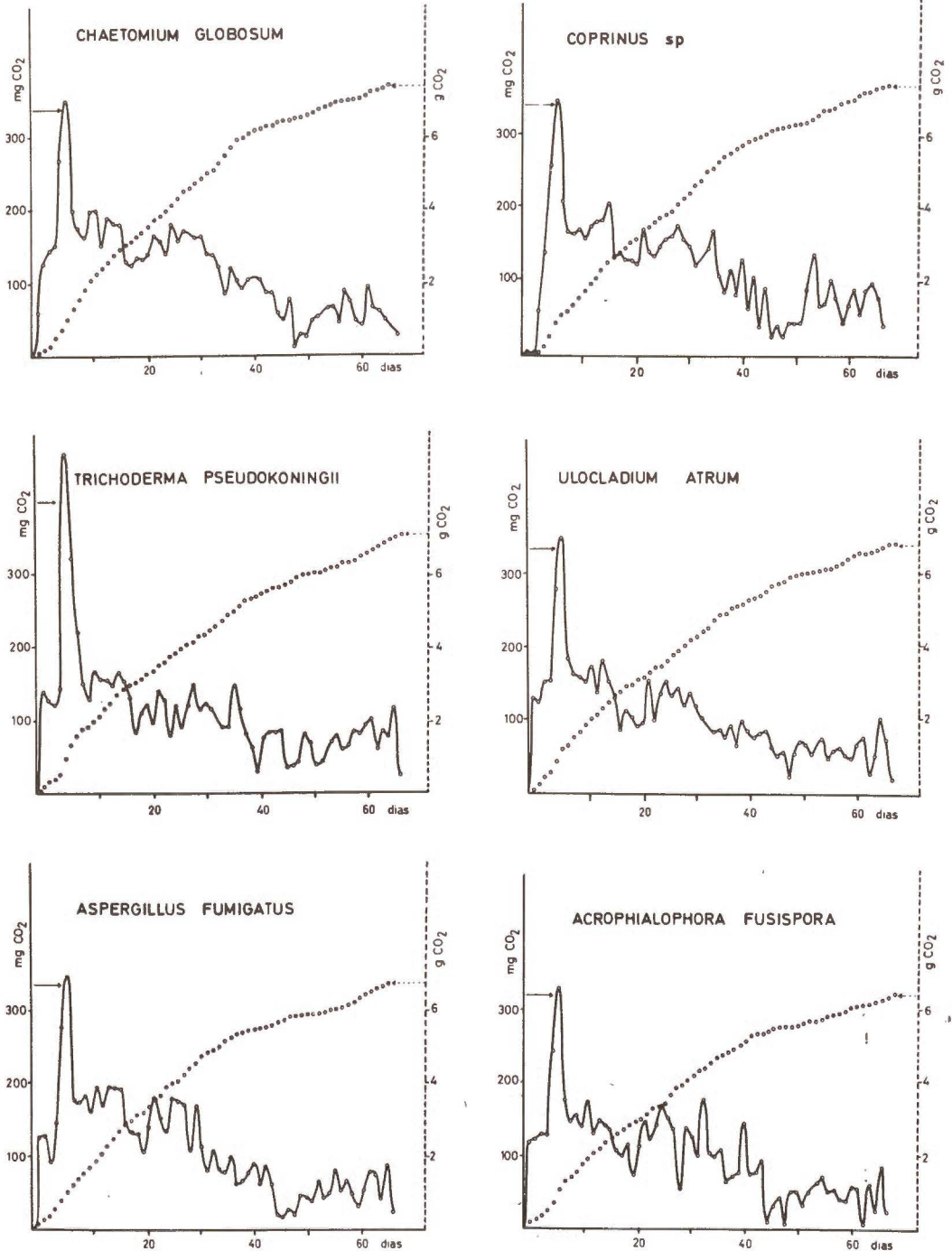


FIG. 1.— Curvas de desprendimiento diario (línea continua) y acumulativo (línea de puntos) de CO₂ correspondientes a :*Chaetomium globosum*, *Coprinus sp.*, *Trichoderma pseudokoningii*, *Ulocladium atrum*, *Aspergillus fumigatus* y *Acrophialophora fusispora*.

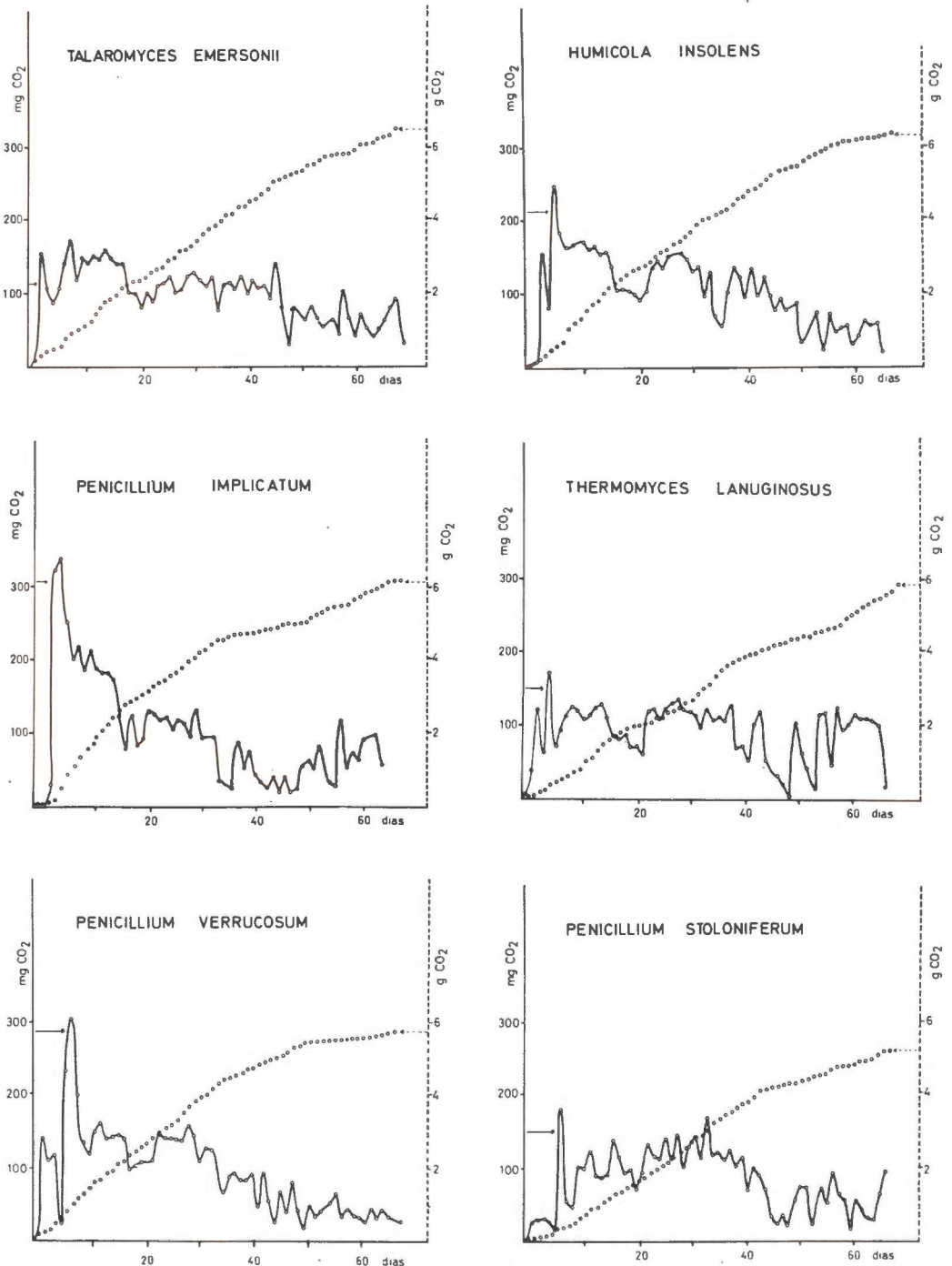


FIG. 2.—Curvas de desprendimiento diario (línea continua) y acumulativo (línea de puntos) de CO₂ correspondientes al *Talaromyces emersonii*, *Humicola insolens*, *Penicillium implicatum*, *Thermomyces lanuginosus*, *Penicillium verrucosum* y *Penicillium stoloniferum*.

TABLE I
 Desprendimiento total de CO₂, porcentajes correspondientes a las tres fases de la incubación y características analíticas generales de la paja incubada con diferentes especies de hongos mesófilos y termófilos (*).

Especie	CO ₂ desprendido				Análisis de la paja incubada			
	Total (mgrs)	% 1. ^a fase	% 2. ^a fase	% 3. ^a fase	% C	% N	C/N	Color**
<i>Acrophialophora fuispora</i>	6354	46,8	39,7	13,5	38,60	0,68	56,8	2.5Y 8/6
<i>Aspergillus fumigatus</i>	6710	48,5	37,2	14,3	36,90	0,64	57,7	2.5Y 8/6
<i>Chaetomium globosum</i>	7414	45,4	40,1	14,5	38,10	0,58	65,7	2.5Y 8/6
<i>Coprinus sp</i>	7370	41,7	41,7	16,6	38,00	0,66	57,7	2.5Y 8/6
<i>Humicola insolens*</i>	6328	43,1	41,5	15,4	39,10	0,60	65,2	2.5Y 8/4
<i>Penicillium implicatum</i>	6168	51,8	30,4	17,8	37,25	0,61	61,1	2.5Y 8/4
<i>Penicillium stoloniferum</i>	5154	31,3	49,8	18,9	38,50	0,58	66,4	2.5Y 8/6
<i>Penicillium verrucosum</i>	5788	44,7	43,1	12,2	38,25	0,59	64,8	2.5Y 8/4
<i>Talaromyces emersonii*</i>	6404	40,5	40,2	19,3	38,25	0,71	53,9	2.5Y 8/6
<i>Thermomyces lanuginosus*</i>	5852	33,7	39,9	26,4	38,25	0,66	57,9	2.5Y 8/6
<i>Trichoderma pseudokoningii</i>	7064	45,8	35,4	18,8	39,25	0,69	56,8	2.5Y 8/6
<i>Ulocladium atrum</i>	6802	46,5	37,7	15,8	38,00	0,75	50,7	2.5Y 7/4
Testigo (sin inocular)	—	—	—	—	41,02	0,70	58,6	2.5Y 8/6

** Munsell (14), Munsell Color Co. Inc. (1954).

riencia son relativamente bajos (Tabla I), y resultan justificados por la elevada relación C/N del sustrato de incubación y la necesidad de una población compleja para la descomposición de la paja. Resultados comparables han sido obtenidos por Wani and Shinde (1977).

La mayor mineralización de carbono se observa en *C. globosum*, *Coprinus sp.* y *T. pseudokoningii* mientras que *P. stoloniferum* y *P. verrucosum* presentan los valores más bajos.

No se observan grandes diferencias en cuanto al desprendimiento global de CO₂ de las especies termófilas respecto a las mesófilas, aunque las primeras se caracterizan por un desprendimiento más lento con valores similares en las dos primeras fases.

Las características de la paja experimentan escasas variaciones tras el crecimiento de los hongos (Tabla I). Solamente *U. atrum* produce, en las condiciones experimentales, una transformación apreciable en el sustrato, que se manifiesta en el cambio de color y en la disminución de la razón C/N.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Prof. C. Ramírez (Inst. "Jaime Ferrán" de Microbiología, C.S.I.C., Madrid) por la identificación de las especies del género *Penicillium*.

RESUMEN

Se ha realizado una experiencia con varias especies fúngicas inoculadas sobre paja de trigo estéril e incubadas durante 65 días en condiciones controladas de humedad y temperatura. Las curvas de mineralización obtenidas permitieron reconocer diferencias entre las distintas especies, incluso cuando las características organolépticas del sustrato incubado no muestran grandes diferencias.

El desprendimiento total de CO₂ puede considerarse subdividido en tres etapas bastante bien definidas que finalizan, respectivamente, a los 20, 45 y 65 días de incubación.

Penicillium implicatum y *Aspergillus fumigatus* desprenden la mitad del CO₂ durante los 20 primeros días, en tanto que *Thermomyces lanuginosus* todavía presenta una elevada actividad durante la fase final de la incubación. Las curvas de desprendimiento de CO₂ por las especies termófilas y mesófilas se adscriben a un modelo similar, si bien estas segundas suelen presentar un primer máximo más acentuado.

Los valores mas elevados de desprendimiento de CO₂ se observan en *Chaetomium globosum*, *Coprinus sp.* y *Trichoderma pseudokoningii*. Sin embargo, el mayor empardecimiento de la paja, coincidiendo con la menor relación C/N corresponde a *Ulocladium atrum*.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CHANG, Y. (1967). The fungi of wheat straw compost. II. Biochemical and physiological studies. Trans. Br. mycol. Soc. 50, 667-677.
- (2) CHANG, Y. and HUDSON, H. J. (1967). The fungi of wheat straw compost. I. Ecological studies. Trans. Br. mycol. Soc. 50, 649-666.
- (3) COONEY, D. G. and EMERSON, R. (1964). Thermophilic fungi. Freeman & Co., S. Francisco.
- (4) DOMSCH, K. H., GAMS, W. and ANDERSON, T. H. (1980). Compendium of soil fungi. Acad. Press, London.
- (5) GONZALEZ, A. E. (1980). Las pudriciones de la madera denominadas "huempe" o "palo podrido" de los bosques del sur de Chile y su etiología. Tesis, Univ. Austral de Chile.
- (6) JAIN, M. K., KAPOOR, K. K. and MISHRA, M. M. (1979). Cellulase activity, degradation of cellulose and lignin, and humus formation by thermophilic fungi. Trans. Br. mycol. Soc. 73, 85-89.
- (7) KAPOOR, K. K., JAIN, M. K., MISHRA, M. M. and SINGH, C. P. (1978). Cellulase activity, degradation of cellulose and lignin and humus formation by cellulolytic fungi. Ann. Microbiol. 129 B, 613-620.
- (8) KAPOOR, K. K., MISHRA, M. M. and YADAV, K. S. (1982). Degradation of lignocellulose by single and mixed cultures of thermophilic cellulolytic fungi. Zbl. Mikrobiol. 137, 91-96.
- (9) LACEY, J. (1979). The microflora of straw and its assessment. En GROSSBARD E. (Ed.). Straw decay and its effect on disposal and utilization. J. Wiley & Sons, Chichester, 56-74.
- (10) MANDELS, M., and STERNBERG, D. (1976). Recent advances in cellulase technology. J. Ferm. Technol. 54, 267-286.
- (11) MARTINEZ, A. T., MONTES, C., TOUTAIN, F. et MANGENOT, F. (1980). Influence de l'épaisseur de la litière et du type de sol sur les processus de biodégradation des feuilles de hêtre. Rev. Ecol. Biol. Sol 17, 307-325.
- (12) MISHRA, M. M., KAPOOR, K. K., JAIN, M. K. and SINGH, C. P. (1981). Cellulose degradation by *Humicola lanuginosa*. Trans. Br. mycol. Soc. 76, 159-160.
- (13) MISHRA, M. M., SINGH, C. P., KAPOOR, K. K. and JAIN, M. K. (1979). Degradation of lignocellulosic material and humus formation by fungi. Ann. Microbiol., 130A, 481-486.
- (14) MUNSELL COLOR COMPANY INC. (1954). Soil Color Charts. Baltimore. Maryland. (U.S.A.).
- (15) POLO, A., ALMENDROS, G. y DORADO, E. (1983). Dispositivo de incubación para el estudio de la mineralización de la materia orgánica del suelo. An. Edaf. Agrobiol. XLII, 1335-1340.
- (16) SHARP, R. F. and MILLS, J. (1973). Humus substances from some wood microfungi. Mater. Org. 8, 145-155.
- (17) WANI, S. P. and SHINDE, P. A. (1977). Studies on biological decomposition of wheat straw. I. Screening of wheat straw decomposing microorganisms *in vitro*. Plant and Soil 47, 13-16.
- (18) ZADRAZIL, F., GRINBERGS, J. and GONZALEZ, A. (1982). "Palo Podrido"-Decomposed wood used as feed. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 15, 167-171.

Recibido para publicación: 2-I-84.

ESTUDIO DE LA FRACCION LIGERA DE ARENAS EN SUELOS CON PEQUEÑO DESARROLLO. I. TINCION CON HEMATEINA

Por

A. HOYOS; J. GONZALEZ PARRA; M. C. FERNANDEZ BERMEJO
y S. RUANO

SUMMARY

STUDY OF LIGHT SAND FRACTION IN SOILS WITH A LITTLE DEVELOPMENT. I. THE HEMATEINE STAIN

In this work we have used the staining technique with hematein for feldspars identification in acides, and sandy soils which have been developed on adamellitic rock.

Several modifications of the staining procedure have showed an increase in the intensity coloration, and also in the percentage of stained grains.

INTRODUCCION

El objeto del trabajo es la aplicación de diferentes técnicas de tinción para la identificación de feldespatos de la fracción ligera, en suelos poco evolucionados, desarrollados a partir de una roca adamellítica.

La dificultad para distinguir cuarzo y feldespato y los diferentes feldespatos ha sido la causa de que diversos investigadores trabajaran en este campo para lograr una técnica para su determinación.

Los feldespatos existentes en el suelo pueden presentar algunas diferencias con respecto a los de las rocas, debido a que han sufrido procesos edafogenéticos que han podido afectar a su estructura.

En 1.929 Gabriel y Cox propusieron un método de tinción de feldespatos en lámina delgada, y desde entonces han sido numerosas las investigaciones y modificaciones realizadas a este método.

En 1.957, Reeder y Mc Allister emplearon hemateína para la tinción de plagioclasas, y en 1.959, Heyes y Klugman propusieron el uso de una solución al 0,5% de eosina B, tiñéndose de rosa las plagioclasas en granos de arena.

En 1.960, Bailey y Stevens, introdujeron un método selectivo de tinción de feldespatos y plagioclasas en lámina delgada sometiendo las muestras a una solución de Cl_2Ba y rodizonato potásico después del ataque con vapores de FH. Los feldespatos calcosódicos se teñían de rojo ladrillo. Este procedimiento se combina con el de tinción con cobaltinitrito sódico de los feldespatos potásicos. La tinción de las plagioclasas se basa en el desplazamiento del Ca^{2+} por el Ba^{2+} y pos-

terior reacción con el rodizonato. La albita pura no se llega a teñir por este tratamiento.

En 1.961, Broch modifica esta técnica, sometiendo las muestras a vapores con FH durante 2 minutos y a una solución saturada de cobaltinitrito durante 5 minutos. La diferenciación de plagioclasas y cuarzo se hace con luz reflejada presentando los feldespatos potásicos una coloración amarilla.

En 1.965, Doeglas y col., llevaron a cabo un método de tinción selectiva de feldespatos basado en las técnicas empleadas en láminas delgadas. Los recubrimientos que se originan sobre la superficie mineral por los vapores de FH son teñidos con diferentes reactivos (cobaltinitrito sódico y hemateína).

Posteriormente Aleixandre y Pinilla en 1.968, basándose en esta misma técnica de tinción de feldespatos en la fracción arena, introducen algunas modificaciones, que se refieren al ataque, (dos veces). Guitian y Carballas en 1.976 siguen la misma técnica sin ninguna modificación.

Noraman en 1.974 introdujo nuevas modificaciones en la tinción selectiva de feldespatos con cobaltinitrito sódico y Cl_2Ba , usando amaranto para la tinción de plagioclasas, incluida la albita. El factor que consideran más variante en este proceso de tinción es el tiempo de ataque con FH, así como su concentración.

En 1.982, Hoyos y col. idean un modelo experimental de alteración de feldespatos con el fin de observar las diferencias de tinción según su grado de alteración, concluyendo que no se puede dar un tiempo fijo de ataque con vapores de FH, porque en cada caso, según el grado de conservación de los feldespatos, habría que someter a las muestras a diferentes tiempos de ataque para su posterior tinción.

MATERIAL UTILIZADO

Para este trabajo se han escogido muestras de suelos de pequeño desarrollo (litosuelo V_9 , ranker V_{10} - V_{11} y suelo pardo ácido V_{12}).

DESCRIPCION DE PERFILES

Localidad: La Pradera de Valsaín (Segovia).

Situación: Carretera N-601 de Navacerrada a La Granja, a la derecha pasando La Pradera.

Altitud: 1.200 m.

Orientación: N-W ($30.^\circ$ W).

Inclinación: $10.^\circ$.

Clima: Mediterráneo templado fresco.

Material original: Adamellitas.

Forma del terreno circundante: Montañoso.

Hoja topográfica: 483.

PERFIL V₉.

Hor.	Prof. cm.	OBSERVACIONES
A	0-2	Color pardo oscuro (10YR3/3) en seco enraizado, sin estructura. Textura franco-arenosa.
R		Adamellita.

PERFIL V₁₀.

Hor.	Prof. cm.	OBSERVACIONES
A ₁₁	0-2	Color pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco. Muy enraizado, sin estructura. Textura arenosa franca.
A ₁₂	2-10	Color pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco. No presenta estructura. Textura arenosa-franca.
R		Adamellita.

PERFIL V₁₁.

Hor.	Prof. cm.	OBSERVACIONES
A ₁₁	0-3	Color pardo amarillento oscuro (10YR3/4) en seco. Muy enraizado. Estructura muy débil granular muy fina. Textura arenosa franca.
A ₁₂	3-10	Color pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco. Muchas raíces, apenas existe diferenciación con el superior. Estructura muy débil granular muy fina. Textura franco-arenosa.
A ₁₃	10-15	Color pardo oscuro (10YR3/3) en seco. Raíces, estructura muy débil granular muy fina. Textura arenosa-franca. Presencia de trozos de roca incluida.
R		Adamellita.

PERFIL V₁₂.

Hor.	Prof. cm.	OBSERVACIONES
A ₁	0-5	Color pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco. Muchas raíces, estructura muy débil granular fina. Textura franco-arenosa.
B	5-30	Color pardo oscuro (10YR3/3) en seco. Algunas raíces, estructura muy débil-débil granular fina. Textura franco-arenosa.
C	+30	Color pardo claro (10YR6/3). Estructura muy débil-débil granular fina. Textura arenosa-franca. Trozos de roca incluida.
R		Adamellita.

METODOS EMPLEADOS

Se han seguido para las determinaciones analíticas, las técnicas de análisis de suelos de Guitián Ojea y Carballas, 1976.

— Identificación de minerales ligeros:

La técnica seguida para la tinción de feldespatos es la propuesta por Doeglas y col. 1.965, con las modificaciones de Alexandre y Pinnilla, 1.968.

Las modificaciones que hemos introducido a este método han sido las siguientes:

- a) Secar la tapadera del dispositivo donde se realiza el ataque.
- b) Cambio de concentración de la solución de hematéina (50 mg en 50 ml etanol 50%).
- c) Sustituir el baño de agua por el baño de arena controlando la temperatura del mismo por termómetro.

RESULTADOS Y DISCUSION

La zona donde fueron tomadas las muestras corresponde a un tipo climático: Mediterráneo húmedo y una temperatura media de 8,8.º C.

Son suelos ácidos sin estructura o con estructura muy débil, presentan un horizonte de acumulación de materia orgánica, más o menos profundo, cuyo porcentaje en carbono disminuye progresivamente desde la superficie, con valores de la razón C/N en la zona superficial entre 13-14 lo que conduce a humus poco evolucionados, de tipo mull-moder, tabla 1D.

La naturaleza del material original influye en la granulometría, originando texturas franco-arenosa y arenosa-franca con gran predominio de componentes gruesos (arena) frente a los finos (limo y arcilla), tabla 2D; con intenso proceso de desintegración física. Existe gran similitud en los datos del análisis mecánico en todos los perfiles, presentando pequeña cantidad de arcilla, lo que indicaría que si bien el porcentaje de alteración química no ha sido elevado en ningún caso, es en el perfil V₁₂, donde aparece más acusado; se trata de un suelo algo más evolucionado que los otros, con presencia de un horizonte (B), bien diferenciado morfológicamente.

El material original está constituido por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita fundamentalmente, Aparicio y col., 1.975. Dadas las características de este material y teniendo en cuenta que en condiciones ácidas y en periodos cortos edafogenéticos, se puede considerar al cuarzo, como mineral resistente, los datos obtenidos en el estudio de la fracción ligera pueden ayudar a poner de manifiesto el desarrollo evolutivo de estos suelos. La identificación de los minerales de esta fracción y la cuantificación de los mismos supone un gran problema, por lo que se han experimentado distintas modificaciones a los métodos "habituales" de tinción:

TABLA I D
Datos analíticos.

Perfil	Hor.	Prof. (cm)	pH(H ₂ O)	pH(CIK)	C%	M.O.%	N%	C/N	T(meq/100)
V ₉	A ₁	0-2	5,36	4,15	8,91	15,32	0,63	14,1	17,5
V ₁₀	A ₁₁	0-2	5,08	4,11	6,88	11,83	0,54	13,1	14,6
	A ₁₂	2-10	4,83	4,15	2,58	4,46	0,36	7,2	6,2
	A ₁₁	0-3	4,82	4,13	7,89	13,58	0,60	13,1	9,5
V ₁₁	A ₁₂	3-10	4,61	4,16	4,87	8,42	0,58	8,4	5,5
	A ₁₃	10-15	4,59	4,26	4,15	7,14	0,52	8,0	—
	A ₁	0-5	5,33	4,40	5,24	9,02	0,38	13,8	13,7
V ₁₂	(B)	5-30	5,56	4,63	2,84	4,88	0,30	9,4	11,1
	C	+30	6,00	4,69	1,14	1,96	0,26	4,4	8,7

TABLA II D

Perfil	Horizonte	Ar. gruesa	Ar. fina	Limo	Arcilla	Textura
V ₉	A	18,10	56,55	19,30	6,31	Franco-arenosa
V ₁₀	A ₁₁	42,63	36,18	13,38	7,79	Arenosa-franca
	A ₁₂	40,81	38,40	13,08	7,68	Arenosa-franca
	A ₁₁	36,72	41,62	14,83	6,80	Arenosa-franca
V ₁₁	A ₁₂	28,07	46,47	19,27	6,17	Franco-arenosa
	A ₁₃	36,24	44,82	14,28	4,54	Arenosa-franca
	A	39,91	42,55	14,13	9,58	Franco-arenosa
V ₁₂	(B)	25,28	44,29	18,03	12,38	Franco-arenosa
	C	43,17	36,84	13,45	6,51	Arenosa-franca

A) Se han teñido todas las muestras, secando y sin secar la tapadera del recipiente donde se las someten al ataque con vapores de FH. Los porcentajes de granos teñidos en ambas experiencias varían irregularmente, pero el porcentaje de granos intensamente teñidos frente al de débilmente teñidos es siempre superior cuando se ha secado la tapadera, lo que hace más fácil y seguro su conteo, Tabla 3D. (foto 1).

B) Se han variado los tiempos de ataque a los vapores de fluorhídrico con el fin de observar la influencia de este factor en la posterior tinción de los granos minerales. Los resultados obtenidos, operando siempre con las muestras secas, viene expresado en la tabla 4D. La cantidad de granos teñidos aumenta claramente al incrementar los tiempos de ataque a los vapores de FH. A 1 minuto el color es muy tenue y el conteo resulta dificultoso. A 3 y 4 minutos los granos están resquebrajados y rotos lo que puede influir en que se obtengan mayores porcentajes de granos teñidos en muchos casos. Se puede ver, gráfica D-1 que la máxima densidad de puntos está comprendida entre 60%-70%. Por todas estas consideraciones se eligió para las siguientes experiencias un tiempo de ataque de 2 minutos llevándose a cabo independientemente las siguientes modificaciones.

- 1.º) Aumento de la concentración de la hemateína usando el recipiente habitual para el ataque con FH y secando la tapadera.
- 2.º) Ataque de las muestras en baño de arena.

La cantidad de granos teñidos (feldespatos) es muy superior a la de no teñidos (cuarzo), para ambas experiencias, Tabla 5D, y mayores que los conseguidos con el método "habitual". Los valores obtenidos están comprendidos entre el 70% y 90%, dándose la máxima densidad de puntos en valores próximos al 80%, gráfica D-2. Lo que pone de manifiesto que con estas modificaciones aumenta considerablemente el

TABLA III D
 Porcentaje de granos teñidos con hemateína.

PERFIL	V ₉		V ₁₀				V ₁₁						V ₁₂					
	A ₁		A ₁₁		A ₁₂		A ₁₁		A ₁₂		A ₁₃		A ₁		(B)		C	
	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++	+++	++
	%		%		%		%		%		%		%		%		%	
Secado	75	25	88	12	56	44	44	56	76	24	74	26	59	41	62	38	77	23
No secado	18	82	37	63	21	79	18	82	27	73	31	69	39	61	25	75	33	67

+++Teñidos intensamente.

++Teñidos débilmente.

TABLA IV D

Tinción con hemateína. Sometiendo a la muestra a distintos tiempos de ataque con vapores de FH (muestra seca).

Minutos		1 (x2)		2 (x2)		3 (x2)		4 (x2)	
		B	M	B	M	B	M	B	M
PV ₉	A ₁	46	54	47	53	32	68	35	65
PV ₁₀	A ₁₁	47	53	41	59	36	64	32	68
	A ₁₂	45	55	39	61	33	67	39	61
	A ₁₁	52	48	41	59	38	62	35	65
PV ₁₁	A ₁₂	43	57	39	61	39	61	39	61
	A ₁₃	40	60	37	63	32	68	39	61
	A ₁	44	56	28	72	42	58	32	68
PV ₁₂	(B)	39	61	33	67	40	60	29	71
	C	43	57	37	63	47	53	29	71

B = Granos sin teñir. (%)

M = Granos teñidos de color morado. (%)

TABLA V D

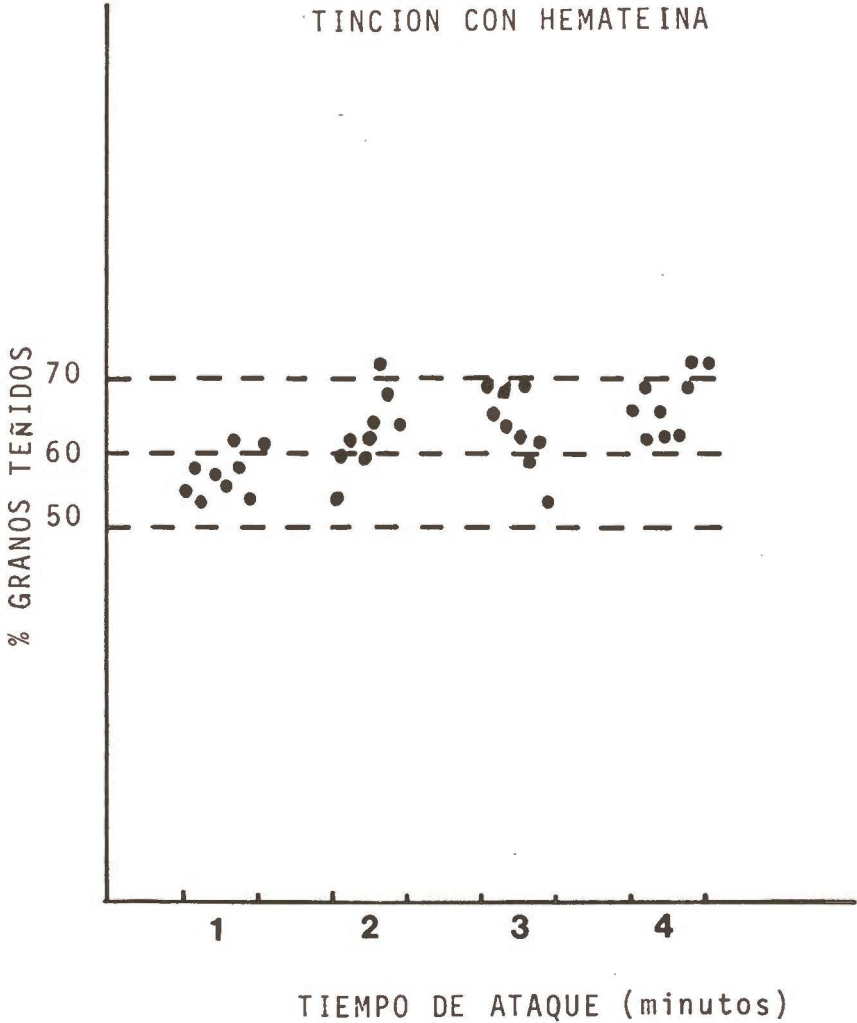
Tinción con hemateína. Tiempo de ataque con FH 2 minutos.

Concentración (50 mg. hemateína en 50 ml. etanol 95%)		Baño de Arena			
		B	M	B	M
PV ₉	A ₁	28	72	20	80
	A ₁₁	24	76	20	80
PV ₁₀	A ₁₂	22	78	10	90
	A ₁₁	15	85	27	73
PV ₁₁	A ₁₂	21	79	24	76
	A ₁₃	14	86	20	80
	A ₁	23	77	21	79
PV ₁₂	(B)	19	81	19	81
	C	14	86	23	77

TABLA VI D

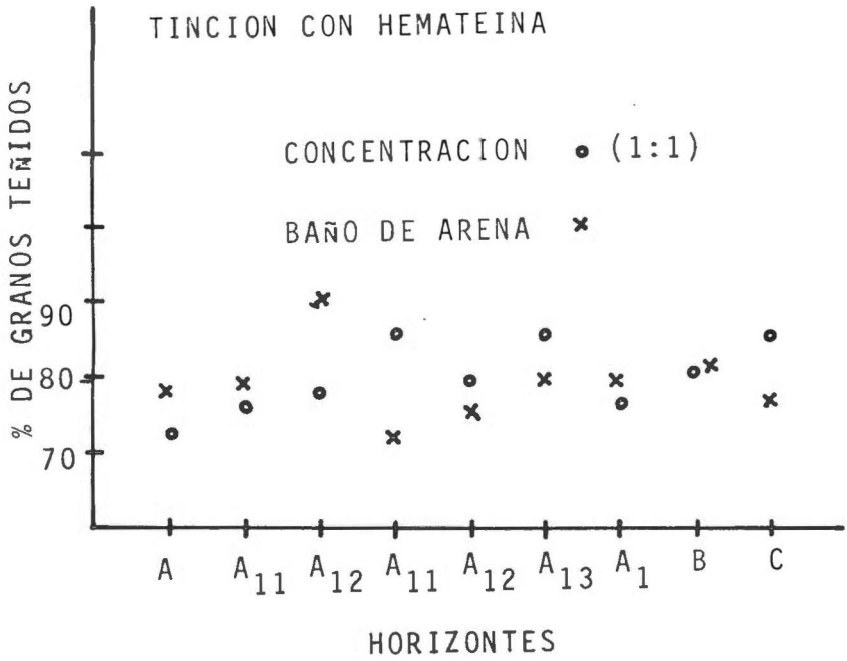
Tinción con hemateína de las rocas (B. Arena).

	B	M	+++	++
R ₉	10	90	93	7
R ₁₀	12	88	69	31
IR ₁₀	20	80	64	36
R ₁₁	20	80	90	10
IR ₁₁	18	82	96	4
R ₁₂	17	83	85	15
IR ₁₂	25	75	82	18

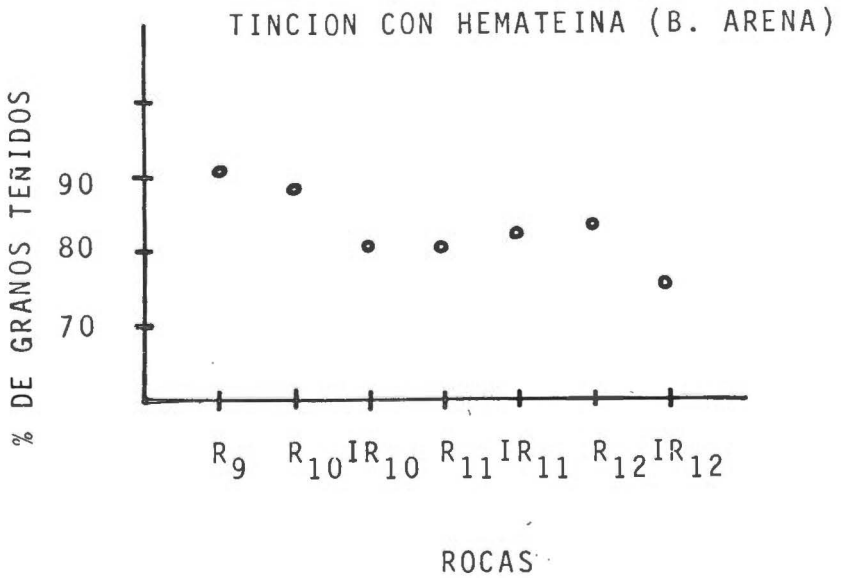


GRAFICA D-1

número de granos teñidos, y son por otra parte, resultados más reales, al tratarse de la materia mineral de suelos poco evolucionados que proceden de una roca adamellítica. Los puntos que se alejan de esta media son esporádicos, indicando la semejanza de las muestras. Además el 100% de los granos teñidos, tanto cuando aumentamos la concentración de la hemateína, como cuando el ataque se lleva a cabo en "Baño de arena" quedan intensamente teñidos, lo que hace muy fácil y seguro su conteo, a diferencia de lo que ocurre con el método "standard",



GRAFICA D-2



GRAFICA D-3



FOTO 1.— Muestra teñida con hemateina, habiendo secado la tapadera del dispositivo.

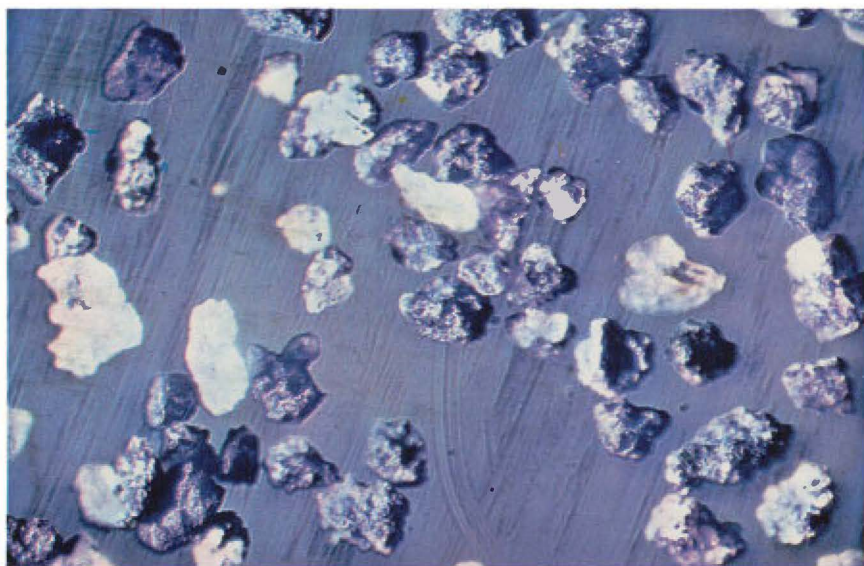


FOTO 2.— Muestra teñida con hemateina concentrada (50 mg en 50 cc)

en el que el porcentaje de granos débilmente teñidos era generalmente mayoritario.

Se ha llevado a cabo siguiendo la misma metodología (baño de arena), la tinción de las diferentes muestras de rocas (subyacentes o incluidas en horizontes). Los resultados los hemos expuesto en la Tabla 6D, donde se pone de manifiesto el gran porcentaje de granos minerales teñidos frente a los no teñidos. La tinción se realizó previo ataque de tre minutos con FH, ya que a menor tiempo la intensidad de color era débil y resultaba dificultoso su contaje. El porcentaje de granos intensamente teñidos es ligeramente inferior al de los suelos, a pesar de que el tiempo de ataque con FH ha sido superior.

En la gráfica D-3 se ve claramente que la media de los porcentajes de granos teñidos es de 80%, confirmándonos la similitud de las muestras, así como su naturaleza (adamellita).

RESUMEN

En este trabajo se ha aplicado la técnica de tinción con hematina para la identificación de feldespatos en suelos ácidos, arenosos desarrollados a partir de una roca adamellítica.

Las modificaciones llevadas a cabo conducen a un incremento en la intensidad de color y en el porcentaje de granos teñidos.

Facultad de Farmacia. Cátedra de Edafología. Madrid.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDRE, T. y PINILLA, A. 1968. "Algunas modificaciones en las técnicas aplicadas al estudio mineralógico de fracciones gruesas o arenas". Anal. Edaf. y Agrob. T. 27, pág. 563-567.
- APARICIO, A., BARRERA, J. C., CORABALLO, J. M.^a 1975. "Los materiales granítico-hercinianos del Sistema Central español" Memor. Inst. Geol. y Min. de España, t. 88.
- BAILEY, E. M. y STEVENS, R. E. (1960). "Selective staining of k feldspar and plagioclase on rock slabs and thin sections". The Amer. Miner. Vol. 45.
- BROCH, O. A. 1961. "Quick identification of potash, feldspar, plagioclase and quartz for quantitative thin section analysis". The Amer. Miner. Vol. 46.
- DOUGLAS, D., FAJEREL, J., NOTA, D. y VAN DER PLAS, L. 1965. "On the identification of feldspar in soils". Meded Land Wageningen, 65, 9.
- GABRIEL, A. y COX, P. 1929. "A staining method for quantitative determination of certain rock minerals". The Amer. Miner. Vol. 14, págs. 290-292.
- GUITIAN OJEA, F. y CARBALLAS FERNANDEZ, T. 1976. "Técnicas de análisis de suelos". Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- SAYER, J. R. y KLUGMAN, H. A. 1959. "Feldspar staining methods". Jour. Sed. Petrology, Vol. 29, págs. 227-232.

- HOYOS DE CASTRO, A., HERNANDO MASSANET, I., HERNANDO COSTA, J., PISONERO RUIZ, L. 1982. "Modelo experimental de alteración de feldespatos. Aplicación al método de tinción III. Metodología propuesta". Anal. Edaf. Agrob. t. 41, n.º 3-4, págs. 511-519.
- HOYOS DE CASTRO, A., HERNANDO MASSANET, I., HERNANDO COSTA, J. YUNTA, M. V. 1982. I. I Ortosa. Anal. Edaf. y Agrob. t. 41, n.º 1-2, págs. 165-176.
- HOYOS DE CASTRO, A., HERNANDO MASSANET, I., HERNANDO COSTA, J., PISONERO RUIZ, L. 1982. II. Labradorita. Anal. Edaf. y Agrob. t. 41, n.º 1-2 págs. 177-182.
- NORMAN, M. B. 1974. "Improved techniques for selective staining of feldspar and other minerals using amaranth". Jour. Res. Us. Geol. Surveg. Vol. 2, n.º 1.
- REEDER, S. W. y Mc. ALLISTER, A. C. 1957. "A staining method for the quantitative determination of feldspar in rocks and stands forms soils". Canadian Jour. Soil. Sci. Vol. 37, págs. 57-59.

Recibido para publicación: 19-I-84.

ESTUDIO DE LA FRACCION LIGERA DE ARENAS EN SUELOS CON PEQUEÑO DESARROLLO. II. TINCION CON COBALTINITRITO

Por

A. HOYOS; J. GONZALEZ PARRA; M. C. FERNANDEZ BERMEJO Y
S. RUANO

SUMMARY

STUDY OF LIGHT SNAD FRACTION IN SOILS WITH A LITTLE DEVELOPMENT. II. THE COBALTINITRITE STAIN

In this work we have used the staining of potash feldspar with sodium cobaltinitrite in sand fraction (grain and its thin section) of soils developed on adamellitic rock.

INTRODUCCION

El objeto del trabajo es la aplicación de diferentes técnicas de tinción para la identificación de feldespatos potásicos de la fracción ligera, en suelos poco evolucionados, desarrollados a partir de una roca adamellítica.

La descripción de perfiles, los resultados analíticos de todos ellos y la identificación de los feldespatos de la fracción arena de estos suelos (hemateína), fueron expuestos en un trabajo anterior. Hoyos y col. (en prensa).

METODOS EMPLEADOS

—Identificación de feldespatos potásicos—.

A) La técnica seguida para la tinción de feldespatos potásicos es la propuesta por Doeglas y col., 1.965, con las modificaciones de Aleixandre y Pinilla, 1.968.

B) Tinción de láminas delgadas. Se han impregnado los granos minerales en resina sintética, cronolita, y se han realizado láminas delgadas, tiñéndolas posteriormente con cobaltinitrito sódico al 30% durante 5 minutos previo ataque directo a los vapores de FH en frío durante medio minuto.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla VIII D y gráfica D-4 se expresan los resultados obtenidos

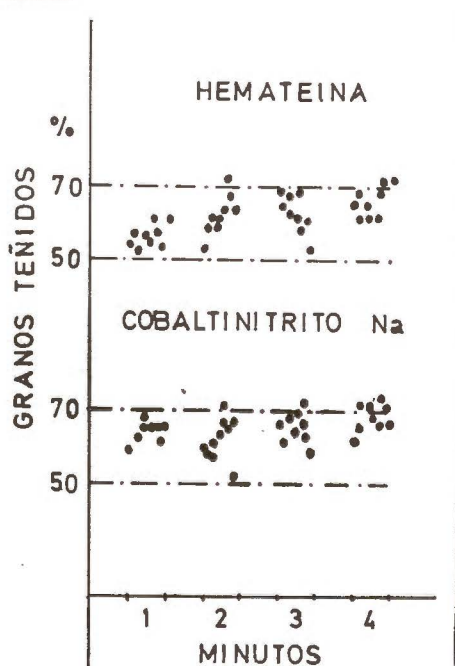
TABLA VIII D

Tinción con cobaltinitrito sódico. Variando los tiempos de ataque con FH.

Minutos		1 (x2)		2 (x2)		3 (x2)		4 (x2)	
		B	A	B	A	B	A	B	A
PV ₉	A ₁	41	59	41	59	34	66	38	62
	A ₁₁	38	62	42	58	39	61	35	65
PV ₁₀	A ₁₂	32	68	43	57	32	68	29	71
	A ₁₁	34	66	39	61	36	64	29	71
PV ₁₁	A ₁₂	35	65	37	63	31	69	32	68
	A ₁₃	35	65	29	71	38	72	27	73
	A ₁	39	61	35	65	35	66	34	66
PV ₁₂	(B)	35	65	34	66	37	63	29	71
	C	33	67	48	52	42	58	34	66

A - % de granos teñidos de amarillo.

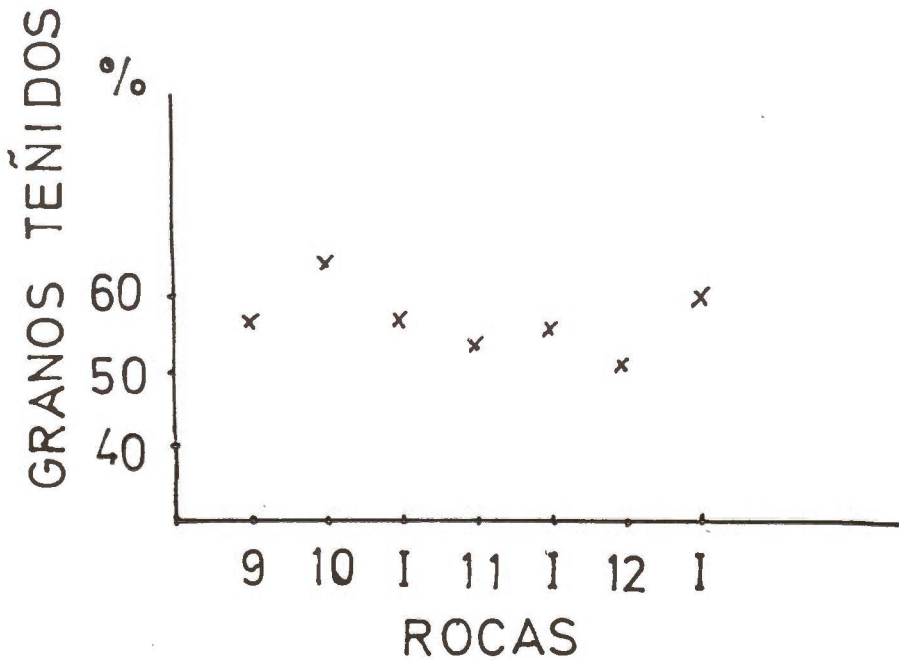
B - % de granos no teñidos.



GRAFICA D-4. Porcentaje de granos teñidos con hemateína y cobaltinitrito Na.

al teñir las muestras de suelos con cobaltinitrito sódico A), previo ataque de las mismas con vapores de FH durante 1, 2, 3 y 4 minutos dos veces; se pone de manifiesto que los porcentajes de granos teñidos de amarillo están comprendidos en su mayoría entre el 60 y el 70%. El ligerísimo aumento de granos teñidos existente a 4 minutos no es demasiado significativo teniendo en cuenta que los granos se presentan rotos y de menor tamaño.

Si comparamos los resultados obtenidos en la tinción con cobaltinitrito sódico para todas las muestras, a los obtenidos al teñir con hemateína por el método habitual y secando la tapadera, para los mismos tiempos de ataque, se puede ver que los porcentajes de granos teñidos de amarillo (feldespatos potásicos) son siempre iguales o mayores a los obtenidos al teñir con hemateína, gráfica D-4. En el caso de porcentajes mayores, los resultados serían erróneos, y para valores iguales indican la no existencia de plagioclasas, que se contradice con la naturaleza del material original (adamellita) y el pequeño desarrollo de estos suelos. Sin embargo, los porcentajes de granos teñidos con cobaltinitrito sódico (feldespatos potásicos) son siempre inferiores a los obtenidos al teñir con hemateína, cuando el ataque con FH se ha llevado a cabo en baño de arena, o se ha utilizado solución más concen-



GRAFICA D-5. Porcentaje de granos teñidos con cobaltinitrito Na sódico en las distintas muestras de rocas.

trada de hemateína (porcentajes próximos al 80%, Hoyos y col. en prensa).

Realizada la tinción con cobaltinitrito en las muestras de las rocas se han obtenido los resultados que se presentan en la Tabla IX D. Se ha podido observar que el porcentaje de granos teñidos aumenta ligeramente al aumentar los tiempos de ataque con vapores de FH igual que ocurría en el suelo, y asimismo los minerales estaban resquebra-

TABLA IX D
Tinción con cobaltinitrito Na de las rocas.

Minutos	2 (x2)		3 (x2)		4 (x2)	
	B	A	B	A	B	A
R ₉	55	45	44	56	32	68
R ₁₀	40	60	36	64	36	64
IR ₁₀	45	55	44	56	41	59
R ₁₁	45	55	47	53	45	55
IR ₁₁	51	49	45	55	43	57
R ₁₂	45	57	50	50	43	57
IR ₁₂	44	56	42	58	40	60

A - % de granos teñidos.

B - % de granos no teñidos.

jados y a veces rotos a 4 minutos. La mayor densidad de puntos corresponde a valores comprendidos entre 50 y 60% de granos teñidos (gráfica D-5), que son porcentajes menores que los obtenidos en el suelo.

Se han realizado experiencias aumentando la concentración de cobaltinitrito en muestras de rocas y suelos y únicamente se ha podido observar que se intensifica ligeramente el color amarillo de los feldspatos potásicos, pero no cambian los porcentajes de granos teñidos (foto 1).

B) Se ha llevado a cabo la inclusión de los granos minerales en resinas sintéticas (cronolita), posteriormente se realizaron láminas delgadas, las cuales se tiñeron con cobaltinitrito Na, siguiendo el método habitual de tinción de láminas delgadas de rocas, como se indica en la metodología. La tinción se realiza con rapidez, quedando los granos bien teñidos como se observa en la foto 2, el contaje es fácil y los porcentajes obtenidos concuerdan con los obtenidos por el otro método y que fueron expuestos anteriormente en la Tabla VIII D.

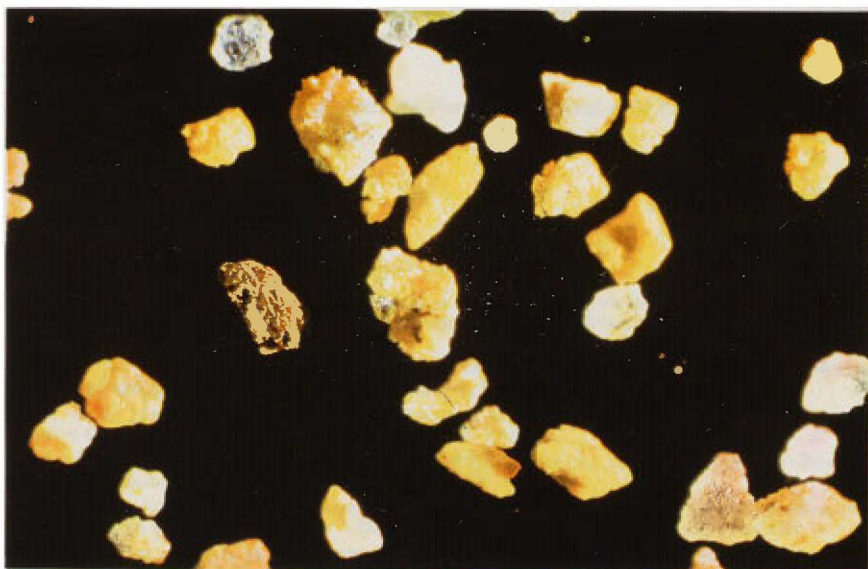
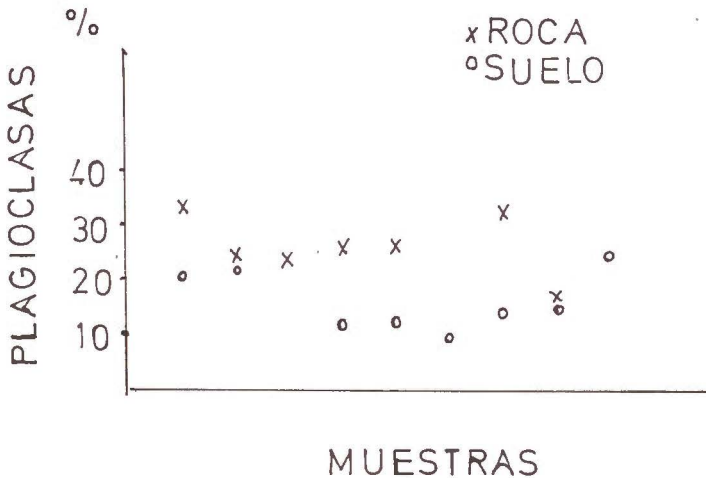


FOTO 1.— Granos teñidos con cobaltinitrito sódico.



FOTO 2.— Lamina delgada de la fracción ligera teñida con cobaltinitrito sódico.



GRAFICA D-6. Porcentaje de plagioclasas en las distintas muestras de rocas y suelo.

Con este método al igual que ocurre con la lámina delgada de rocas, no hace falta teñir con hemateína, pues el cuarzo y los feldespatos se distinguen fácilmente por sus propiedades ópticas y queda resuelta por tinción la diferenciación entre feldespatos potásicos y plagioclasas.

Si se comparan en rocas y suelos, las diferencias entre los granos teñidos con hemateína atacados en baño de arena (total de feldespatos) y los teñidos con cobaltinitrito sódico (feldespatos potásicos), obtendremos el porcentaje de plagioclasas, observándose, gráfica D-6, que éstos porcentajes son siempre superiores en rocas que en suelos; lo que indicaría que en el proceso de formación de estos suelos y teniendo en cuenta la mayor susceptibilidad al ataque de las plagioclasas frente a los feldespatos potásicos, se alterarían con mayor facilidad que éstos, contribuyendo en parte a la formación de minerales de la fracción arcilla. Por otra parte, el porcentaje de plagioclasas en rocas y horizontes de los suelos no son demasiado diferentes dado el pequeño desarrollo de los suelos estudiados, lo que se manifiesta por una parte en la pequeña cantidad de arcilla en estos suelos, del orden de 6 a 9% (Hoyos y col, en prensa), así como en el reconocimiento de feldespatos en esta fracción, conjuntamente con cuarzo, y minerales de la arcilla tales como caolinita, minerales micáceos y algo de vermiculita.

RESUMEN

En este trabajo hemos utilizado la técnica de tinción de feldespato potásico con cobaltinitrito sódico en la fracción arena (en grano y su sección deslgada), de suelos desarrollados a partir de una adamellita.

Facultad de Farmacia. Cátedra de Edafología. Madrid.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDRE, T. y PINILLA, A. 1968. "Algunas modificaciones en las técnicas aplicadas al estudio mineralógico de las fracciones gruesas o arenas". Anal. Edaf. y Agrob. T. 27, pág. 563-567.
- BAILEY, E. M. y STEVENS, R. E. 1960. "Selective staining of K feldspars and plagioclase on rock slabs and thin sections". The Amer. Mineral. Vol. 45.
- BROCH, O. A. 1961. "Quick identification of potask, feldspar, plagioclase and quartz for quantitative thin section analysis". The Amer. Mineral. Vol. 46.
- DOEGLAS, D.; FAVEJEE, J.; NOTA, D. y VAN DER PLAS, L. 1965. "On the identification on feldspar in soils". Meded Land Wageningen 65-9.
- FITZPATRICK, E. A. 1980. "The micromorphology of soils: a manual for the preparation and description on thin section of soils". Depart. of Soil Science, University of Aberdeen.
- HOYOS, A.; HERNANDO MASSANET, I.; HERNANDO COSTA, J. y YUNTA, M. V. 1982. "Modelo experimental de alteración de feldespatos. Ortosa".
- HOYOS, A.; GONZALEZ PARRA, J.; FERNANDEZ BERMEJO, C. y RUANO RODRIGUEZ, S. "Estudio la fracción ligera de arenas en suelos con pequeño desarrollo. I. Tinción con hematina".
- WOOLAST, R. 1967. "Kinetics of the alteration of K feldspar in suffered solutions at low temperature". Geochim. et Comochim., Act. V. 31.

Recibido para publicación: 19-F84.

APROXIMACION A LA CAPACIDAD DE USO DE LOS SUELOS DE LA REGION DE OCAÑA (TOLEDO)

Por

J. GUMUZZIO, J. B. ALVAREZ, A. GUTIERREZ Y J. GUIJARRO

SUMMARY

APPROACHES TO LAND EVALUATION OF THE SOILS FROM REGION DE OCAÑA (TOLEDO)

The land evaluation of the soil from Region Ocaña was studied.
The classes and subclasses of land evaluation were characterised.
The map of land use at level of classes and subclasses are also given.

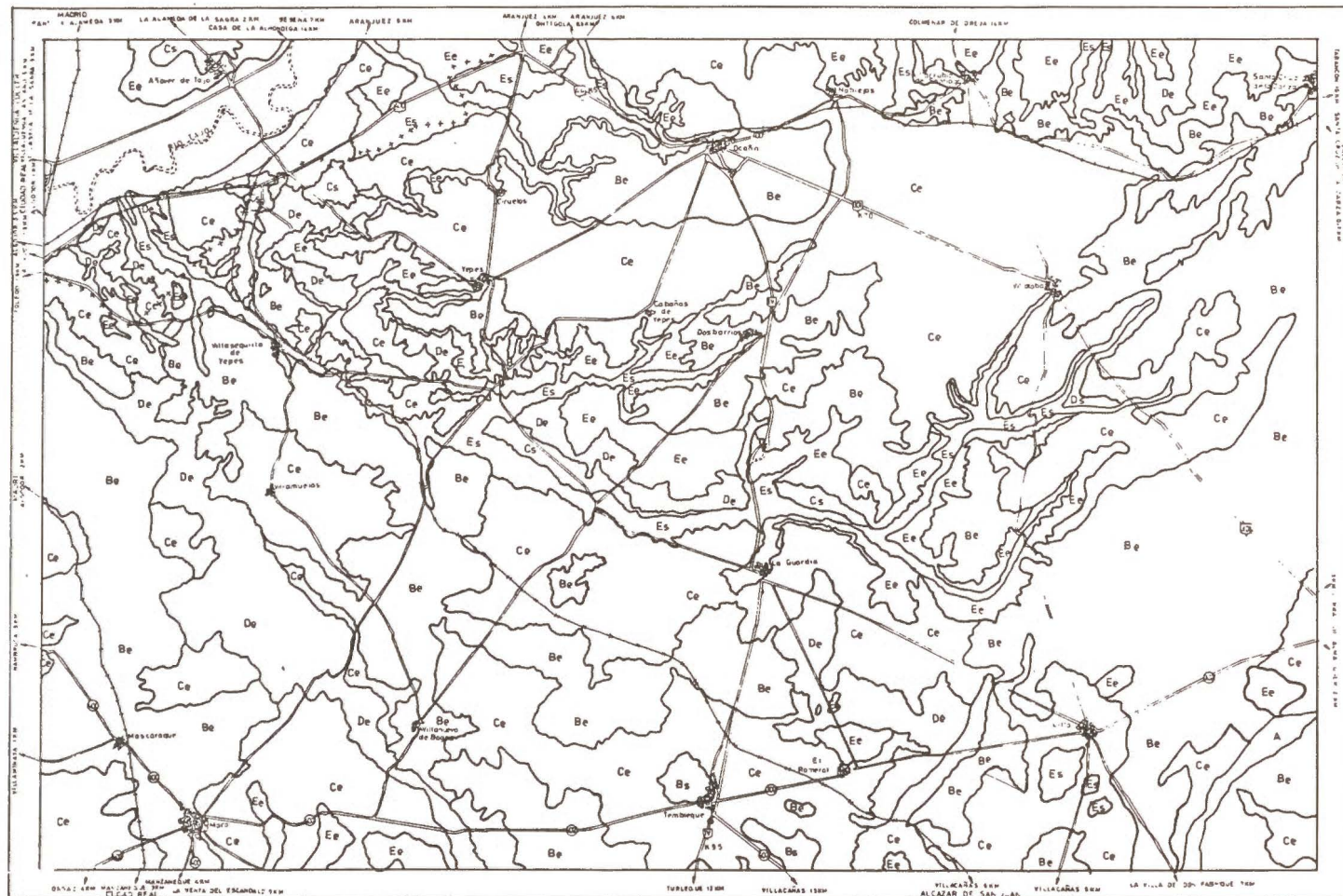
INTRODUCCION

Los mapas de capacidad de Uso de los suelos surgen como una aplicación práctica de los mapas de suelos. En estos mapas, los suelos quedan agrupados en función de sus potencialidades y limitaciones, es decir, de acuerdo con su aptitud para soportar los cultivos usuales o su uso normal sin que necesiten tratamientos especiales y sin que durante un largo periodo de tiempo sufran deterioraciones, (Soil Conservation Service, EE.UU., 1967).

Un mapa de Capacidad de Uso se debe realizar a un nivel de exploración muy pormenorizada y basado en mapas de suelos detallados.

Los criterios generales seguidos en la elaboración del mapa de Capacidad de Uso que presentamos en este trabajo son los propuestos por el Soil Conservation Service (1967); sin embargo, nosotros los sometemos a ciertas restricciones. Efectivamente, el mapa de suelos (Gumuzzio, J. 1979) que sirve de base a este mapa de Capacidad de Uso, sólo considera como nivel inferior taxonómico el gran grupo y, además, contiene por exigencias de escala (1:100.000), unidades de suelos de cierta heterogenidad (asociaciones de suelos), en consecuencia fue necesario adoptar unidades de Capacidad de uso relativamente amplias, capaces de integrar la mayor parte de unidades de suelos posibles. Para lograr ésto, fué necesario reducir las ocho clases propuestas por el Soil Conservation Service a cinco y emplear, como unidades fundamentales, las clases y subclases que posteriormente definimos y que han sido utilizadas por otros autores en trabajos de similares características (Sánchez Díaz, J; Guerra Delgado, A. y Fernández Caldas, E., 1979; Jiménez, R. 1976).

MAPA DE CAPACIDAD DE USO



En definitiva, planteamos este trabajo a un nivel generalizado con objeto de aportar un mejor conocimiento de la distribución regional de los suelos de la zona, en función de su Capacidad de Uso. A tal fin, contribuimos con un mapa generalizado, escala 1:100.000 de la Capacidad de Uso de los suelos de la zona.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona se extiende por la Submeseta Sur toledana, cubriendo prácticamente la totalidad de la Hoja número 10-13, a escala 1:100.000 del Mapa Nacional. Se encuentra situada al Este de la Provincia de Toledo e incluye parte de las comarcas Centro-Sur, La Mancha, La Sagra y La Mesa de Ocaña. Geográficamente está limitada por las coordenadas $3.^\circ 40' 04''$ y $40.^\circ 00' 04''$ de latitud Norte.

La superficie total de la zona es aproximadamente de unas 200.000 Ha., de las cuales unas 900 Ha. corresponden a la Provincia de Madrid y el resto a la de Toledo.

En relación con el relieve de la zona, destaca una amplia llanura, casi horizontal, que se extiende por el cuadrante N.E., cubriendo gran parte de los términos municipales de Ocaña, Ciruelos, Yepes y, que incluye la unidad sedimentaria conocida como "Mesa de Ocaña", cuya altitud oscila entre los 700 m., en el S.W. y los 740 m., al N.E., con un buzamiento que no supera un grado.

En contraste, depresiones debidas a la red fluvial de los ríos Tajo, Algodor y del arroyo Melgar, rompen con la monotonía de este relieve. A los márgenes de estos cauces fluviales, se disponen pequeñas lomas y cerros cuya altitud oscila entre 500 y 700 metros.

En el Sur de la zona se encuentran las cotas más elevadas: Castillo de Mora, Cerro del Buey, cerro Morejón, cerro de San Antón, cerro Gollino, cerro Gordo... etc., el conjunto de estas cotas integran estribaciones de los Montes de Toledo y algún que otro cerro "testigo".

La vegetación potencial dominante es la Querción-rotundifoliae (Bellot, F. 1978), principalmente Rhmneto-Cocciferetum en las áreas básicas y, en las ácidas, comunidades de Querción-rotundifoliae con Juniperus oxycedrus como especie diferencial.

La climax de la vegetación natural de los Montes de Toledo y estribaciones corresponden al orden Quercetalia ilicis en altitudes que, como en nuestro caso, son generalmente inferiores a los 700 m., con dominio de la alianza Querción faginae.

En los enclaves salinos se encuentra una vegetación de Tamaricetalia, Salicornietalia y Thero-Suaedeta.

Sin embargo, y debido a que la zona presenta un alto grado de actividad humana, la vegetación natural se encuentra muy restringida frente a los cultivos. En relación con éstos, debemos destacar el dominio de la superficie labrada sobre la no labrada y, dentro de la primera, los cultivos herbáceos dominan sobre los arbóreos y arbustivos.

En las superficies no labradas predominan las que presentan pastos sobre las que no los tienen.

Los cultivos más importantes son: cereales, leguminosas, viñedo, olivar, patata, maíz y alfalfa. Dentro de los cereales predominan el trigo y la cebada.

La superficie forestal no es rentable y su superficie despreciable.

En relación con el clima de la zona, éste se encuentra caracterizado por unas precipitaciones anuales de unos 400 mm., y por unas temperaturas medias anuales de unos 13.º C. Los índices de Lang y Dantin-Revenga lo clasifican en el sector árido y el índice de Martonne en el seco mediterráneo.

Los índices de Thornthwaite obtenidos a partir de los balances hídricos realizados con datos procedentes de observatorios de la zona, clasifican el clima como semiárido mesotérmico con pequeño exceso de agua en invierno.

Los suelos dominantes en la región pertenecen a los órdenes entisol e inceptisol, representando estos últimos alrededor del 70% de la extensión total de la zona (Gumuzio, J. 1979, 1982). En conjunto, los procesos erosivos actúan eficazmente sobre ellos y se constituyen en el principal factor limitante de su evolución.

METODOLOGIA

Para la realización de este trabajo se han utilizado algunos estudios previos sobre los suelos de la región (Gumuzio, J. y col. 1979, 1981 y 1982); así como, la fotointerpretación y mapa de suelos de la misma (Gumuzio, J. 1979).

Las clases de Capacidad de Uso empleadas las definimos, según el Soil Conservation Service, como agrupamientos de suelos que presentan el mismo grado de limitaciones y/o de riesgos de destrucción semejantes que afectan a su uso durante un periodo de tiempo largo. Los criterios de diferenciación de las clases son las limitaciones resultantes del suelo y del clima en relación al uso, explotación y productividad.

Dentro de la zona se han establecido las siguientes clases cuyas características se comentarán posteriormente:

Clase B. Suelos con Capacidad de Uso elevada.

Clase C. Suelos con Capacidad de Uso media.

Clase D. Suelos con Capacidad de Uso baja.

Clase E. Suelos con Capacidad de Uso muy baja.

La Clase A, Suelos con Capacidad de Uso muy elevada, no se ha considerado por no existir dentro de la zona.

Las subclases son grupos de suelos de una misma clase que presentan la misma especie de limitación dominante o de riesgos de destrucción. Las subclases encontradas en cada una de las clases anteriormente citadas son:

Subclase e. Constituida por el conjunto de suelos de una clase en que la susceptibilidad, los riesgos o los efectos de la erosión constituyen el factor dominante de limitación.

El riesgo de erosión (resultante de la susceptibilidad de los materiales a la erosión y de la pendiente) y, en ciertos casos, el grado de erosión son aquí, los dos principales factores a considerar.

Subclase s. Constituida por el conjunto de suelos de una clase que presentan limitaciones en la zona radicular. Los principales factores que determinan estas limitaciones son: el espesor efectivo, la sequía asociada a la baja capacidad de agua utilizable, la salinidad, los afloramientos rocosos, fertilidad, pedregosidad... etc.

CLASES DE CAPACIDAD DE USO EN LA ZONA

Clase B. Suelos con Capacidad de Uso elevada.—Los suelos de esta clase ocupan posiciones fisiográficas estables con topografías llanas o suavemente onduladas y pendientes moderadas (de hasta el 8%). Los riesgos de erosión son bajos y sus limitaciones moderadas.

El espesor efectivo es reducido pero nunca inferior a los 35 cms., y presentan largos y frecuentes periodos con deficiencia de agua.

Estos suelos se encuentran escasamente afectados en algún periodo del año, por exceso de agua y, en general, no padecen inundaciones o éstas son excepcionales.

En superficie presentan algunos elementos gruesos (por lo general fragmentos de caliche) y/o pequeños cantos cuarcíticos rodados, que no dificultan el empleo de maquinaria agrícola.

Los afloramientos rocosos son poco frecuentes y no constituyen obstáculo importante para el empleo de maquinaria agrícola.

Los niveles de salinidad son bajos y no afectan al desarrollo normal de las plantas.

Dentro de esta clase se han incluido las asociaciones en las que dominan los siguientes suelos, (el orden es representativo en cuanto a su extensión en la clase):

- Calcixerollic xerochrepts.
- Petrocalcic xerochrepts.
- Typic xerochrepts.
- Dystric xerochrepts.

Clase C. Suelos de Capacidad de Uso media.—Los suelos de esta clase presentan una capacidad de Uso inferior a la precedente. Los riesgos de erosión a que están sometidos son de moderados a altos y las limitaciones acentuadas, necesitando una explotación todavía más cuidadosa, o prácticas de conservación más complejas. El número de cultivos y de rotaciones es también, en principio, más reducido. Son empleados generalmente para labor moderadamente intensiva, olivar y vid.

Se caracterizan por un espesor efectivo no inferior a los 25 cms., ocupando áreas con topografías de suavemente onduladas a ondu-

das y pendientes moderadamente acentuadas. Presenta deficiencia de agua todo o casi todo el periodo estival y durante el periodo otoño-primavera presentan con frecuencia, durante periodos no muy largos, deficiencias de agua. No se encuentran afectados por excesos de agua y las inundaciones son ocasionales.

En estos suelos, los elementos gruesos pueden dificultar aunque no impedir, el empleo de maquinaria agrícola. Los afloramientos rocosos pueden en algún caso impedir el empleo de maquinaria agrícola pesada pero afectan poco a la ligera.

La salinidad de estos suelos es baja y no provoca limitaciones apreciables en los cultivos.

Se ha incluido en esta clase las asociaciones en las que dominan los suelos siguientes:

- Petrocalcic xerochrepts.
- Calcixerollic xerochrepts.
- Typic xerorthents.
- Calcic rhodoxerals.

(El orden de los mismo es representativo en cuanto a su extensión en la clase).

Clase D. Suelos con baja Capacidad de Uso.—Pertenecen a esta clase aquellos suelos escasamente susceptibles de utilización agrícola, dedicados en general a monte bajo y pastos.

De entre los factores limitantes que pueden presentar destaca el espesor efectivo reducido, frecuentemente inferior a los 25 cms. Los riesgos de erosión son elevados debido fundamentalmente a la susceptibilidad de los materiales a la erosión, aunque en otros casos las pendientes acentuadas contribuyen predominantemente a los riesgos de erosión.

Estos suelos presentan deficiencia de agua durante todo el periodo estival y en el periodo otoño-primavera presentan, durante periodos relativamente largos, deficiencia de agua. El exceso de agua al igual que las inundaciones, o no existen, o son ocasionales. La pedregosidad puede impedir, en algún caso, el empleo de maquinaria delicada y afectar a las restantes. Los afloramientos rocosos apenas existen o son reducidos de modo que no afecta al empleo de la maquinaria agrícola. La salinidad es baja ocasionando pocas o ninguna limitación.

Dentro de esta clase, quedan incluidos los siguientes suelos pertenecientes a diversas asociaciones:

- Dystric-lithic xerochrepts.
- Dystric xerochrepts.
- Typic xerorthents.
- Typic xerofluvents.

Clase E. Suelos con Capacidad de Uso muy baja.—Se incluyen en esta clase aquellos suelos no susceptibles de utilización agrícola, dotados de limitaciones severas para pastos y explotación de monte bajo o forestal.

De entre las limitaciones que estos suelos presentan, destaca su escaso espesor efectivo, en general, inferior a 15 cms. Los riesgos de ero-

sión son muy elevados en topografías abruptas y onduladas con pendientes acentuadas.

La subclase e presenta deficiencia de agua, la cual se limita al periodo estival y a etapas no muy largas durante el periodo otoño-primavera. Los suelos de esta subclase no están afectados por excesos de agua ni por inundaciones; mientras que la subclase s, se presenta con cierta frecuencia afectada por exceso de agua y con poco frecuentes pero probables inundaciones en determinadas épocas del año.

La subclase e presenta bastantes o muchos elementos pedregosos, que pueden impedir el empleo de una maquinaria delicada y en ocasiones cualquier otra maquinaria. De igual modo, en esta subclase, los afloramientos rocosos pueden, en ocasiones, afectar o impedir el empleo de maquinaria pesada y aún ligera.

La subclase s presenta algunos elementos pedregosos que no impiden pero afectan ligeramente a una maquinaria delicada. La salinidad introduce en esta subclase severas limitaciones debido a la presencia de altos contenidos en sales solubles. Por el contrario, la subclase e no se presenta apenas afectada por la salinidad.

Se incluyen en esta clase los siguientes suelos:

- Typic xerorthents.
- Lithic xerorthents.
- Typic xerofluvents.
- Typic torriorthents.
- Typic Salorthids.
- Aquollic Salorthids.
- Typic Gypsiorthids.

RESUMEN

Se realiza un estudio de la Capacidad de Uso de los suelos de la Región de Ocaña (Toledo).

Los autores exponen las características de las clases y subclases de Capacidad de Uso encontradas y aportan un mapa generalizado, escala 1: 100.000, de la Capacidad de Uso de los suelos de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- GUMUZZIO, J. (1979). Los suelos de la región de Ocaña. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- GUMUZZIO, J. y col. (1981). Contribución al estudio de suelos salinos en la Submeseta Sur (Toledo). Anal. Edaf. y Agrobiol. Tomo XL, Núm. 7-8. Madrid.
- GUMUZZIO, J. y col. (1982). Formaciones edáficas en la región de Ocaña (I). Entisoles. Anal. edaf. y Agrobiol. Madrid. (en prensa).

- GUMUZZIO, J. (1982). Formaciones edáficas en la región de Ocaña. (II). Inceptisoles y Alfisoles. Anal. Edaf. y Agrobiol. Madrid. (en prensa).
- GUMUZZIO, J. y col. (1982). Aspectos edafogeoquímicos de la salinidad en la Submeseta Sur (Toledo). I. Estudio Hidrogeoquímico. Anal. Edaf. y Agrobiol. Tomo XLI, Núm. 1-2, Madrid.
- GUMUZZIO, J. y col. (1983). Aspectos edafogeoquímicos de la salinidad en la submeseta Sur (Toledo). II. Estudio edafogeoquímico. Anal. Edaf. y Agrob. Madrid. (en prensa).
- JIMENEZ, R. (1976). Formaciones edáficas sobre materiales carbonatados en clima mediterráneo de la provincia de Castellón de la Plana. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- SANCHEZ, J., GUERRA, A. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1979). Las clases y subclases de Capacidad de Uso de los suelos de Gran Canaria. Anal. Edaf. y Agrobiol. T. XXXVIII. Madrid.

Recibido para publicación: 2-II-84.

LA FRACCION ARCILLA DE SUELOS PODSOLIZADOS DE LAS INMEDIACIONES DEL LAGO SAN MAURICIO (PIRINEO ILERDENSE).

Por

L. J. ALIAS PEREZ Y R. J. ORTIZ GONZALEZ

Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas,
Universidad de Murcia.

SUMMARY

CLAY MINERALOGY OF PODSOLIZED SOILS FROM THE SURROUNDINGS OF LAGO SAN MAURICIO (LERIDA PYRENEES)

The present paper gives the results of the clay mineralogical study of three soil Humods profiles from the surroundings of Lago San Mauricio (Lérida Pyrenees), as well as of some phyllosilicates macrocrystals separated from the coarse sand fraction. The obtained results clearly show changes suffered by the minerals in their evolution. In general, clay size illite (mica) changes into vermiculite through different interstratified minerals, such as I-(10-14_V), I-(10-14_V)-Y, I-(10-14_V)-V and I-V, while in the A1 horizons the evolution of illite leads to the formation of interstratified minerals of 10-(10-14_M), (10-14_M), and (10-14_M) type. Chlorite, an abundant mineral in the C horizons. Besides these transformations of the 2:1 minerals, kaolinite neoformation takes place.

The study of separated macrocrystals confirms the above given 2:1 minerals evolution, though the illite transformation into vermiculite is here less pronounced than in the clay fraction, so that (10-14_V) interstratified mineral are identified.

INTRODUCCION

En una anterior publicación (Alias y Ortiz González, 1983) hemos dado cuenta de los aspectos más destacados relativos a macromorfología, características analíticas generales, génesis y clasificación de tres perfiles de suelos podsolizados situados en las inmediaciones del Lago San Mauricio, en pleno Pirineo Ilerdense, que corresponden a Humods y de los que se realiza en este trabajo el estudio mineralógico de la fracción arcilla, así como también el de diversos macrocristales de filosilicatos, a fin de obtener mayor información sobre la evolución de estos minerales.

MATERIALES Y METODOS

Se ha estudiado la fracción arcilla extraída tras dispersión de la tierra fina con hexametáfosfato sódico al 5 por 100, una vez eliminada la materia orgánica por tratamiento con H_2O_2 (Kunze, 1965; Kunze y Rich, 1959), obteniendo los diagramas de difracción de rayos X de las muestras sometidas a los tratamientos previos necesarios para la adecuada caracterización de los diferentes minerales, tales como la solvatación con etilenglicol (Hendricks y Dyal, 1950) y el calentamiento y ataque ácido (Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961).

Por otra parte se han separado manualmente a partir de la fracción arena, macrocristales de silicatos laminares que, tras molienda en micro-mortero de ágata y en presencia de etanol, han sido estudiados por difracción de rayos X.

Para el estudio de materiales amorfos en los horizontes B se ha realizado la extracción de la arcilla tras dispersión con ultrasonido en medio ácido (Farmer, Fraser, Russell y Yoshinaga, 1977).

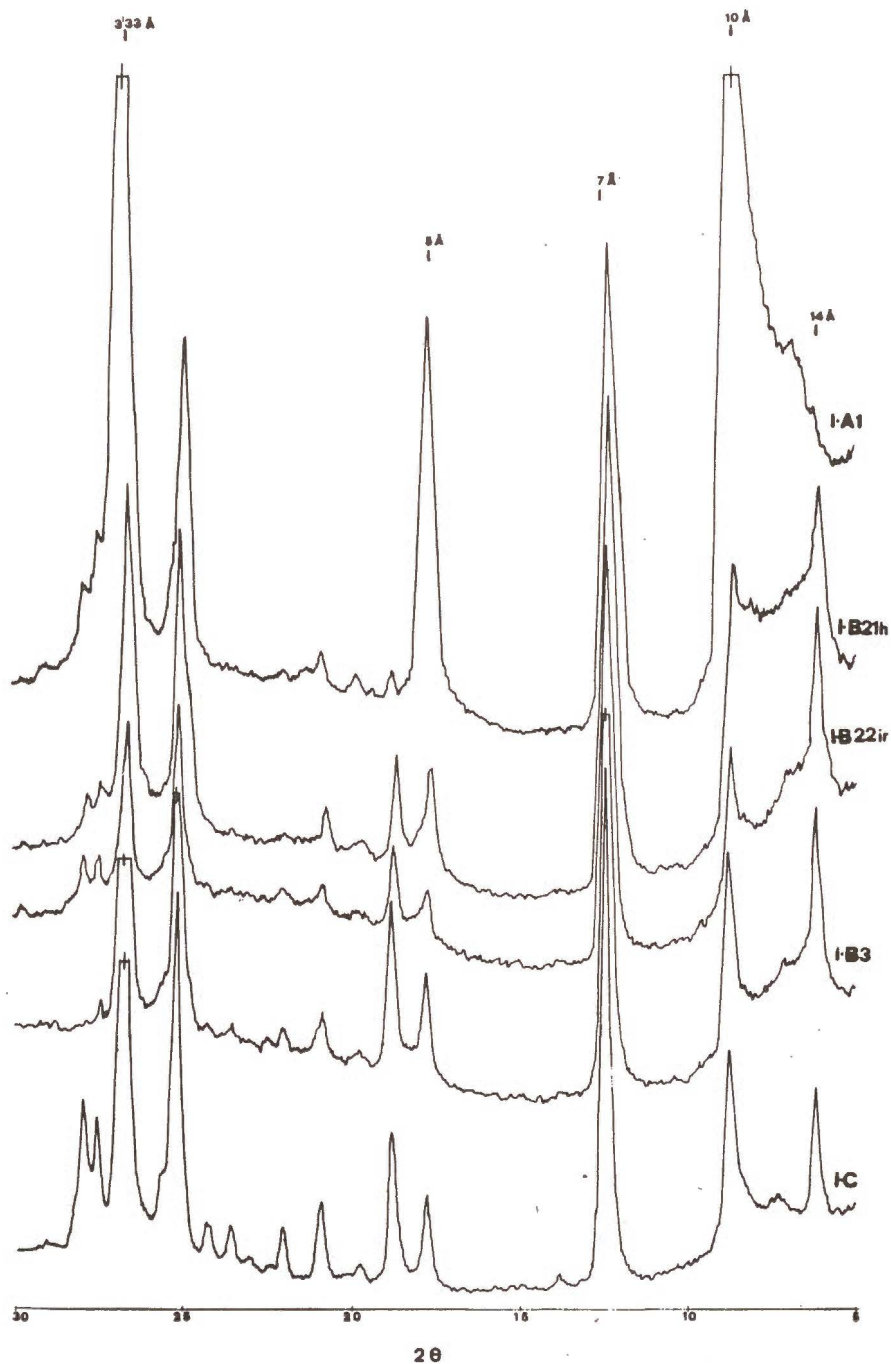
INTERPRETACION Y COMENTARIO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Composición mineralógica de la fracción arcilla

En todos los perfiles se observa una composición mineralógica cualitativa semejante de la fracción arcilla y tan sólo hay algunas diferencias cuantitativas, tanto entre perfiles distintos como dentro de los horizontes del mismo perfil.

En los diagramas de difracción de rayos X de agregado orientado de las diferentes muestras sin tratamiento previo, Figs. 1, 2 y 3, aparecen reflexiones bien definidas a 7, 10 y 14 Å, seguidas de órdenes superiores, con diversos efectos de reflexión, generalmente débiles, entre los 10 y 14 Å, además de reflexiones características de minerales no laminares, tales como el cuarzo (4,25, 3,33 Å) y feldespatos (6,38, 4,02, 3,21, 3,19 Å).

Como quiera que en ningún caso se observa expansión del efecto a 14 Å al solvatar con etilenglicol, tal como ilustra la Figura 4 para algunos horizontes, puede concluirse que no existen smectitas (Mac Ewan, 1944, 1946; Bradley, 1945; White y Jackson, 1947), si bien se reconoce la presencia de una escasa proporción de interestratificados $10\text{-}(10\text{-}14_M)$, $(10\text{-}14_M)$ y $(\underline{10}\text{-}14_M)$ en los horizontes A1, a juzgar por la ligera expansión que experimentan los efectos de difracción entre 10 y 14 Å y su colapsamiento a 10 Å cuando se calienta a 550.° C Fig. 5, (Thorez, 1975; 1976). En los horizontes B y C se presentan reflexiones en torno a los 12 Å, que a veces están bien definidas, o los picos correspondientes a 10 ó 14 Å son apreciablemente asimétricos, Figs. 1, 2 y 3, cuyo comportamiento tras solvatación con etilenglicol, Fig. 6, y calentamiento a 550.° C, Fig. 7, indica la presencia en los perfiles y horizontes que se indican de los minerales interestratificados:

FIG. 1.— Difractogramas de A.O. de arcillas, Perfil I. S:2-10³.

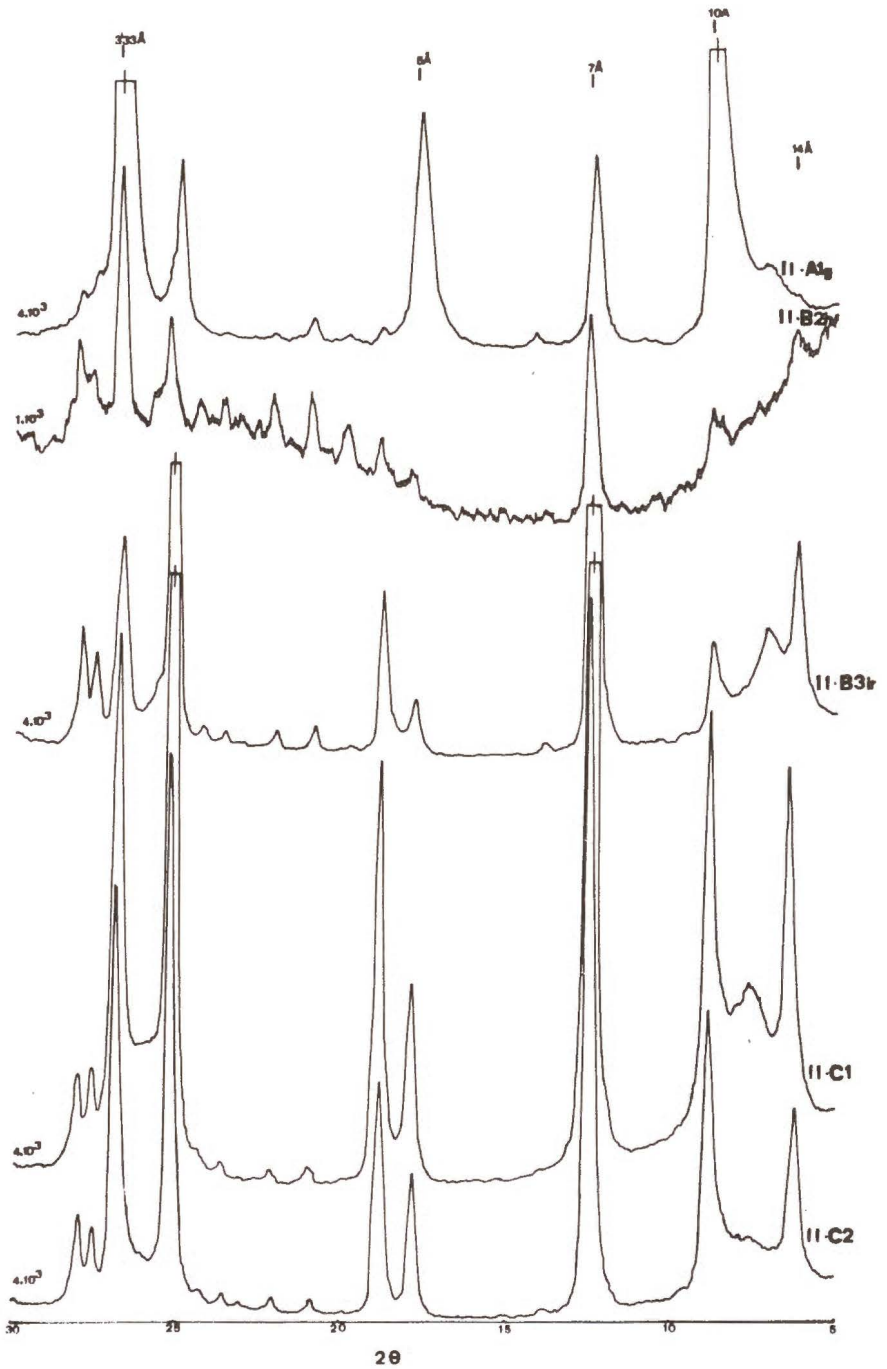


FIG. 2.— Difractogramas de A.O. de arcillas. Perfil II.

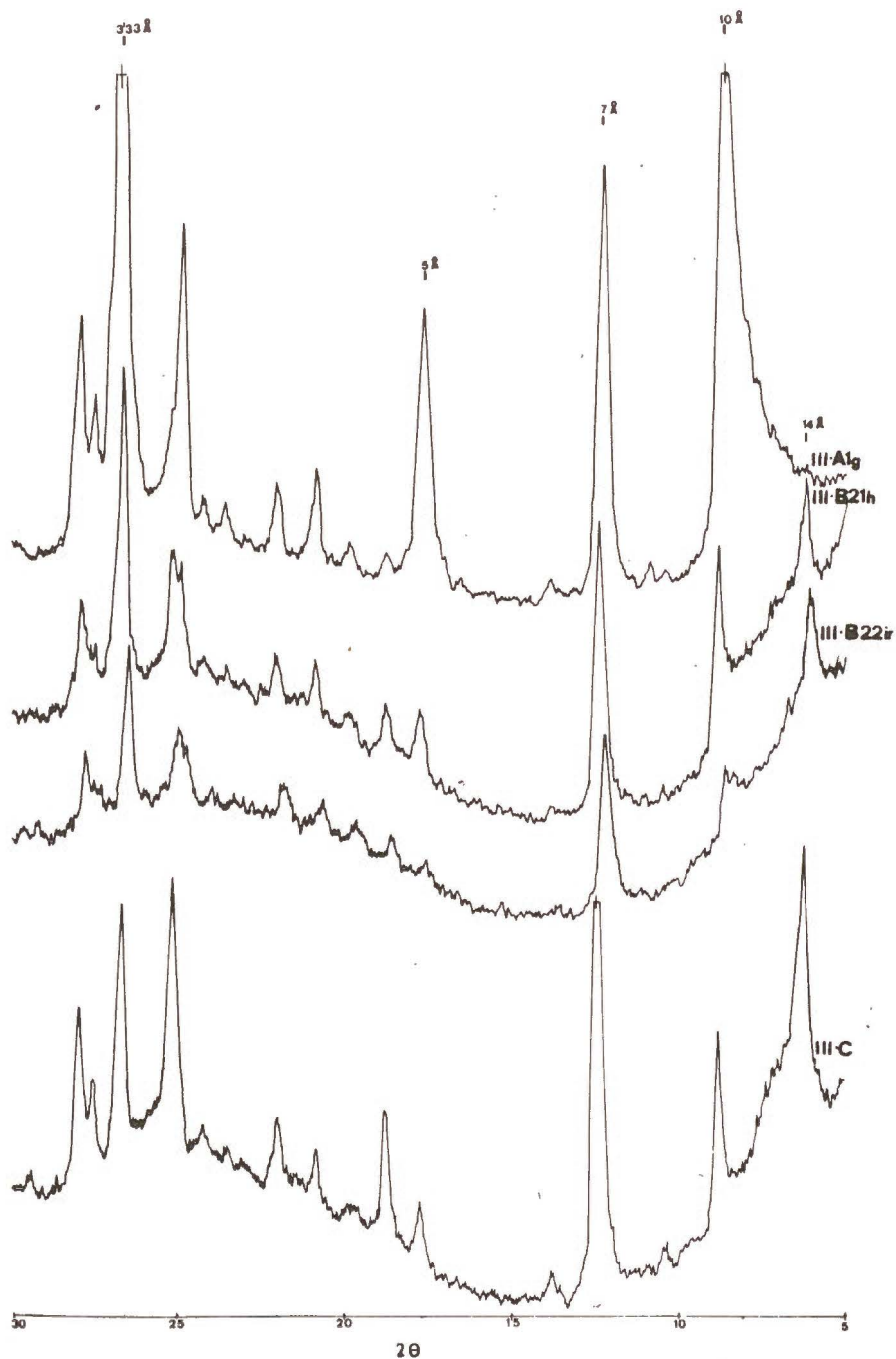


FIG. 3.— Difractogramas de A.O. de arcillas. Perfil III. S:1-10³.

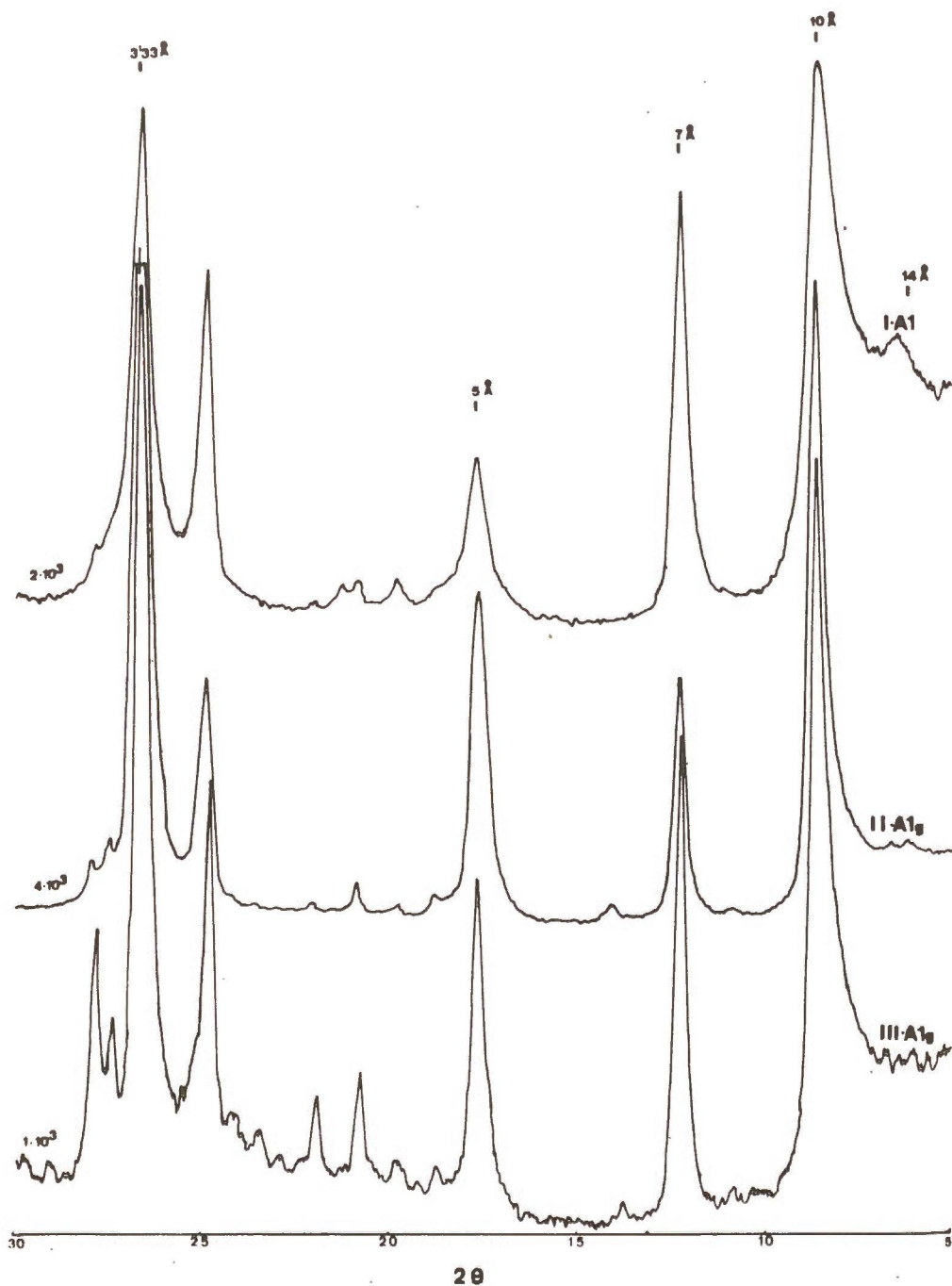


FIG. 4.—Difragtogramas de A.O. de arcillas-E.G.
Horizontes A1. Perfiles I, II y III.

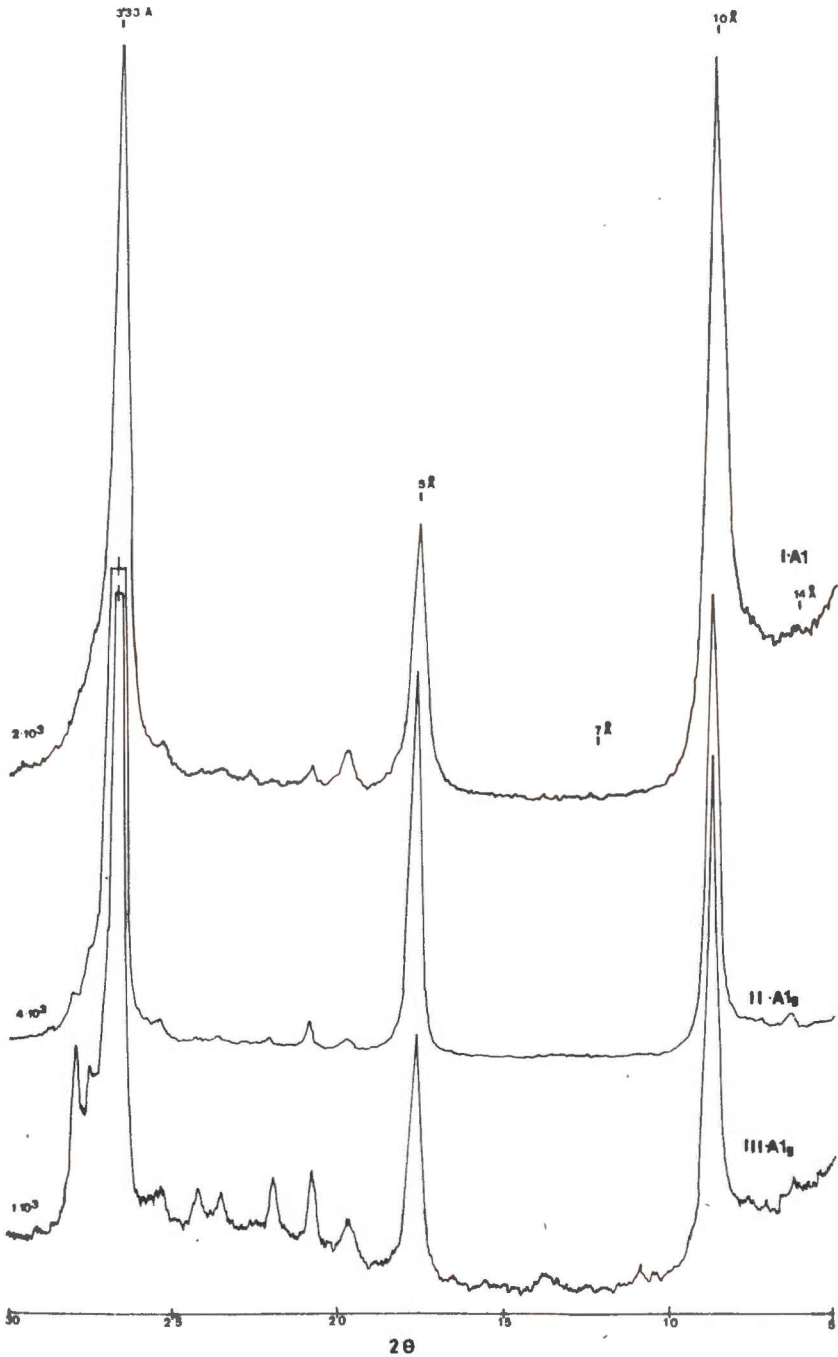


FIG. 5.— Difractogramas de A.O. de arcillas-550°C.
Horizontes A1. Perfiles I, II y III.

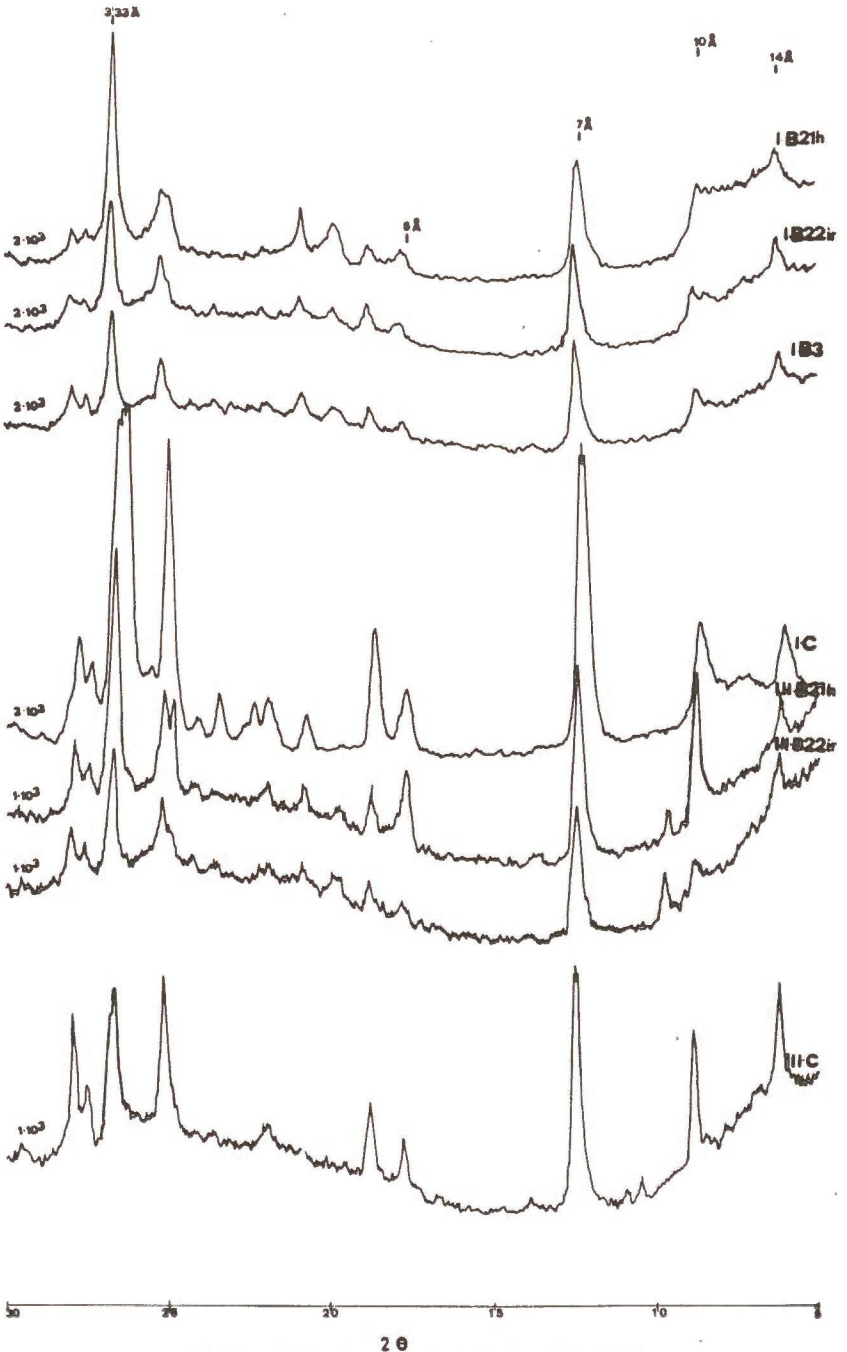


FIG. 6.—Difragogramas de A.O. de arcillas-E.G. Horizontes B y C. Perfiles I y III.

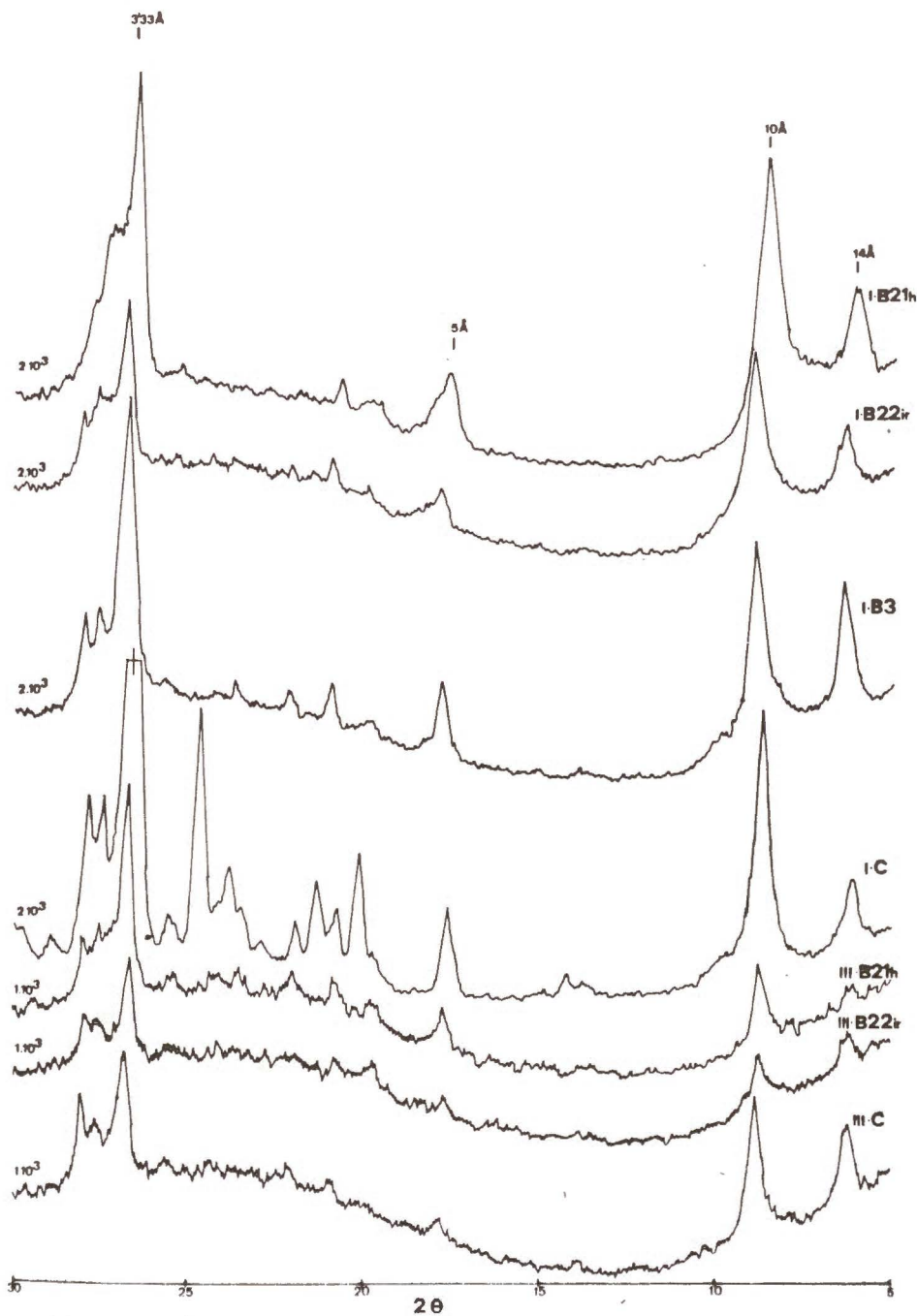


FIG. 7.— Difractogramas de A.O. de arcillas-550°C.
Horizontes B y C. Perfiles I y III'

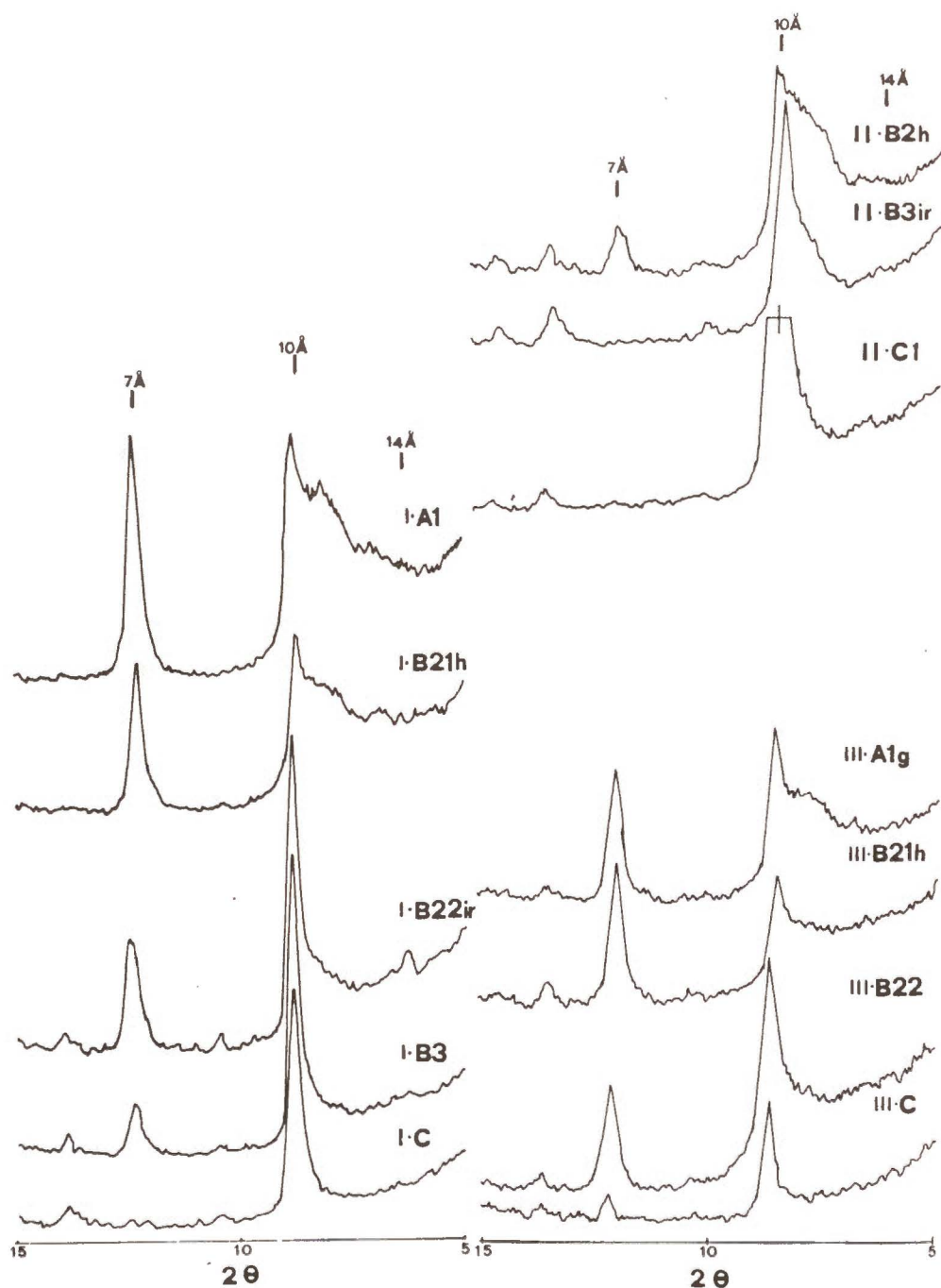


FIG. 8.— Difractogramas de A.O. de arcillas-A.A. S:1-10³. Perfil I. Horizontes B y C1. Perfil II. Perfil III.

I-(10-14_v) en I-B21h; I-(10-14_v)-Y en I-B22ir, I-B3 y III-C; I-(10-14_v)-V en II-B2h, III-B21h y III-B22ir e I-V en I-C, II-B3ir, II-C1 y II-C2, según los símbolos utilizados por Thorez (1975, 1976).

Los diagramas de agregado orientado de las muestras sometidas a ataque ácido previo muestran que la caolinita es un constituyente común a relativamente abundante en los horizontes A y B, Fig. 8, mientras que está ausente o es muy escasa en la fracción arcilla de los C.

En definitiva, el comportamiento experimentado en los distintos tratamientos pone de manifiesto que los silicatos laminares principales son ilita, caolinita, clorita y vermiculita, siendo particularmente abundante en todos los horizontes la ilita, que se encuentra más o menos alterada a montmorillonita o vermiculita, como indica la presencia de los minerales interestratificados antes citados, y le sigue en orden de abundancia la caolinita en los horizontes superiores y la clorita en los de profundidad, mientras que la vermiculita es siempre escasa y se presenta principalmente en los horizontes de profundidad.

Con frecuencia, los diagramas de difracción presentan una banda ancha, que se extiende desde aproximadamente un ángulo de Bragg $2\theta = 18^\circ$ hasta $2\theta = 30^\circ$ y está particularmente bien definida en los horizontes B2. Se trata de un efecto de difracción que indica la presencia de materiales amorfos o criptocristalinos, a los que, por otra parte, se debe que el grado de orientación de los silicatos laminares sea menor que en los horizontes cuya fracción arcilla no contiene tales productos.

Al objeto de identificar los posibles materiales amorfos, se ha llevado a cabo la extracción de arcilla de los horizontes B2 y B3 de los distintos perfiles a pH: 3 tras dispersión con ultrasonido, como recomiendan Farmer, Fraser, Russell y Yoshinaga (1977), Violante y Tait (1978) y Wada, Eto y Wada (1979), entre otros, y su ulterior estudio por difracción de rayos X y por espectrofotometría infrarroja. Por lo que respecta al primero de estos estudios, hay que señalar que no se registra ninguna difracción que permita afirmar la presencia de imogolita, si bien sigue apareciendo la banda anteriormente citada, que corresponde a productos amorfos o criptocristalinos del tipo del alofán y la protoimogolita, cuya presencia en muy escasa proporción se confirma por la banda de absorción a 348 cm^{-1} , característica de este tipo de materiales y de la propia imogolita (Farmer, Fraser, Russell y Yoshinaga, 1977).

Evolución mineralógica

Los resultados del estudio mineralógico hasta aquí comentados ponen de manifiesto que los minerales de la arcilla han experimentado cambios importantes en su evolución, como es de esperar en suelos cuya génesis transcurre bajo unas condiciones de agresividad química intensa, como consecuencia de lo cual algunos minerales llegan a desaparecer, al propio tiempo que otros sufren hondas transformaciones. Como fenómeno más ostensible destaca la evolución de la ilita a vermiculita a través de distintos minerales interestratificados, particularmente abundantes en los horizontes B y C, mientras que en los horizontes A

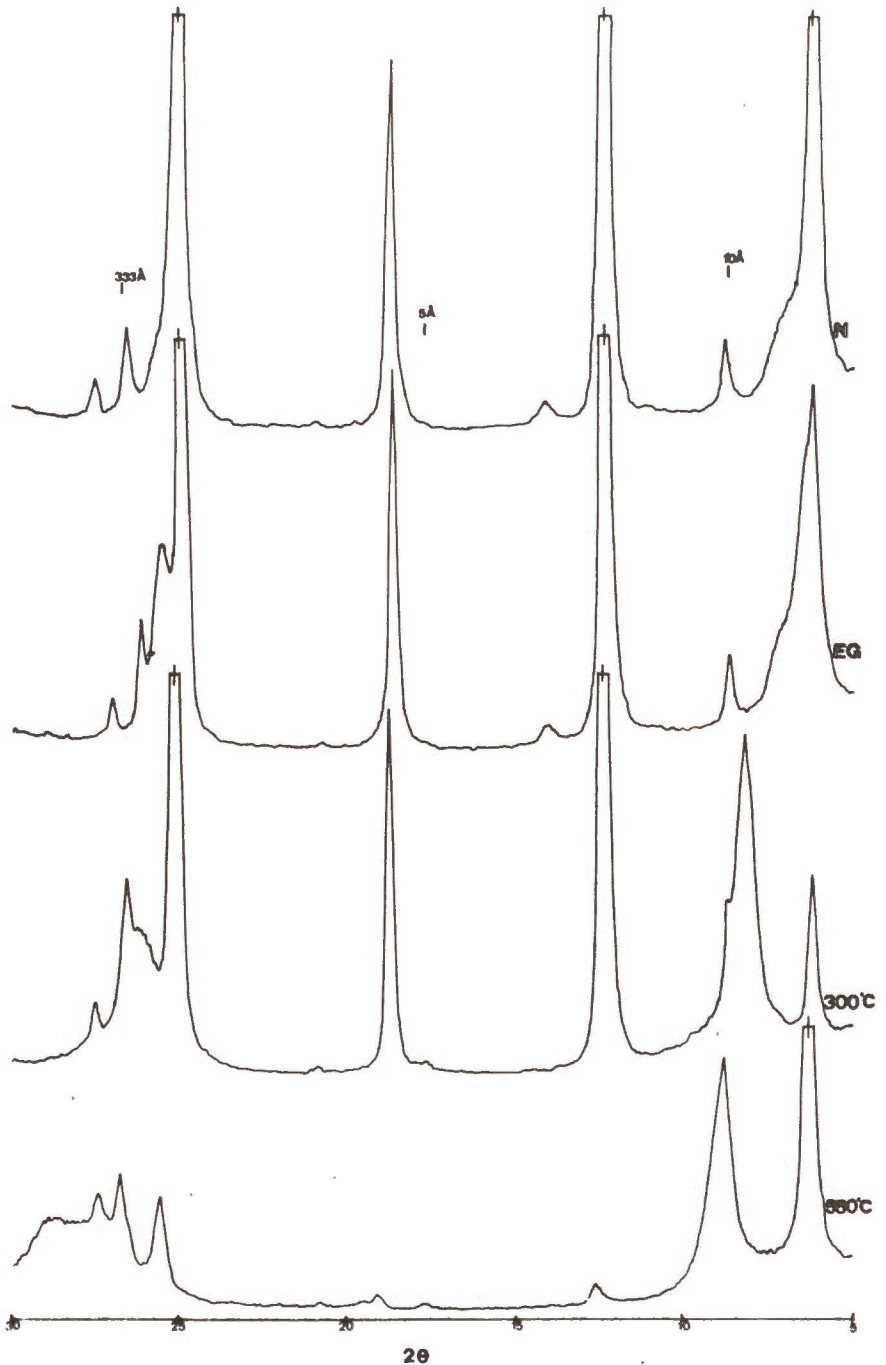


FIG. 9.— Difractogramas de A.O. de macrocristales-natural-E.G.-300°C-550°C.
Horizonte C1, Perfil II, S: $4 \cdot 10^3$.

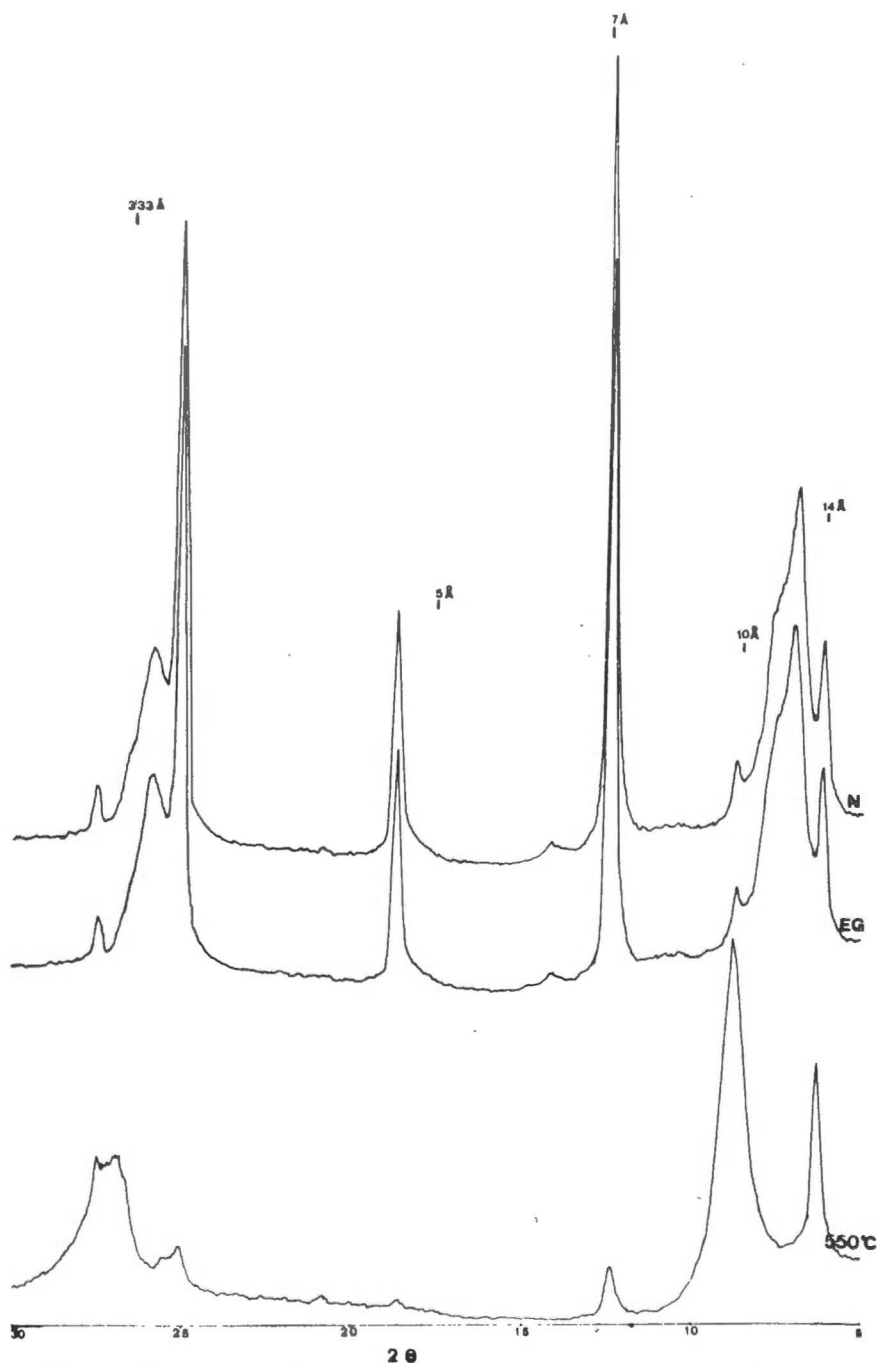


FIG. 10.— Difractogramas de A.O. de macrocristales natural-E. G.-300°C-550°C.
Horizonte B3ir. Perfil II. S: 4-10³.

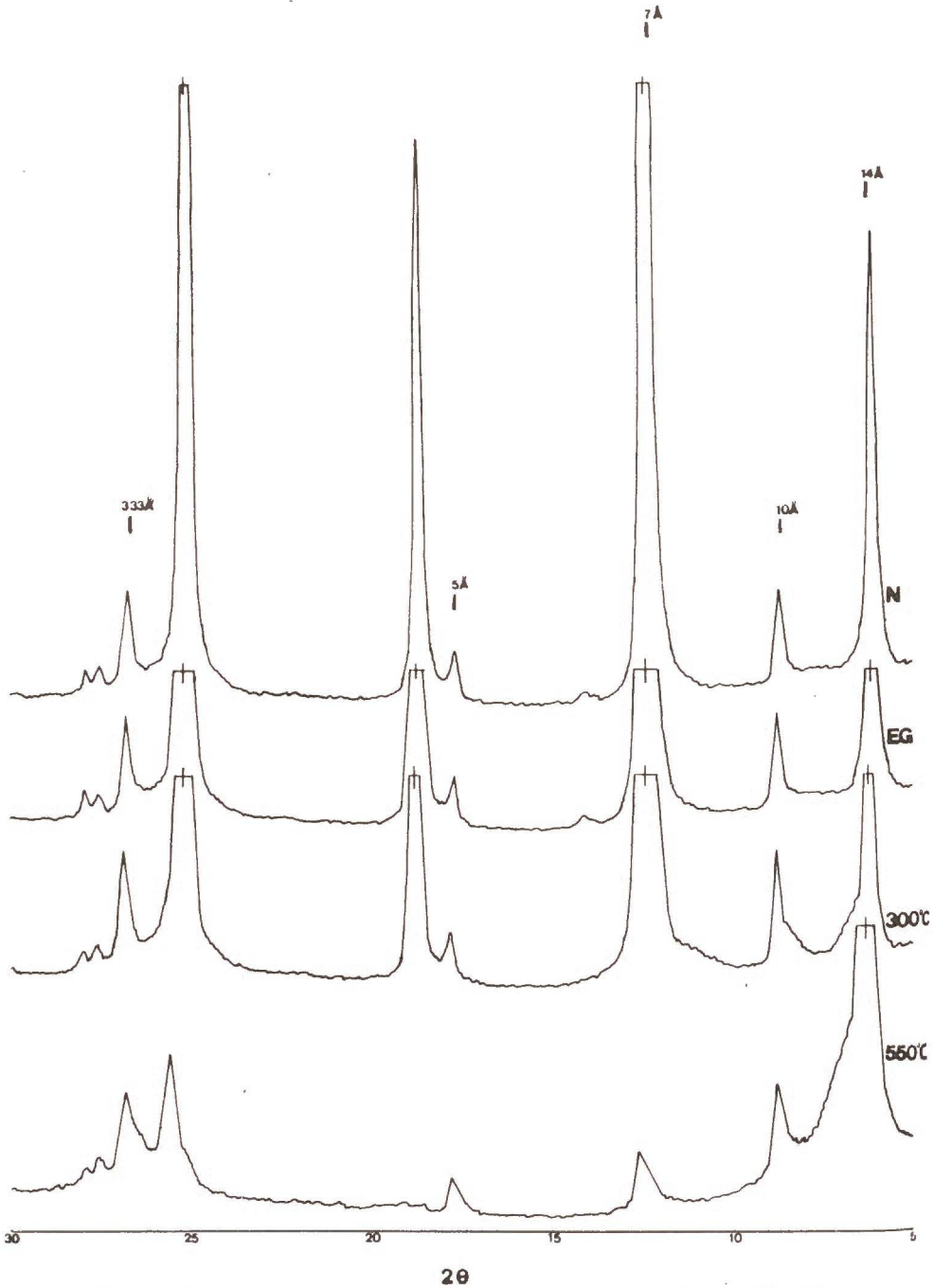


FIG. 11.— Difractogramas de A.O. de macrocristales negros-natural-E.G.-300°C-550°C.
Horizonte B2h. Perfil II. S: $4 \cdot 10^3$.

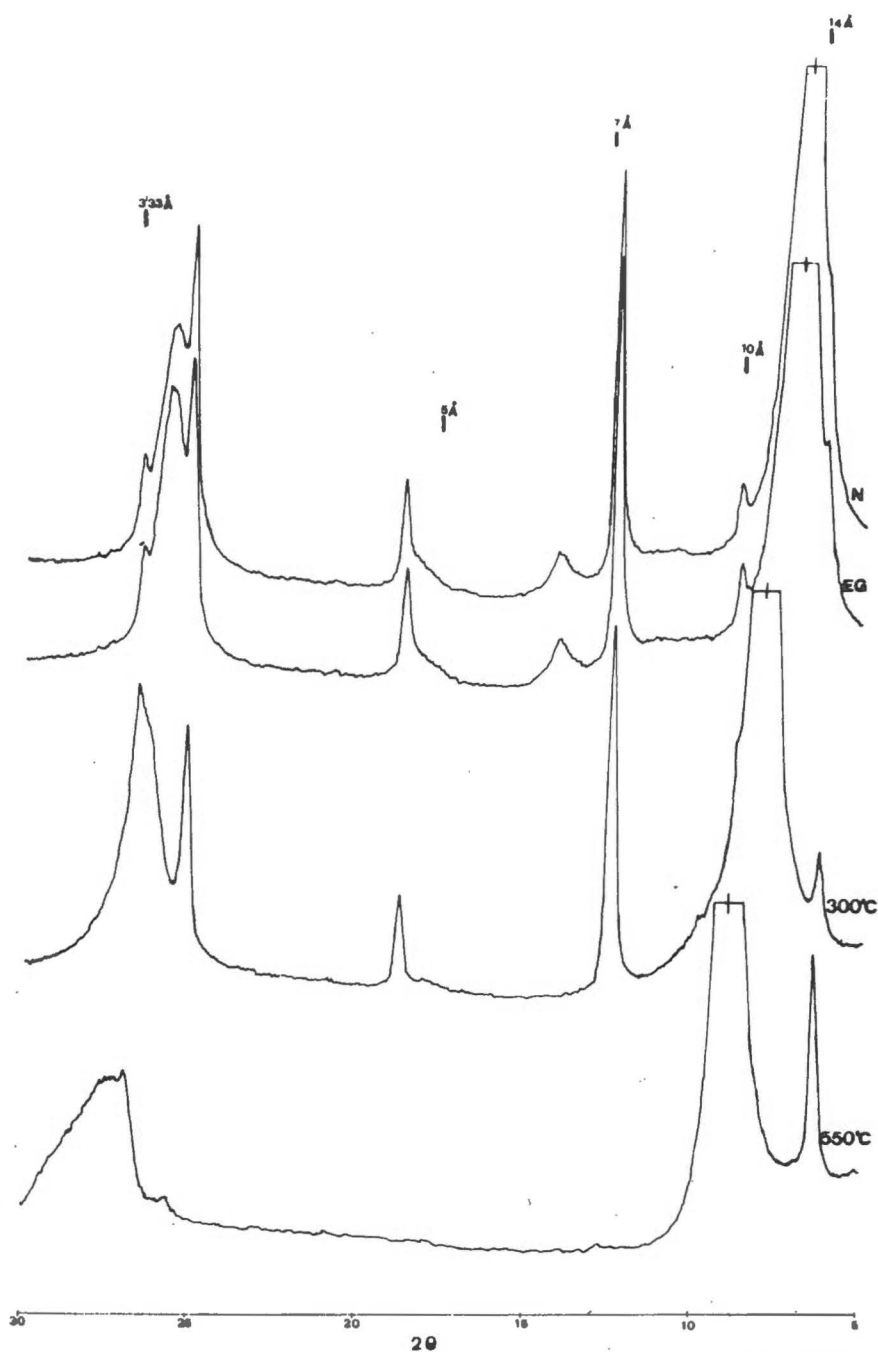


FIG. 12.—Difragtogramas de A.O. de macrocristales amarillos-natural-E.G.-300°C-550°C. Horizonte B2h. Perfil II. S: $4 \cdot 10^3$.

la evolución es aún más avanzada y se llega a la formación de interestratificados $10\text{-}(10\text{-}14_M)$, $(10\text{-}14_M)$ y $(\underline{10}\text{-}14_M)$, en los que el componente de 14 \AA es una smectita de degradación.

Por otra parte, la clorita, abundante en los horizontes C, se destruye paulatinamente para llegar a desaparecer en los horizontes A y un camino similar sigue la vermiculita, mientras que, por el contrario, pese al lavado intenso que caracteriza a estos suelos, tiene lugar una neoformación de caolinita en los horizontes A y B, probablemente a partir de los productos liberados en la alteración de los otros minerales de la arcilla, así como de los minerales primarios, principalmente feldespatos; parte de la sílice y el aluminio liberados en dicha alteración quedan bajo la forma de alofán o protoimogolita, constituyentes que se encuentran en escasa proporción en los horizontes B.

Al objeto de obtener una mayor información sobre la evolución de los filosilicatos, se estudian diversos macrocristales separados de la arena gruesa de los horizontes B2h, B3ir y C1 del perfil II. Aunque la separación no ha sido completa, puesto que se identifica a veces una pequeña proporción de feldespatos, se han obtenido unos difractogramas de los silicatos laminares muy ilustrativos, que muestran lo siguiente:

Los macrocristales del horizonte C1 principalmente están formados por clorita y vermiculita, con una pequeña proporción de mica (ilita) y de interestratificados $(10\text{-}14_V)$. En efecto, los diagramas de agregado orientado de la muestra natural y solvatada con etilenglicol, Fig. 9, presentan un efecto muy intenso a 14 \AA , seguido de órdenes superiores, que, de acuerdo con su comportamiento en el tratamiento térmico, corresponde a una mezcla de clorita y vermiculita. El pico a 14 \AA presenta una ensanchamiento en el lado de ángulos altos que corresponde a una reflexión en la zona de los 12 \AA de minerales no hinchables, que colapsan a 10 \AA por calentamiento, o sea minerales interestratificados $(10\text{-}14_V)$. A juzgar por la intensidad relativa de los tres primeros órdenes de reflexión de la mica, está esencialmente trioctaédrica (Nagelschmidt, 1937; Brown, 1955).

En el horizonte B3ir los cristales de silicatos laminares separados poseen como componente principal el interestratificado $(10\text{-}14_V)$, al que acompañan clorita y vermiculita en bastante proporción y muy escasa mica (ilita). El primer efecto de difracción consiste en una banda con intensidad máxima hacia los 12 \AA , Fig. 10, que, de acuerdo con su comportamiento tras la solvatación con etilenglicol y calentamiento, corresponde a interestratificados $(10\text{-}14_V)$ asociados a clorita y vermiculita. En efecto, la reflexión a 14 \AA , seguida de órdenes superiores que aparece en los diagramas de muestra natural y solvatada con etilenglicol, persiste al calentar y pone de manifiesto la presencia de clorita y vermiculita, ya que, si tal reflexión se debiera solamente a clorita, su intensidad tras calentamiento a $550.^\circ \text{ C}$ debería ser considerablemente mayor. La mica se comporta nuevamente como esencialmente trioctaédrica.

A partir del horizonte B2h se han separado unos macrocristales la-

minerales negros y otros amarillos. Los macrocristales de color negro están esencialmente formados por clorita, con una pequeña proporción de mica (ilita) y muy escasa de vermiculita, sin que se identifique la presencia de minerales interestratificados; así, los diagramas de muestra natural y solvatada con etilenglicol presentan una reflexión muy intensa a 14 Å, Fig. 11, seguida de órdenes superiores, que corresponde a clorita con muy escasa proporción de vermiculita, como se deduce de su desplazamiento a un ángulo ligeramente más alto tras calentamiento a 300.° C; la mica es en estos macrocristales esencialmente dioctaédrica. Los diagramas de los macrocristales amarillos, Fig. 12, son muy distintos y revelan que los interestratificados (10-14_v) son con creces el componente mayoritario, siendo responsables de una reflexión muy intensa en la zona de los 12 Å que se desplaza gradualmente hacia los 10 Å a medida que se eleva la temperatura de calentamiento, para colapsar totalmente a 550.° C; contienen además una pequeña proporción de mica esencialmente trioctaédrica, así como de minerales de 14 Å, que corresponden a clorita y tal vez algo de vermiculita.

Estos resultados confirman plenamente que la evolución de los silicatos laminares, observable incluso en macrocristales del tamaño de la arena gruesa, consiste en una transformación de la mica en vermiculita por degradación, lo que da lugar a la formación de interestratificados (10-14_v), minerales cuya evolución es aún más avanzada en la fracción arcilla, en la que se llega a la destrucción de la vermiculita y la clorita y la formación de una proporción muy escasa de smectitas de degradación en forma de interestratificados con la ilita.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de la mineralogía de la fracción arcilla de los suelos podsolizados de las inmediaciones del Lago San Mauricio, es posible establecer las siguientes conclusiones:

1. La composición mineralógica de la fracción arcilla muestra una evolución de las micas a vermiculita, a través de diversos interestratificados, llegándose en los horizontes superiores a la destrucción de la vermiculita, así como de la clorita, y la neoformación de caolinita, al propio tiempo que se observa una ligera evolución de la ilita a smectitas de degradación, presentes bajo la forma de interestratificados, mientras que en los horizontes B existe una pequeña proporción de materiales amorfos o criptocristalinos del tipo del alofán y de la imogolita.

2. La evolución de las micas a vermiculita y consiguiente existencia de interestratificados a base de ambos componentes se pone de manifiesto incluso en macrocristales del tamaño de la arena gruesa mediante el estudio difractométrico correspondiente que, además, permite reconocer la naturaleza esencialmente trioctaédrica de las micas.

RESUMEN

El presente trabajo recoge los resultados del estudio de la mineralogía de la fracción arcilla de tres perfiles de Humods localizados en las inmediaciones del Lago San Mauricio (Pirineo Ilerdense), así como de algunos macrocristales de filosilicatos separados de su arena gruesa. Tales resultados ponen de manifiesto que los minerales de la arcilla han experimentado cambios importantes en su evolución. En general, ocurre en la fracción arcilla una evolución de illita (mica) a vermiculita, a través de interestratificados del tipo de I-(10-14_V), I-(10-14_V)-V, I-(10-14_V)-V e I-V, mientras que en el caso de los horizontes A1, se llega a la formación de interestratificados 10-(10-14_M), (10-14_M) y (10-14_M). La clorita abundante en los horizontes C, se destruye paulatinamente, llegando a desaparecer en los A, al igual que la vermiculita. Además de estas transformaciones de los minerales de tipo 2:1, tiene lugar una neoformación de caolinita.

El estudio de los macrocristales confirma plenamente la evolución los silicatos laminares del tipo 2:1, si bien aquí la transformación de las micas en vermiculita es menos avanzada que en la fracción arcilla, de tal manera que se identifican interestratificados (10-14_V).

BIBLIOGRAFIA

- ALIAS, L. J. y ORTIZ GONZALEZ, R. 1984. Caracterización edafogenética de los suelos podsolizados de las inmediaciones del Lago San Mauricio (Pirineo Ilerdense). I. Congreso Nacional de Ciencia del Suelo, vol. II, 575-587.
- BRADLEY, W. F. 1945. Molecular associations between montmorillonite and some polyfunctional organic liquids. *J. Am. Chem. Soc.* 67, 975-981.
- BROWN, G. 1955. Effect of isomorphous substitution on intensities of 001 reflections of mica. *Miner. Mag.* 30, 657-665.
- FARMER, V. C., FRASER, A. R., RUSSELL, J. D. y YOSHINAGA, N. 1977. Recognition of imogolite structures in allophanic clays by infrared spectroscopy. *Clay Minerals*, 12, 55-58.
- HENDRICKS, S. B. y DYAL, R. S. 1950. Retention du glycol par les montmorillonites. 4th Intern. Congr. Soil Science, II, 71. Amsterdam.
- KUNZE, G. W. 1965. En C.I. Rich, L. F. Seatz y G. W. Kunze, ed. Certain properties of selected Southeastern United States Soils and mineralogical procedures for their study. Southern Coop. Series Bul, 61, 135-146.
- KUNZE, G. W. 1965. Pretreatment for mineralogical studies analysis. En *Methods of Soil Analysis*, Part. 1, 573-574. Amer. Soc. of Agro. Inc. Madison, Wisconsin.
- MARTIN VIVALDI, J. L. y RODRIGUEZ GALLEGU, M. 1961. Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction. I. Chlorite-caolinite mixtures. *Clay Min. Bull.* vol. 4, núm. 26, 288-292.
- MAC EWAN, D. M. C. 1944. Identification of the montmorillonite group of minerals by X-rays. *Nature* 154, 577-578.
- MAC EWAN, D. M. C. 1946. The identification and estimation of the montmorillonite group of minerals, with special reference to soils clays. *J. Soc. Chem. Ind.* 65, 298-305.
- NAGELSCHMIDT, G. 1937. X-ray investigations on clays. *Z. Kristallog.* 97, 514-521.
- THOREZ, J. 1975. *Phyllosilicates and clay minerals*. Ed. G. Lelotte. Dison. Bélgica, 579 pgs.
- THOREZ, J. 1976. *Practical identification of clay minerals*. Ed. G. Lelotte. Dison. Bélgica, 90 pgs.
- VIOLANTE, P. y TAIT, J. M. 1979. Identification of imogolite in some volcanic soils from Italy. *Clay Minerals* 14, 155-158.
- WADA, S. I., ETO, A. y WADA, K. 1979. Synthetic allophane and imogolite. *J. Soil. Sci.* 30, 347-355.
- WHITE, J. L. y JACKSON, M. L. 1947. Glycerol solvation of soil clays for X-rays diffractions analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11, 150-154.

RETENCION DE 1, 1, 1-TRICLORO-2, 2-BIS (P-METOXIFENIL)- ETANO (METOXICLORO) POR MONTMORILLONITAS HOMOIONICAS

POR

A. JIMENEZ LOPEZ y F. AGUIRRE GOMEZ

Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias. Málaga.

SUMMARY

RETENTION OF 1, 1, 1-TRICHLORO-2,2-BIS (P-METHOXYPHENYL)- ETHANE (METHOXYCHLOR) BY HOMOIDNIC MONTMORILLONITES

The process of retention of 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-methoxy phenyl)-ethane (methoxychlor) by homoionic montmorillonites of transition ions, Fe^{+3} , Co^{+2} , Ni^{+2} and Cu^{+2} , has been studied. The isotherms are type "L" of Giles classification and they have been analysed according to the Langmuir's and B.E.T.'s equations. In all cases, methoxychlor does not intercalate into interlayer space of silicate. The apparent constants, the apparent enthalpies and the isosteric enthalpies of the process have also been determined.

INTRODUCCION

Cuando un plaguicida se aplica a un suelo de cultivo, parte del mismo es absorbido por la planta, pero la mayor parte de él queda en el suelo con el que interacciona. Como es sabido, el estudio de la interacción del plaguicida con el suelo exige, según ciertos autores (Bailey y White, 1970), el estudio de diversos aspectos entre los cuales el más importante, sin duda, es el de la retención del plaguicida por los distintos componentes del suelo. Por ello, se ha creído de interés realizar un estudio del proceso de retención del plaguicida 1,1,1-Tricloro-2,2,-bis (p-metoxifenil) etano (metoxicloro) sobre montmorillonitas homoiónicas de iones de transición, con la finalidad de contribuir en lo posible a establecer la naturaleza y magnitud de las fuerzas responsable de tal interacción. Asimismo, se pretende establecer si el plaguicida llega a penetrar en la interlámina del silicato con la posible formación de complejos interlaminares, hecho de gran importancia ya que en tal caso la interacción sería muy intensa por lo que el plaguicida quedaría como residuo no eliminable y, además, bloquearía la capacidad de cambio del suelo.

PARTE EXPERIMENTAL

Las montmorillonitas homoiónicas utilizadas en este trabajo fueron de Fe^{+3} , Co^{+2} , Ni^{+2} y Cu^{+2} , las cuales se prepararon a partir de una montmorillonita natural de Tidinit (Marruecos), que nos fue facilitada por "Bentonitas El Ancla" (Málaga).

Las muestras homoiónicas se prepararon siguiendo una variación del método de Aldrich y Buchana, 1958, pasando previamente la montmorillonita a ciclo sódico y posteriormente se pusieron en contacto con disoluciones del cloruro del correspondiente catión 0,5 N, y a pH comprendidos entre 2,0 y 4,5, según los casos. El tratamiento se repitió una segunda vez, y las muestras, una vez lavadas con alcohol del 60%, se secan al aire a 50.° C y tamizan por un tamiz de 75 micras.

Las capacidades de cambio de las muestras se determinaron por tratamiento de las mismas, por tres veces consecutivas, con acetato amónico 0,5 N y a pH comprendido entre 2,0 y 4,0, según el catión de cambio.

Los espaciados (001) de las muestras se determinaron por el método Debye-Sherrer, utilizando un equipo Siemens, Kristalloflex-810.

Para disponer de los valores de las superficies específicas de las muestras se obtuvieron las isoterms de adsorción de N_2 a 77.° K, utilizando un aparato de adsorción gravimétrico convencional. La macro y mesoporosidad de las muestras se han determinado por porosimetría de mercurio, con un porosímetro de mercurio Carlo Erba-2000.

Las isoterms de retención de metoxicloro sobre las distintas muestras homoiónicas se han obtenido a las temperaturas de 10.° C y 40.° C; para ello, cantidades variables del adsorbente comprendidas entre 400 mg y 50 mg, aproximadamente, según los casos, fueron puestas en contacto con 50 ml. de disolución ciclohexánica de metoxicloro de concentración $2 \cdot 10^{-4}$ M., durante 48 horas, tiempo muy superior al necesario para que se alcance el equilibrio. La determinación de la concentración de las disoluciones de metoxicloro en ciclohexano se realizó espectrofotométricamente a 240 nm.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estudio de los adsorbentes

En la Tabla I se han recopilado las propiedades más importantes de las muestras homoiónicas empleadas en este trabajo.

Las capacidades de cambio de las muestras son coincidentes para las muestras de iones divalentes, y, además, son coincidentes con los que aparecen en bibliografía (García Fernández, 1981). En el caso de la muestra de hierro (M-Fe), la capacidad encontrada es algo inferior, y a pesar de haber repetido la extracción varias veces con acetato amónico dicha muestra sigue presentando coloración amarillenta, lo que hace suponer que hay fracciones de dicho ión aque quedan retenidas de forma irreversible.

TABLA I
Propiedades de los adsorbentes

	M-Fe	M-Co	M-Ni	M-Cu
capacidad de cambio (meq/100 g)	72	86	85	85
espaciados (001) Å	14,09	15,56	15,13	12,23
S_{BET} ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	64	84	78	63
parámetro C_{BET}	763	227	129	499
volumen total poros (porosimetría) $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$	0,55	0,54	0,53	0,50
V_{poros} ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$) $r_p > 1500$ Å	0,42	0,43	0,40	0,40
V_p ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$) $500 \text{ Å} > r_p > 37 \text{ Å}$	0,11	0,09	0,12	0,09
V. microporos ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$) (Cranston)	0,02	0,03	0,02	0,02
\bar{d}_p (Å) (Cranston)	29	27	28	28

Los espaciados (001) de las muestras, Tabla I, son función del catión de cambio y del grado de hidratación de los mismos, siendo equivalentes en el caso de M-Co y M-Ni, y algo inferior en el caso de M-Cu, dado el menor radio hidratado de dicho catión.

Las isothermas de adsorción de N_2 sobre las distintas muestras, a $77.^\circ \text{K}$, son sigmoideas por lo que parecen pertenecer al tipo II de la clasificación B.E.T., típicas de sólidos no porosos. En general, la capacidad adsorbente de todas ellas parece ser similar, y todas presentan un codo más o menos pronunciado que puede asignarse a cierta contribución de microporos, por lo que la constante C de la ecuación B.E.T. presentará valores relativamente elevados. La aplicación de la ecuación B.E.T. a dichas isothermas ha permitido obtener las superficies específicas accesibles a las moléculas de N_2 , Tabla I, las cuales son bastante próximas entre sí, como cabía esperar a la vista del hábito comentado de dichas isothermas.

La macro y mesoporosidad se ha estudiado por porosimetría de mercurio. La Tabla I recoge los valores encontrados para el volumen total de poros, el volumen de poros con radios superiores a 1500 Å , así como el correspondiente a mesoporos. Estos datos vienen a indicar que durante el proceso de preparación de las distintas muestras homioónicas no han ocurrido alteraciones de importancia en las mismas.

Por último, para disponer de una mejor información de la porosidad en la zona de meso y microporos, las isotermas de adsorción de N_2 , se han analizado por el método de Cranston-Inkley (1957). El volumen total de microporos así calculado para las distintas muestras, Tabla I, es también bastante similar, si se exceptúa la M-Co que presenta una mayor contribución de microporos, dato que está de acuerdo con el valor más elevado encontrado para su superficie específica. Por otra parte, el diámetro medio de poros para poros comprendidos entre 5 Å y 150 Å, está próximo a 28 Å para todas las muestras.

De todos los datos expuestos acerca de la superficie y textura porosa de estas muestras, se desprende que no existen apenas diferencias entre las mismas, por lo que estas propiedades no van a condicionar, en este caso, la capacidad de retención de moléculas en disolución, y esta capacidad será fundamentalmente función de la naturaleza de los cationes de cambio existentes en las distintas muestras homoiónicas.

Isotermas de retención de metoxicloro

Las isotermas de retención de metoxicloro, en disolución ciclohexánica, sobre las distintas muestras homoiónicas, obtenidas a 10.° C y 40.° C, aparecen en las Figuras 1 y 2; estas isotermas pertenecen al tipo L-2 de la clasificación de Giles (Giles y otros, 1960) no obstante, la obtenida sobre M-Cu a 40.° C es del tipo L-3, mientras que la obtenida sobre M-Ni a 10.° C parece ser del tipo L- m_x . La influencia de la temperatura aparece claramente definida ya que en todos los casos la cantidad retenida, para una misma concentración relativa de equilibrio, es mayor a la menor temperatura, lo que parece indicar que el proceso es de naturaleza eminentemente física.

La aplicación de la ecuación de Langmuir a dichas isotermas en la forma $C = f(C/X)$, conduce a líneas rectas como las que se muestran, a título de ejemplo, en la Figura 3. Cuando las isotermas son del tipo L-2, prácticamente todos los puntos experimentales se ajustan a tal ecuación; en el caso de la isoterma obtenida sobre M-Cu a 40.° C dicha ecuación sólo se cumple hasta valores de la concentración de $4,7 \cdot 10^{-5}$ M, a partir del cual aparecía la retención en multicapa. En el caso de la isoterma obtenida sobre M-Ni a 10.° C, la ecuación de Langmuir deja de cumplirse para valores de la concentración de equilibrio superiores a la correspondiente al punto máximo que aparece en la isoterma.

En todos los casos las isotermas experimentales definen una sola recta, salvo en la isoterma obtenida sobre M-Ni a 40.° C en la que aparecen dos tramos rectos claramente definidos, Figura 4; el primero de ellos debe corresponder a la saturación de los puntos de mayor energía libre, mientras que el segundo debe de corresponder a los puntos de menor actividad, los cuales se saturarán cuando el potencial químico del adsorbato en disolución sea mayor. El ajuste de las isotermas de Langmuir por el método de los mínimos cuadrados ha permitido obtener los valores de X_m y de b , que se recogen en la Tabla II.

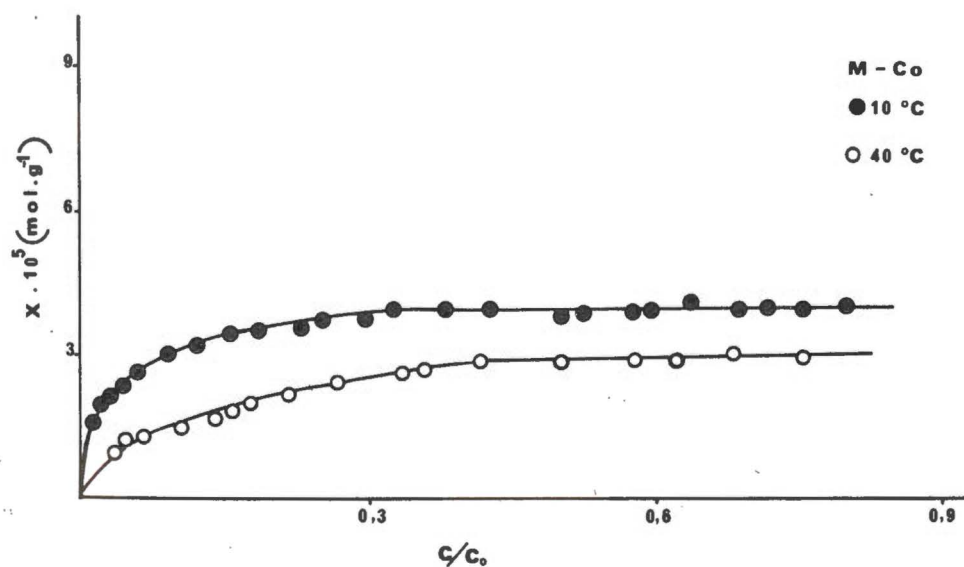
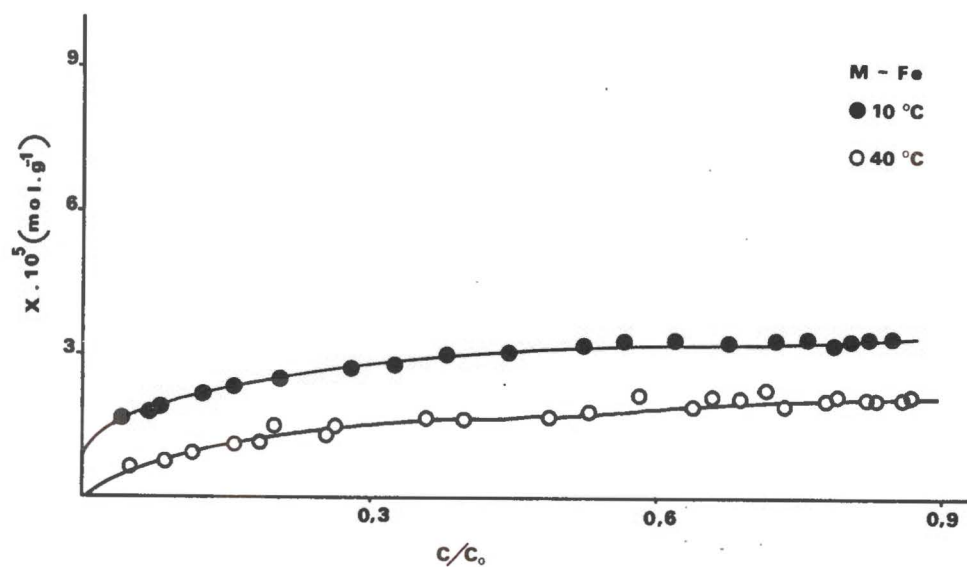


FIG. 1.- Isothermas de retención del metoxicloro sobre M-Fe y M-Co a 10°C y 40°C.

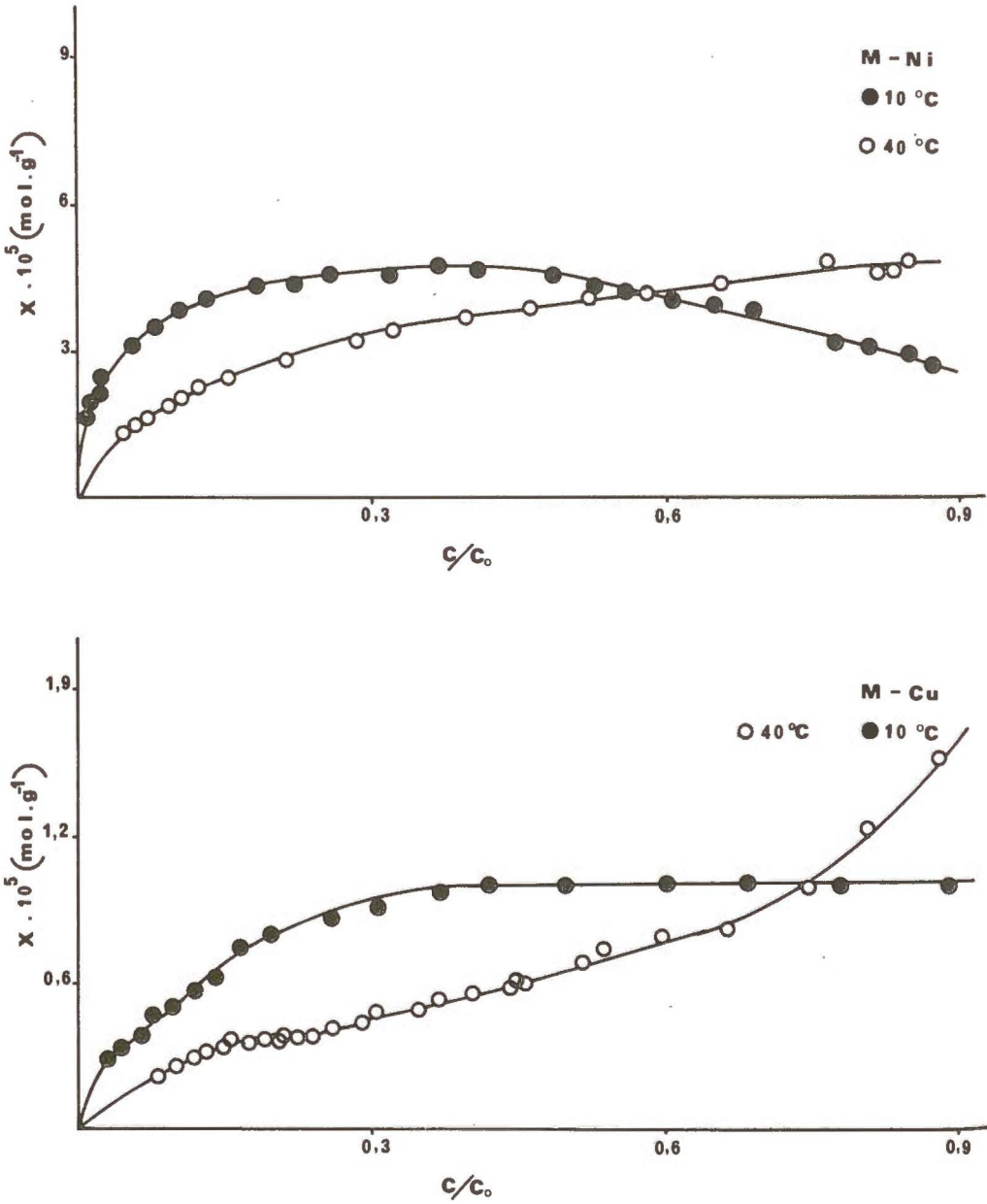


Fig. 2.- Isothermas de retención del metoxicloro sobre M-Ni y M-Cu a 10°C y 40°C.

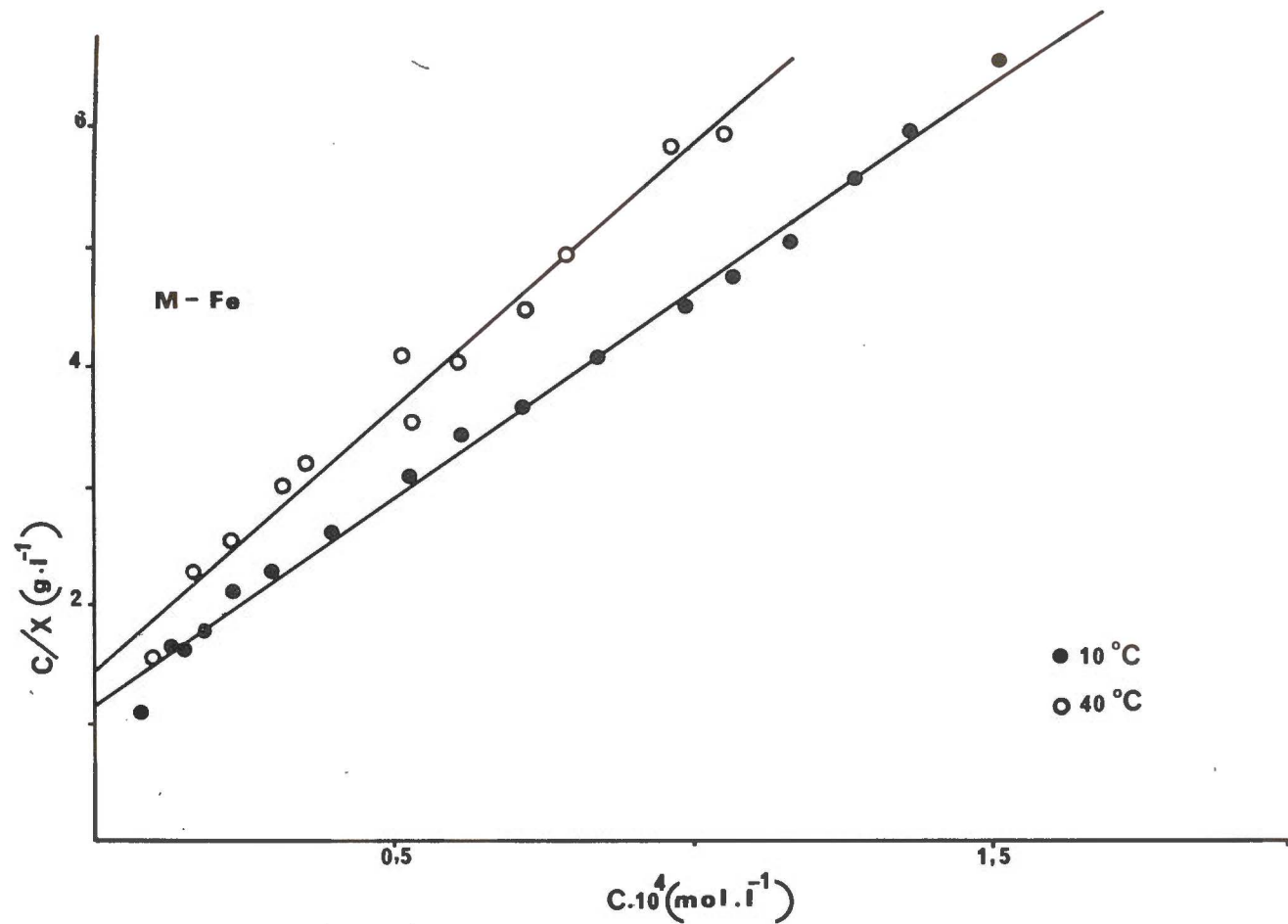


FIG. 3.- Aplicación de la ecuación de la isoterma de Langmuir a la isoterma de retención del metoxicloro sobre M-Fe a 10°C y 40°C.

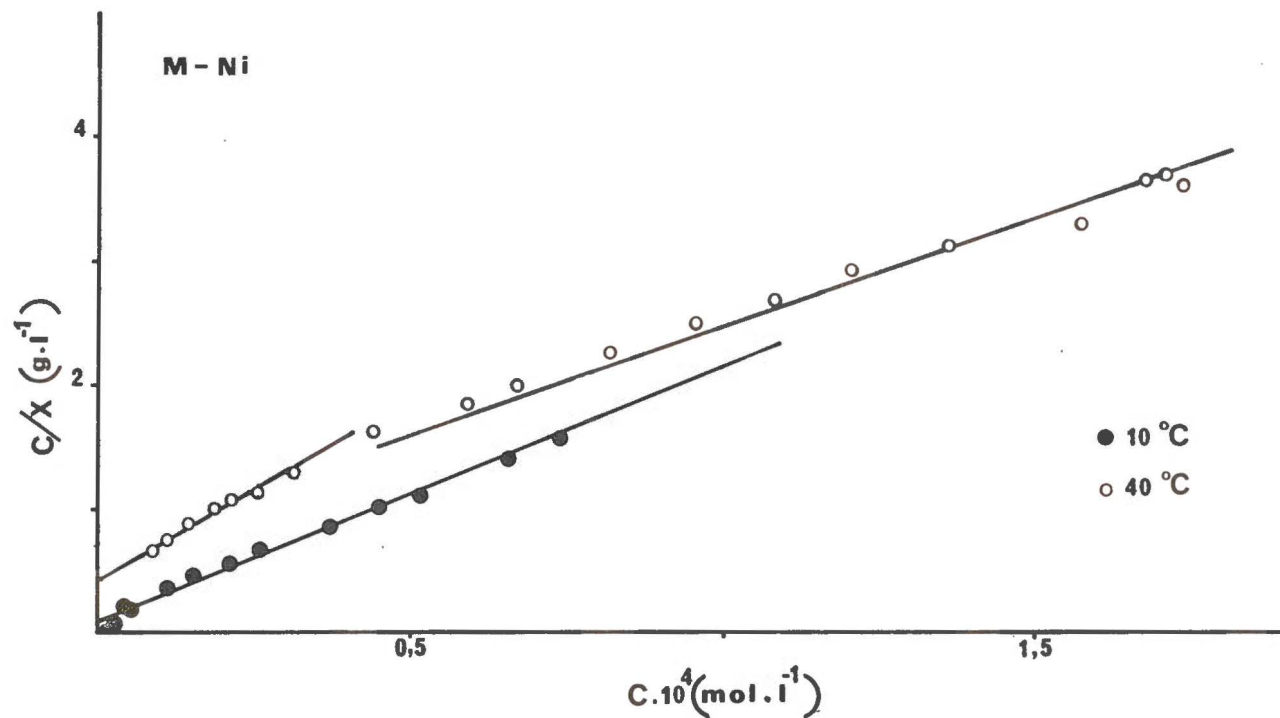


FIG. 4.- Aplicación de la ecuación de la isoterma de Langmuir a la isoterma de retención de metoxicloro sobre M-Ni a 10°C y 40°C.

TABLA II

	X_m (mol. g ⁻¹) · 10 ⁵		b (l.mol ⁻¹) · 10 ⁻⁴	
	10.° C	40.° C	10.° C	40.° C
M-Fe	2,91	2,28	2,98	3,00
M-Co	4,15	3,49	17,01	4,26
M-Ni	4,97	3,78	19,73	5,73
M-Cu	1,27	0,54	3,83	5,04

Una vez obtenidas las isotermas de retención, al sólido en equilibrio con la disolución del plaguicida de distintos puntos de cada isoterma, y para los distintos adsorbentes, se le obtuvo el correspondiente diagrama de difracción de Rayos-X. Los espaciados (001) obtenidos coinciden con los correspondientes para dichas muestras antes de realizar las experiencias de retención y que figuran en la Tabla I. A la vista de estos resultados parece lógico pensar que el metoxicloro, en las condiciones experimentales en las que se han obtenido las isotermas, no llega a penetrar en el espacio interlaminar del silicato, de ahí que los valores que aparecen en la Tabla II corresponderán únicamente a la retención del plaguicida sobre los centros activos de la superficie externa de las muestras.

En lo que se refiere a los valores de la capacidad de retención de metoxicloro, puede observarse que ahora aparecen diferencias más acusadas entre las distintas muestras que las encontradas en la adsorción con N₂. En efecto, mientras que para las muestras M-Co y M-Ni las capacidades de retención de metoxicloro siguen siendo análogas, la de la muestra M-Fe presenta un valor que es aproximadamente 2/3 inferior al que presenta la muestra M-Ni, lo que parece indicar que la retención tiene lugar fundamentalmente sobre los cationes de cambio situados en bordes de láminas y en zonas de fractura. Sin embargo, el comportamiento de la muestra M-Cu es diferente y presenta el mínimo valor de la capacidad de retención, debido posiblemente al menor poder polarizante de dicho catión.

A partir de X_m se han calculado los valores de la superficie de las muestras accesible al metoxicloro, cuya área molecular se ha determinado a partir de parámetros moleculares y toma de valor de 116 Å². Dichos valores están contenidos en la Tabla III.

Estos valores de las superficies son relativamente elevados aunque nunca alcanzan a los obtenidos por adsorción con N₂, lo cual es debido a la existencia de micro y mesoporos en dichas muestras a los que no tendrán acceso las moléculas de metoxicloro.

Una vez conocidos los valores de X_m y b , es posible calcular los valores de las constantes aparentes de equilibrio para el proceso de reten-

TABLA III
Superficies accesibles al metoxicloro.

	S (m ² . g ⁻¹)	
	10.° C	40.° C
Mn-Fe	20,3	16,0
M-Co	29,0	24,4
M-Ni	34,7	26,4
M-Cu	8,9	3,8

ción. En efecto, como se estableció en una publicación anterior (López González y otros, 1981) la pendiente de las isothermas en el punto cero da una medida de la afinidad relativa aparente del adsorbente por el adsorbato; dicho valor viene dado por el producto $X_m \cdot b$, cuando las isothermas se ajustan a la ecuación de Langmuir. Una vez conocidos estos valores, se pueden calcular las constantes aparentes de equilibrio mediante la expresión: $K_a = X_m \cdot b/s$ (Bernalte García, 1981). Los valores de K_a junto a los de las entalpías aparentes, obtenidos a partir de los mismos, aparecen en la Tabla IV.

Los valores de las entalpías aparentes de retención indican que en las muestras M-Co y M-Ni el proceso de retención transcurre en régimen exotérmico, es decir, se libera más energía en el proceso de retención que la necesaria para la previa desorción del disolvente; en el caso de la retención sobre M-Fe dicha entalpía es aproximadamente cero, mientras que la adsorción sobre M-Cu transcurre en forma endotérmica.

Se ha creído de interés comprobar si los datos obtenidos en las isothermas experimentales se ajustaban a otros modelos teóricos distintos al de Langmuir; por ello, se ha aplicado la ecuación B.E.T. conveniente-

TABLA IV
Constantes aparentes y entalpías aparentes del proceso de retención.

	$K_a (m) \cdot 10^5$		$\Delta H_a (Kcal. mol^{-1})$
	10.° C	40.° C	
M-Fe	4,3	4,2	~0
M-Co	24,1	6,1	-8,0
M-Ni	28,3	8,2	-7,3
M-Cu	5,5	7,1	+1,5

mente transformada (Hansen y otros, 1949), para lo cual fue necesario determinar la solubilidad del metoxicloro en ciclohexano a las temperaturas de trabajo. Dichas solubilidades toman los siguientes valores:

$$S_{10.0\text{ C}} = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

$$S_{40.0\text{ C}} = 26,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/l}$$

La aplicación de los datos experimentales a dicha ecuación ha permitido obtener unas isotermas, algunas de las cuales se muestran en la Figura 5, en las que puede observarse una buena linealidad sin necesidad de introducir los parámetros que establece Gu (1982). La aplicación del método de los mínimos cuadrados a estas rectas ha permitido obtener los valores de X'_m que aparecen en la Tabla V, los cuales coinciden de forma excelente con los encontrados con la ecuación de Langmuir, lo que viene a indicar la validez de las aproximaciones que se ha-

TABLA V

	X'_m (BET) (mol. g ⁻¹) . 10 ⁵	
	10.° C	40.° C
M-Fe	2,80	2,28
M-Co	4,14	3,60
M-Ni	4,97	4,47
M-Cu	1,27	0,66

cen para aplicar la ecuación B.E.T. en el estudio de las isotermas de adsorción en disolución.

Por último, se han calculado los calores diferenciales de retención, siguiendo para ello las modificaciones establecidas por otros autores (López-González y otros, 1973) en la ecuación de Clausius-Clapeyron. La representación de dichos calores diferenciales aparece en la Figura 6, en función de la fracción de cubrimiento. Puede observarse que dichos calores varían entre 8 Kcal. mol⁻¹ hasta -5,5 Kcal. mol⁻¹. El hecho de que los calores diferenciales sean positivos para el proceso de retención de metoxicloro sobre M-Co, M-Ni y M-Cu, quiere indicar que el calor de retención del metoxicloro sobre dichos adsorbentes es mayor que el de cristalización de dicho plaguicida a partir de una disolución saturada. Por otra parte, en el caso de la retención sobre M-Ni los calores diferenciales varían como cabía esperar, es decir, van disminuyendo a medida que la retención transcurre sobre centros de menor contenido energético llegando incluso a valores negativos a valores más altos

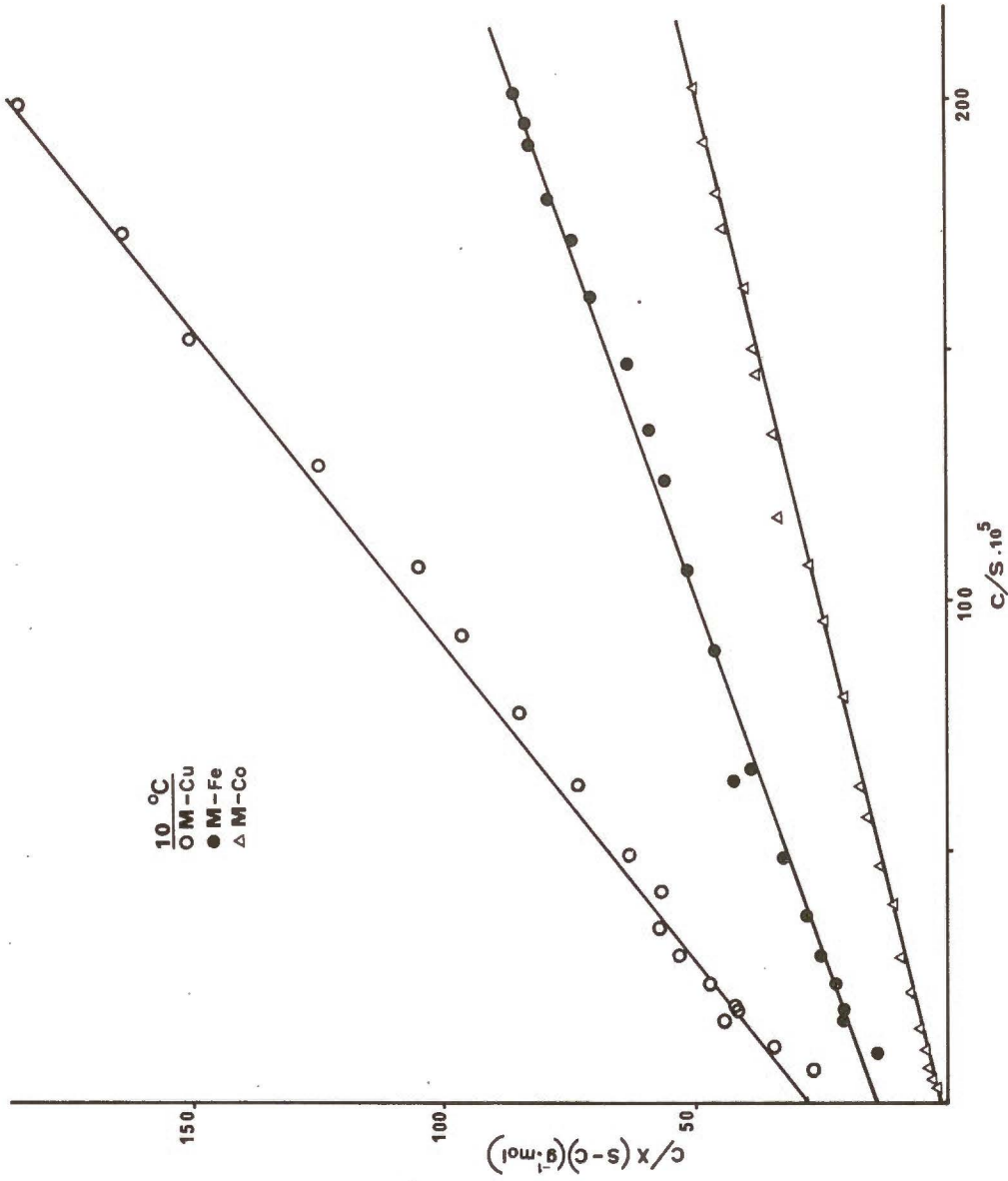


FIG. 5.- Aplicación de la ecuación B.E.T. a la isoterma de retención de metolachloro sobre M-Fe, M-Co y M-Cu a 10°C.



FIG. 6.- Variación de los calores diferenciales de retención del metoxicloro sobre M-Fe, M-Co, M-Ni y M-Cu frente a la fracción de cubrimiento.

de la fracción de cubrimiento. En el caso de la M-Co, los calores siguen la misma pauta hasta un valor de 0,73 de la fracción de cubrimiento, a partir del cual crecen, posiblemente debido a que se manifiestan interacciones laterales entre las moléculas.

La misma variación presenta la curva de calores diferenciales en el caso de la M-Cu, salvo que las interacciones laterales comienzan a manifestarse ahora para valores de la fracción de cubrimiento de 0,43, aproximadamente; el hecho de que este fenómeno aparezca ahora a valores tan bajos de la fracción de cubrimiento parece indicar que la retención ocurre en determinadas zonas de la superficie, posiblemente en torno a los cationes de cambio situados en los bordes de las láminas. Cuando se considera la retención sobre M-Fe, los calores diferenciales son negativos en todo el intervalo considerado y van creciendo paulatinamente a medida que crecen las interacciones laterales entre las moléculas.

De cuanto se ha expuesto se puede concluir que las distintas muestras homioónicas si bien tienen unas propiedades superficiales y textura porosa muy similares, no obstante su capacidad de retención de metoxicloro varía de unas muestras a otras, lo que parece ser debido a la presencia de los cationes de cambio. Sin embargo, en las condiciones experimentales seguidas las moléculas de metoxicloro no llegan a penetrar en el espacio interlaminar del silicato.

RESUMEN

Se ha estudiado el proceso de retención de 1,1,1-tricloro-2,2-bis(p-metoxifenil)etano (Metoxicloro) por montmorillonitas homioónicas de iones de transición, Fe^{+3} , Co^{+2} , Ni^{+2} y Cu^{+2} . Las isothermas obtenidas son del tipo "L" de la clasificación de Giles y se ajustan a las ecuaciones de Langmuir y B.E.T. En ningún caso las moléculas de metoxicloro llegan a intercalarse en el espacio interlaminar del silicato. Por último, se han calculado las constantes aparentes de equilibrio, las entalpías aparentes de retención y los calores diferenciales del proceso de retención.

BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, D.G. y BUCHANAN, J.R. (1958). Anomalies in techniques for preparing H-bentonites. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 28, 281-285.
- BAILEY, G.W. y WHITE, J.L. (1970). Adsorption of pesticides in soils. *Residue Reviews*, 32, 29-92.
- BERNALTE GARCIA, A. (1981). Estudio de la retención de dimetoato por diferentes muestras homioónicas de vermiculita. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.
- CRANSTON, R.W. e INKLEY, F.A. (1957). The determination of pore structure from nitrogen isotherms. *Advances in Catalysis*, 9, 143-154. Academic Press, London.
- GARCIA FERNANDEZ, A. (1981). Complejos de adsorción de montmorillonita, caolinita y dickita con sulfatos de dialquilo. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.

- GILES, C.H.; MACEWAN, T.H.; NAKHWA, S.N. y SMITH, D. (1960). Studies in adsorption. Part XI. *J. Chem. Soc.*, 786, 3973-3993.
- GU, T. (1982). The application of the modified B.E.T. equation to multimolecular adsorption from solution. *Journal of Colloid and Interface Science*, 85, 601-603.
- HANSEN, R.S.; FU, Y. y BARTELL, F.E. (1949). Multimolecular, adsorption from binary liquid solutions. *Journal of Physical Chemistry*, 53, 769.
- LOPEZ-GONZALEZ, J.D.; VALENZUELA CALAHORRO, C.; JIMENEZ LOPEZ, A. y RAMIREZ SAENZ, A. (1978). Retención de n-butilamina sobre una sepiolita activada. III Aspectos termodinámicos. *Anales de Química*, 74, 225-228.
- LOPEZ-GONZALEZ, J.D.; VALENZUELA CALAHORRO, C. y NAVARRETE GUIJOSA, A. (1973). Retención de DDT y DDE sobre gel de sílice. *Anales de Química*, 69, 63-67.

Recibido para publicación: 8-II-84.

CARACTERISTICAS DE GYPSIORTHIDS EN LA REGION CENTRAL ESPAÑOLA

Por

JOSE GUMUZZIO Y JOSE B. ALVAREZ

Universidad Autónoma de Madrid.

SUMMARY

CHARACTERISTICS OF GYPSIORTHIDS IN CENTRAL SPAIN

In Central Spain there are extensive areas with soils that have a gypsic horizon. In this paper we study the properties of this soils and we describe their formation.

The authors conclude classified this soils according to Soil Taxonomy as: Cambic Gypsiorthid, Typic Gypsiorthid and Calcic Gypsiorthid.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se estudian las propiedades de diversos suelos situados en la región Central española cuya común característica reside en que presentan horizontes de diagnóstico gypsicos.

Las zonas de estudio se encuentran en una región de transición entre las series plegadas de la Sierra de Altomira, situada al norte, y las series horizontales que terminan apoyadas en los contrafuertes levantinos de la meseta (Fig. 1).

El norte de esta región, donde se tomaron los perfiles 1 y 2, está conformado por series de sinclinales y de anticlinales de dirección característica N-S, debido a empujes E-O, los mismos que conformaron la Sierra del Altomira. Movimientos de basculación posteriores a la orogénia de esta Sierra, de edad postpliocénica, modificaron las redes hidrográficas lo que favoreció un régimen lagunar que se extendió durante todo el cuaternario. La litología correspondiente a la zona está constituida por materiales cuaternarios (aluviales) con altos contenidos en yeso de formación secundaria (en sentido geológico). En contacto con estos materiales se presentan otros afloramientos, también cuaternarios, constituyendo dos facies, una con alto contenido en cantos y gravas mayoritariamente calcáreas y, otra formada por arcillas.

El sur de la región, en donde se tomó el perfil n.º 3, se caracteriza por una topografía plana determinada por la posición horizontal de

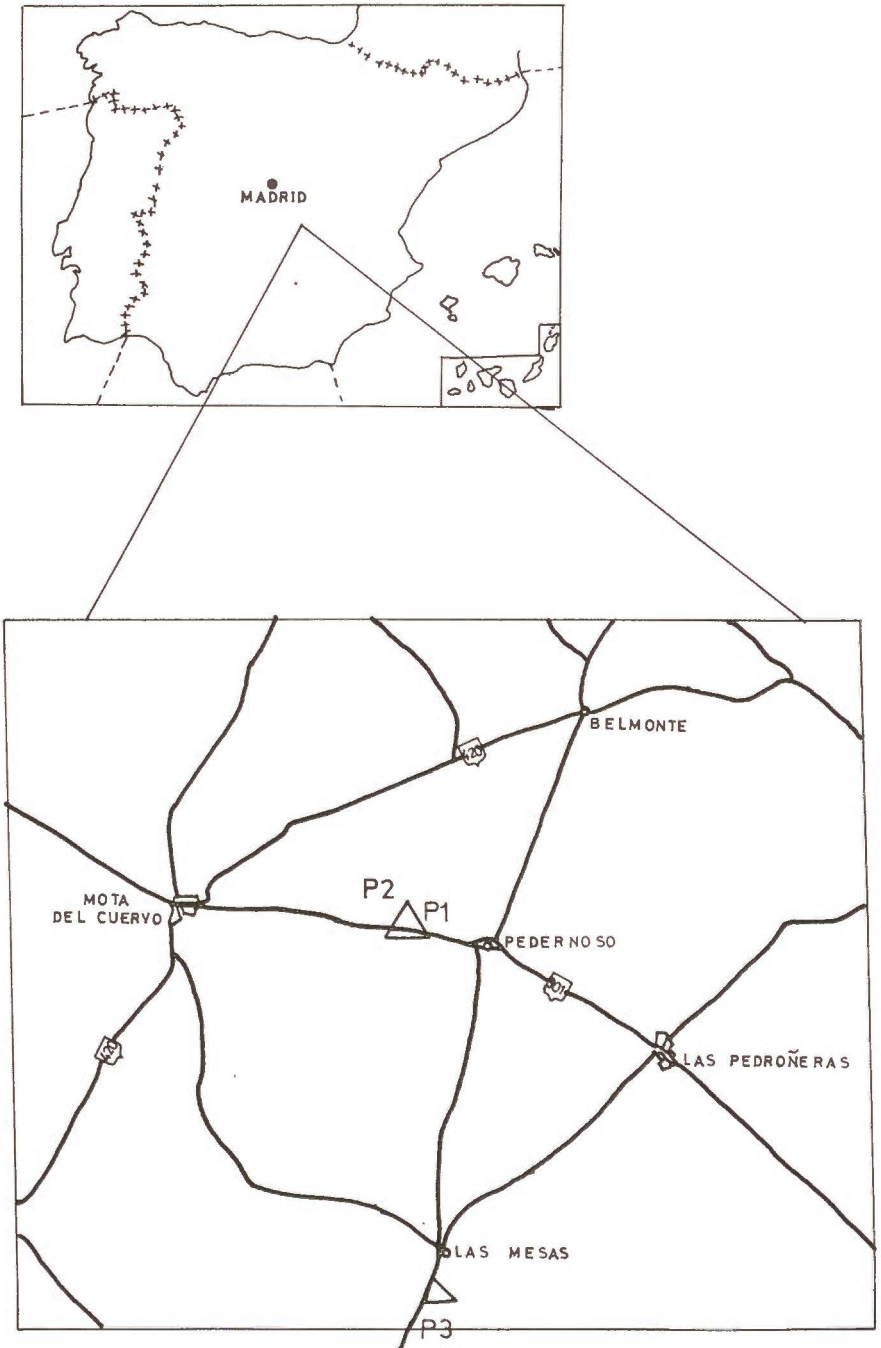


Fig-1 -SITUACION DE LA ZONA

los materiales subyacentes, lo cual parece indicar que no fueron afectados significativamente por la orogenia que conformó la Sierra de Altomira. La litología aquí es similar a la zona norte, aunque más monótona: materiales ricos en yeso de formación secundaria alternando con facies de tipo arenoso y arcilloso.

El relieve que presentan estos suelos es parecido: ocupan llanuras ligeramente deprimidas de escasa pendiente y situadas a una altitud de unos 700 m.

El estudio climático de la región se desarrolló tomando como base los datos de temperaturas y precipitaciones mensuales de las estaciones meteorológicas más cercanas: Las Pedroñeras, Belmonte, Socuellamos y Villarrobledo. De este estudio cabe deducir que, el clima presenta cierta uniformidad que se caracteriza por unas precipitaciones anuales de unos 500 mm., y por una temperatura media anual próxima a los 14.° C.

Los índices de Lang incluyen esta zona en el sector árido y los índices de Martonne clasifican el clima como seco mediterráneo. Según la clasificación de Thornthwaite, empleando los balances hídricos, el clima es semiárido, mesotérmico con un pequeño exceso de agua en invierno (DbB_2b_1).

A partir de los balances hídricos cuya representación ofrecemos en la Fig. 2, proponemos como régimen de humedad más probable para estos suelos el tipo xeric y como régimen de temperaturas el tipo mesic, si bien próximo al thermic.

MATERIAL Y METODOS

Se han estudiado tres perfiles correspondientes a suelos yesosos. Para su descripción morfológica se han empleado las "Guías para la descripción de perfiles de suelos", editadas por la F.A.O. (1977). Los métodos analíticos empleados son los propuestos por el Soil Conservation Service (1972), destacando que tanto el análisis mecánico como la capacidad de cambio se realizaron sobre muestras desprovistas de sales.

DESCRIPCION GENERA Y MORFOLOGIA DE LOS PERFILES

Perfil-1

Clasificación general: Suelo yesoso.

Localidad: El Pedernoso.

Situación: c/ Madrid-Albacete km. 147.

Altitud: 700 m.

Posición fisiográfica: Llanura aluvial.

Pendiente: Clase 1, llano o casi llano (0-2%).

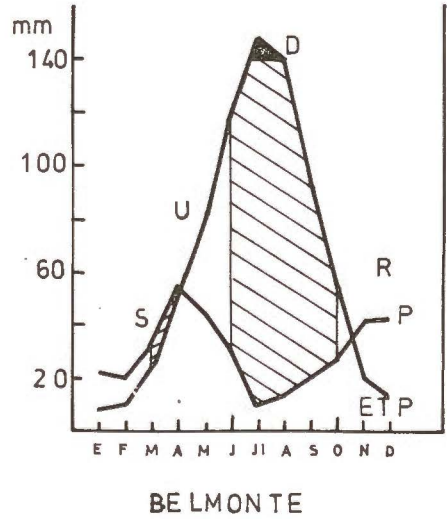
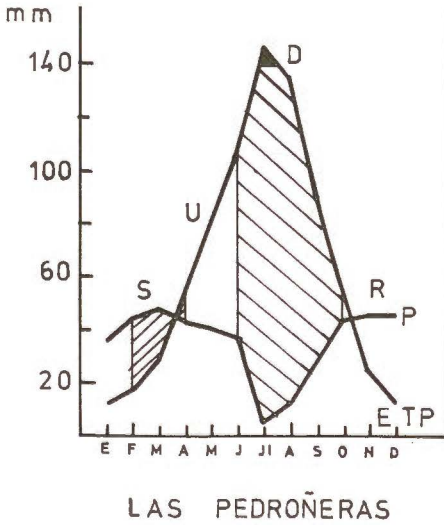
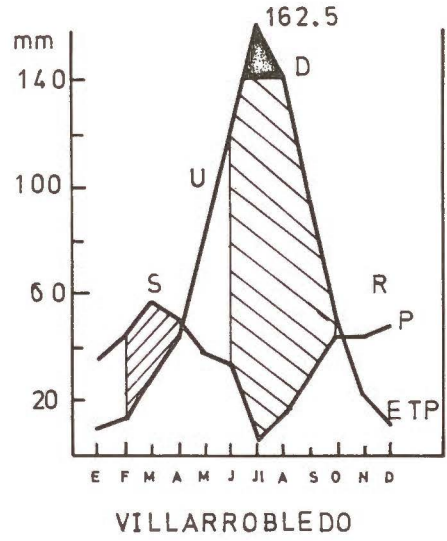
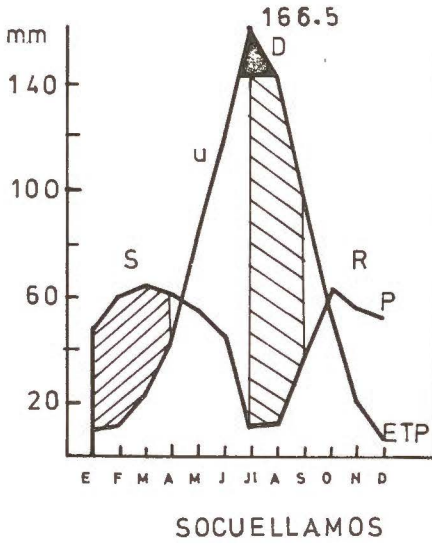


Fig.-2 - CLIMATOGRAMAS

FIG. 2.- P: Precipitaciones; ETP: Evapotranspiración potencial; S: Superavit; U: Utilización; R: Recarga; D: Deficit.

Topografía: Plano o casi plano.

Litología: Sedimentos aluviales enriquecidos en yeso secundario.

Drenaje: Clase 2, imperfectamente drenado.

Nivel freático: Temporal, influenciado por el régimen de precipitaciones.

Presencia de sales: Clase 2, suelos moderadamente afectados por sales.

Vegetación: Herbácea.

Uso: Ninguno.

Influencia humana: Antigua yesería.

Desarrollo del perfil. A1, C1, C2, C3, C4, C5, C6:

HORIZONTE A1	Entre 0 y 12 cm.; color pardo oscuro (10YR4/3); frecuentes y destacadas manchas de color blanco de naturaleza salina, con formas pseudomicelares; textura arenosa; estructura moderada subangular media; consistencia firme; raíces pocas y finas; poros pocos y finos; límite neto ondulado.
HORIZONTE C1	Entre 12 y 29 cm.; color pardo blanquecino (10YR7/3); abundantes manchas de color blanco y naturaleza salina; textura arenosa; estructura débil subangular fina; consistencia firme; raíces muy pocas y finas; poros muy pocos; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C2	Entre 29 y 58 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/4); textura arenosa; estructura débil subangular fina; consistencia firme; raíces muy pocas y finas; poros muy pocos; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C3	Entre 58 y 98 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/3); textura arenosa; estructura débil subangular fina; consistencia muy firme; ausencia de raíces y de poros; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C4	Entre 98 y 122 cm.; color pardo blanquecino (10YR7/4); textura limo arcillosa; sin estructura; consistencia compacto; ausencia de raíces y de poros; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C5	Entre 122 y 150 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/4); textura limo arcillosa; sin estructura; consistencia compacto; ausencia de raíces y de poros; límite gradual y ondulado.
HORIZONTE C6	Entre 150 y 180 cm.; color pardo amarillento (10YR6/4); textura gruesa; sin estructura; consistencia compacto; ausencia de raíces y de poros.

OBSERVACIONES.

En superficie presenta una costra yeso salina de color pardo claro y aspecto pulverulento, con un espesor de unos 9 cm. Los horizontes más compactos C4 y C5, presentan microcristales de yeso fuertemente cementados de un modo discontinuo y en escasa proporción.

Perfil 2

Clasificación general: Suelo yesoso.

Localidad: El Pedernoso.

Situación. c/ Madrid-Albacete, km. 146,5.

Altitud: 690 m.

Posición fisiográfica: Llanura aluvial.

Pendiente: Clase 1, llano o casi llano (0-2%).

Topografía: Plano o casi plano.

Litología: Sedimentos cuaternarios enriquecidos en yesos.

Drenaje: Clase 2, imperfectamente drenado.

Nivel freático: Temporal e influenciado por el régimen de precipitaciones.

Presencia de sales: Clase 2, suelos moderadamente afectados por sales.

Vegetación: Herbácea.

Uso: Ninguno.

Influencia humana: Intento de cultivos (alfalfa).

Desarrollo del perfil. A11, A12, AC, C1, C2, C3, C4, C5.

- HORIZONTE A11 Entre 0 y 8 cm.; color pardo (10YR5/3); textura limo arenosa; estructura moderada subangular media; consistencia firme; frecuentes manchas color blanco de naturaleza salina rellenando los espacios vacíos de los poros y raíces; raíces pocas y finas; poros frecuentes y finos; límite gradual y ondulado.
- HORIZONTE A12 Entre 8 y 17 cm.; color pardo claro (10YR6/3); textura limo arenosa; estructura débil subangular media; consistencia firme; abundantes manchas de color blanco de sales que rellenan los poros y espacios vacíos de las raíces; raíces pocas y muy finas; poros frecuente y finos; límite gradual y ondulado.
- HORIZONTE AC Entre 17 y 22 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/3); textura gruesa; estructura débil subangular fina; consistencia friable; abundantes manchas color blanco rellenando los espacios vacíos; raíces muy pocas y finas; poros pocos y finos; límite gradual ondulado.
- HORIZONTE C1 Entre 22 y 46 cm.; Color pardo blanquecino (10YR7/3); textura gruesa; estructura débil subangular media; consistencia firme; pocas manchas de color blanco de sales; raíces muy pocas; poros muy pocos; límite difuso y ondulado.
- HORIZONTE C2 Entre 46 y 65 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/4); textura gruesa; estructura débil subangular media; consistencia muy firme; sin raíces; sin poros; límite gradual y ondulado.
- HORIZONTE C3 Entre 65 y 79 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/4); textura gruesa; sin estructura; consistencia extremadamente firme, compacto; sin raíces; sin poros; límite gradual y ondulado.
- HORIZONTE C4 Entre 79 y 92 cm.; color pardo muy claro (10YR7/4); textura gruesa; sin estructura; consistencia compacto; sin raíces; sin poros; límite irregular.
- HORIZONTE C5 Entre 92 y 136 cm.; color pardo amarillento (10YR6/4); textura gruesa; sin estructura; consistencia firme; sin raíces; sin poros.

Perfil 3

Clasificación general: Suelo yesoso.

Localidad. Las Mesas.

Situación: c/ Las Mesas-Socuellamos km. 3.

Altitud: 670 m.

Posición fisográfica: Llanura aluvial.

Pendiente: Clase 1, llano o casi llano (0-2%).

Topografía: Plano o casi plano.

Litología: Sedimentos cuaternarios enriquecidos en yesos.

Drenaje: Clase 2, imperfectamente drenado.

Nivel freático: Temporal e influenciado por las precipitaciones.

Presencia de sales: Clase 2, suelos moderadamente afectados por las sales.

Vegetación: Herbácea.

Uso: Ninguno.

Influencia humana: Antigua yesería.

Desarrollo del perfil. A1, AC, C1, C2, C3, C4, C5.

HORIZONTE A1	Entre 0 y 22 cm.; color pardo (10YR4/3); pocas manchas de color blanco de naturaleza salina; textura media; estructura fuerte subangular media; consistencia firme; raíces muy pocas y finas; poros pocos y medianos; límite gradual y plano.
HORIZONTE AC	Entre 22 y 37 cm.; color pardo (10YR5/3); abundantes manchas de color blanco de sales que rellenan los espacios vacíos; textura media; estructura moderada subangular fina; consistencia firme; raíces pocas y finas; poros pocos y medianos; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C1	Entre 37 y 52 cm.; color gris claro (10YR7/2); abundantes manchas de color blanco de naturaleza salina; textura media; estructura débil subangular fina; consistencia firme; ausencia de raíces y de poros; límite gradual y ondulado.
HORIZONTE C2	Entre 52 y 63 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/4); frecuentes manchas de color blanco de sales; textura media; estructura débil subangular media; consistencia muy firme; ausencia de raíces y de poros; límite neto y ondulado.
HORIZONTE C3	Entre 63 y 78 cm.; color pardo blanquecino (10YR8/3); textura arenosa; sin estructura; consistencia muy firme; sin raíces; sin poros; límite difuso y ondulado.
HORIZONTE C4	Entre 78 y 103 cm.; color blanquecino (10YR8/1); textura arenosa; sin estructura; consistencia extremadamente firme; sin raíces; sin poros; límite neto y ondulado.
HORIZONTE C5	Entre 103 y 152 cm.; color amarillo (10YR7/6); textura arenosa; estructura débil subangular fina; consistencia firme; ausencia de raíces y poros.

RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL 1

TABLA I
Análisis mecánico del suelo desprovisto de sales (%).

Hor.	arcilla < 2 μ	limo 2-50 μ	arena 50 μ -2 mm.	clasificación textural USDA
Alca	50,00		50,00	suelo sin lavar sales
Clcs	60,00		40,00	suelo sin lavar sales
C2	48,00		52,00	suelo sin lavar sales
C3	34,50	17,60	42,90	franco arcillosa
C4 ca	66,00		34,00	suelo sin lavar sales
C5 cacs	75,00		25,00	suelo sin lavar sales
C6	85,00		15,00	suelo sin lavar sales

Observación: las muestras desprovistas de sales no ofrecían dispersión suficiente. Se aportan los datos del fraccionamiento a través de un tamiz de 50 μ .

TABLA II
Determinaciones físico-químicas.

Hor.	pH (sat.) agua	C.O. %	C/N	C.C. me/100 g	CO ₃ ⁼ %	P.S. %
A1 ca	8,7	0,95	7,91	23,78	12,40	43,00
C1 cs	9,0	0,25	8,30	8,15	2,90	37,20
C2	8,6	0,20	—	7,14	2,30	39,00
C3	8,3	0,20	—	—	4,50	40,00
C4 ca	8,7	0,25	—	7,48	10,70	46,00
C5 cacs	8,6	0,30	—	6,97	10,20	46,60
C6	8,5	0,30	—	—	2,50	44,00

Símbolos empleados.

C.O. carbono orgánico.

N. nitrógeno total.

C.C. capacidad de cambio.

CO₃⁼. carbonato cálcico equivalente.

P.S. porcentaje de saturación.

TABLA III
Determinaciones físico-químicas.

Hor.	% S.S.	% yeso	C.E. mmhos/cm 25.° C	RAS	PSI
Alca	1,13	48,16	29,0	—	15,19
Clcs	0,64	63,64	21,0	—	10,25
C2	0,15	57,62	5,6	—	2,78
C3	0,15	57,60	5,2	—	2,51
C4 ca	0,23	58,48	5,1	—	1,80
C5 cacs	0,19	62,78	5,5	—	2,51
C6	0,21	55,90	4,9	—	2,23

TABLA IV
Determinaciones en el extracto de saturación: cationes me/l.

Hor.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	suma
Alca	50,00	278,60	167,30	4,60	500,50
Clcs	27,50	219,70	95,60	3,11	345,90
C2	30,00	48,30	17,80	0,60	96,70
C3	27,50	48,72	16,30	0,80	93,30
C4 ca	27,50	69,30	14,70	0,50	112,00
C5 cacs	25,00	53,30	16,52	0,80	95,60
C6	24,60	65,40	16,30	0,70	107,00

TABLA V

Determinaciones en el extracto de saturación: aniones me/l.

Hor.	Cl ⁻	SO ₃ ⁼	CO ₃ ⁼ + HCO ₃ ⁻	suma
A1 ca	131,05	175,00	7,50	493,00
C1 cs	179,00	155,00	6,50	340,50
C2	25,50	65,00	2,50	93,00
C3	20,30	67,00	1,25	88,50
C4 ca	38,50	66,00	1,25	105,70
C5 cacs	18,50	71,00	1,25	90,70
C6	17,00	84,00	1,25	102,20

Símbolos empleados: S.S. porcentaje de sales solubles.

P.S.I. porcentaje de sodio intercambiable.

RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL 2

TABLA VI

Análisis mecánico del suelo desprovisto de sales (%).

Hor.	arcilla < 2μ	limo 2-50μ	arena 50μ-2mm.	clasificación textural USDA
A11 ca	28,29	18,11	53,60	fco. arcillo-arenoso.
A12 ca	23,06	27,63	49,31	franco.
AC cacs	8,10	29,30	62,60	fco. arenoso.
C1 cacs	26,47	16,33	57,20	fco. arcillo-arenoso.
C2 cs	33,69		66,31	—
C3 cs	36,72		63,28	—
C4	47,89		52,11	—
C5	32,98		67,02	—

TABLA VII
Determinaciones físico-químicas.

Hor.	pH (sat.) agua	C.O. %	C/N	C.C. me/100 g	CO ₃ ⁼ %	P.S. %
A11 ca	8,6	1,60	7,34	19,30	15,60	48,30
A12 ca	8,7	1,20	6,24	15,50	16,30	47,10
AC cacs	8,7	0,64	—	13,20	21,60	44,00
C1 cacs	8,6	0,44	—	12,60	18,11	40,10
C2 cs	8,4	0,30	—	11,21	4,20	38,60
C3 cs	8,4	0,30	—	12,61	3,80	39,10
C4	8,3	0,40	—	10,43	3,60	33,00
C5	8,3	0,30	—	11,21	3,10	32,11

TABLA VIII
Determinaciones físico-químicas

Hor.	% S.S.	% yeso	C.E. mmhos/cm 25.° C	RAS	PSI
A11 ca	0,76	18,90	22,0	7,0	8,4
A12 ca	0,89	22,60	26,0	8,3	9,9
AC cacs	1,12	45,11	35,0	10,5	12,5
C1 cacs	0,70	54,51	24,0	8,5	10,0
C2 cs	0,63	68,31	23,0	8,9	10,7
C3 cs	0,54	66,22	18,0	7,0	8,3
C4	0,40	33,21	17,0	5,7	6,7
C5	0,30	38,50	14,0	6,0	7,1

TABLA IX

Determinaciones en el extracto de saturación: cationes me/l.

Hor.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	suma
A11 ca	26,50	173,21	70,70	3,02	273,43
A12 ca	33,61	201,60	90,21	2,61	328,03
AC cacs	37,80	267,28	130,35	2,53	437,96
C1 cacs	30,00	183,11	87,23	2,11	303,45
C2 cs	29,30	163,21	81,10	3,21	283,83
C3 cs	25,11	145,62	66,61	4,11	238,45
C4	24,61	129,32	50,00	3,61	208,04
C5	26,32	100,02	47,87	2,13	176,34

TABLA X

Determinaciones en el extracto de saturación: aniones me/l.

Hor.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ⁻	suma
A11 ca	72,01	201,60	2,03	275,64
A12 ca	126,30	189,30	4,10	319,70
AC cacs	205,08	236,15	3,60	444,86
C1 cacs	122,10	183,44	2,80	308,34
C2 cs	83,94	191,32	2,70	277,96
C3 cs	81,60	162,18	2,70	246,48
C4	74,60	136,11	2,60	213,31
C5	68,11	103,03	2,60	171,74

RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL 3

TABLA XI
Análisis mecánico del suelo desprovisto de sales (%).

Hor.	arcilla < 2 μ	limo 2-50 μ	arena 50 μ -2 mm.	clasificación textural USDA
A1 ca	15,40	6,90	77,70	frco. arenoso
AC ca	15,70	6,90	77,40	frco. arenoso
C1 cacs	25,40	10,60	64,00	fco. arcillo-aren.
C2	70,00		30,00	suelo sin lavar sales
C3	52,00		48,00	suelo sin lavar sales
C4 cs	44,00		56,00	suelo sin lavar sales
C5	31,00		69,00	suelo sin lavar sales

TABLA XII
Determinaciones físico-químicas.

Hor.	pH (sat.) agua	C.O. %	C/N	C.C. me/100 g	CO ₃ ⁼ %	P.S. %
A1 ca	8,7	0,80	16,00	14,94	20,40	37,00
AC ca	8,9	0,40	10,00	16,00	18,40	35,00
C1 cacs	9,2	0,35	—	12,13	6,70	36,80
C2	9,1	0,20	—	—	0,00	37,80
C3	9,2	0,15	—	—	0,00	32,00
C4 cs	9,3	0,20	—	—	1,60	34,00
C5	8,6	0,50	—	—	1,20	28,00

TABLA XIII
Determinaciones físico-químicas.

Hor.	% S.S.	% yeso	C.E.	RAS	PSI
			mmhos/cm 25.° C		
A1 ca	0,82	30,96	25,0	—	18,94
AC ca	0,73	39,56	25,0	—	17,86
C1 cacs	0,63	54,18	20,5	—	12,34
C2	1,03	43,18	24,0	—	13,90
C3	0,48	36,98	16,5	—	8,92
C4 cs	0,37	60,20	13,5	—	5,49
C5	0,15	42,40	4,8	—	2,36

TABLA XIV
Determinaciones en el extracto de saturación: cationes me/l.

Hor.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	suma
A1 ca	30,00	198,60	179,30	4,20	412,10
AC ca	37,50	191,00	167,40	3,20	399,10
C1 cacs	37,50	185,00	110,00	2,30	334,80
C2	27,50	312,40	155,00	3,30	498,20
C3	27,50	182,60	76,80	2,20	288,80
C4 cs	30,00	145,10	45,40	1,10	221,60
C5	20,00	72,50	17,20	0,60	110,30

TABLA XV

Determinaciones en el extracto de saturación: aniones me/l

Hor.	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	CO ₃ ⁼ + HCO ₃ ⁻	suma
A1 ca	205,00	198,00	0,50	403,50
AC ca	203,00	190,00	0,50	393,50
C1 cacs	177,00	153,00	0,25	330,30
C2	250,50	231,00	0,50	482,00
C3	134,50	146,00	0,50	281,00
C4 cs	95,00	119,00	0,50	214,50
C5	33,00	69,00	0,25	102,30

COMENTARIO

Los suelos objeto de este estudio se han desarrollado a partir de materiales aluviales conteniendo altos porcentajes de yeso de formación secundaria. El origen de estos sedimentos parece estar asociado a un régimen lagunar que se extendió por esta zona durante el cuaternario.

El clima, semiárido, probablemente se erige como condición necesaria para la existencia de estos suelos. El estudio de los balances hídricos permite afirmar que la pluviometría de la zona favorece un cierto lavado de las sales, especialmente de las más solubles. Sin embargo, el exceso de agua coincide con aquellos meses en los que la capa freática se sitúa cercana a la superficie. De todos modos, y debido a que estos mantos son temporales, es decir, se tratan de acumulaciones alimentadas directamente por las precipitaciones o por otros aportes, pero sometidos fundamentalmente al régimen anual de precipitaciones, debe considerarse la posibilidad de un cierto lavado de sales, el cual impediría la formación de acumulaciones suficientes (más del 2%) como para definir horizontes de diagnósticos sálicos.

El dominio de la evapotranspiración frente a las precipitaciones es claro en la mayoría de los meses del año. Esto contribuye favorablemente a la dinámica de las sales en los perfiles a través de fenómenos de capilaridad. Los mayores contenidos en sales que, en general presentan los horizontes superficiales, podrían corroborar este hecho.

De otro lado, las posiciones fisiográficas que ocupan estos suelos y la naturaleza yesífera de los mismo, contribuyen a dificultar su drenaje natural, estableciéndose, en conjunto, un medio particularmente conservador para la presencia y confinamiento de las sales.

Los perfiles de estos suelos presentan desarrollos bastante similares: un horizonte A1 de unos 20 cm., de espesor, por lo general subdividido, al que le sigue frecuentemente un horizonte de transición AC y debajo una secuencia vertical de horizontes C.

Según la Soil Taxonomy (1975), los horizontes A1 de estos suelos reúnen los requisitos de diagnóstico de un epipedon ochrico, caracterizado por un color pardo, más oscuro que el de los horizontes subyacentes a consecuencia, principalmente, de su mayor contenido en materia orgánica; una consistencia firme, pero dura y maciza cuando está seco y por la presencia en su parte inferior (ligeramente por debajo de la zona de máximo enraizamiento) de abundantes manchas de color blanco correspondientes a sales, que han precipitado en esta zona del perfil rellenando los espacios vacíos de los poros y de algunas raíces. Estas manchas destacan nítidamente sobre la matriz más oscura. La textura es mayoritariamente gruesa y la estructura es estable dominando la forma subangular de los agregados. Las raíces son pocas y presenta evidencias de cierta actividad biológica de la microfauna.

El límite entre este horizonte y los subyacentes es gradual cuando existe horizonte AC y neto en ausencia de éstos.

El horizonte AC tiene un color más claro a consecuencia de su menor contenido en materia orgánica y de las acumulaciones de sales que presenta. Este hecho se manifiesta así mismo, en el grado de agregación, en general más débil que el horizonte suprayacente. La característica más notoria de este horizonte reside en la presencia de acumulaciones de sales, con aspecto similar a las del horizonte A1, pero aquí destacando menos sobre una matriz más clara.

Por debajo de estos horizontes se presenta la secuencia vertical de horizontes C con un color claro y un mayor grado de compactación. Estos horizontes con color dominante pardo blanquecino, se diferencian de los materiales que integran el sustrato geológico subyacente de color amarillento y material arenoso friable.

Las características fundamentales de los horizontes C son bastante típicas: pérdida de la estructura con la profundidad con aumento de la compacidad y con subordinación de las propiedades estructurales a las texturales. Este incremento de la compacidad con la profundidad está asociado a una mayor impenetrabilidad a las raíces, cuyo número disminuye ostensiblemente en estos horizontes.

En los horizontes C más profundos se ha observado la presencia ocasional de fuertes cementaciones de yeso microcristalino cuya formación podría asociarse a periodos de intensa sequía; sin embargo, este fenómeno no es general y así un fragmento seco de muestra, tomada de estos horizontes, se desmenuza en el agua con lo que no pueden ser considerados petrogipsicos.

Los contenidos en carbono orgánico correspondientes a los horizontes superficiales de estos suelos son bajos, por lo general inferiores al 1%. En los horizontes subsuperficiales estos valores experimentan un fuerte descenso alcanzándose contenidos extremadamente bajos

en las zonas más profundas de los perfiles. Este hecho puede asociarse con la ausencia de raíces en estos horizontes debido a su impenetrabilidad a las mismas.

Los valores de la capacidad de cambio son bajos y sus variaciones a lo largo del perfil están fundamentalmente gobernadas por los contenidos de materia orgánica.

Los pHs son básicos, en general inferiores a 9, limitados, sin duda, por el carácter neutro de las sales que afectan a estos suelos.

La distribución de los carbonatos en los perfiles estudiados parecen revelar el resultado de una dinámica de los mismos; en general, los horizontes más profundos presentan contenidos netamente inferiores a los superficiales. Las acumulaciones, en esto últimos, reúnen los requisitos de diagnóstico de horizontes ca o/y cálcicos.

Los contenidos en yeso constituyen sin duda la propiedad más relevante en estos suelos. Su distribución en el perfil indica la existencia de acumulaciones secundarias, las cuales cumplen las exigencias de diagnóstico de los horizontes gypsicos.

Los valores de la conductividad eléctrica del extracto de saturación ponen de manifiesto el carácter salino de estos suelos. Las sales del extracto de saturación revelan el dominio de una salinidad constituida por sulfatos y cloruros de magnesio y de sodio. La existencia de estas sales dotadas de alta solubilidad, tales como los cloruros, debe favorecer la dinámica en el perfil de otras menos solubles p. e. carbonatos y yeso, aumentando su solubilidad.

Las acumulaciones de sales se presentan por lo general próximas a la superficie, su distribución revela un estado dentro de una dinámica, siendo presumible que experimenten modificaciones con el tiempo. Debe destacarse que en ningún perfil estudiado se alcanza el 2% de sales solubles; mínimo requerido por la Soil Taxonomy para definir un horizonte de diagnóstico sálico.

El porcentaje de sodio intercambiable de estos suelos es próximo a 15 en los horizontes superficiales y netamente inferior a este valor en los horizontes más profundos. Este hecho, unido a los altos contenidos de yeso que presentan estos suelos, nos permite afirmar que su evolución hacia estadios de mayor alcalinidad se encuentra impedida.

La acción del clima y de los factores locales sobre las oscilaciones del nivel freático y la dinámica de las sales en el perfil, asociada a la formación de horizontes de enriquecimiento secundario en yeso y carbonatos, y a la no probable formación de horizontes sálicos, influye de forma decisiva sobre el tipo de evolución que adoptan estos suelos. Así, bajo las condiciones actuales, consideramos que su evolución se encuentra muy restringida.

Según criterios de la Soil Taxonomy (1975), los perfiles estudiados quedan incluidos en el orden Aridisol y en el suborden Orthid. La diversidad tipológica se establece en las siguientes categorías taxonómicas.

El perfil 1 queda caracterizado por la presencia de dos horizontes de diagnóstico gypsicos, a distintas profundidades, cuyo espesor (en cm) dentro del 1,5 m., superficial, multiplicado por sus contenidos

en yeso, es inferior a 3000. La ausencia de horizontes de diagnóstico petrogypsicos y cálcicos permiten clasificar este suelo, a nivel de gran grupo como Gypsiorthid y, debido a que el contenido en yeso de enriquecimiento secundario puede considerarse como "relativamente bajo" (producto del contenido por el espesor inferior a 3000), clasificamos este suelo como Cambic Gypsiorthid.

El perfil 2, se caracteriza taxonómicamente por la presencia de un horizonte de diagnóstico gypsico y otro cálcico, éste último situado por encima del primero. La ausencia de horizontes petrogypsicos, y el hecho de que el producto del espesor (en cm) del horizonte gypsico, dentro del 1,5 m., superficial, por el contenido en yeso sea superior a 3000, nos permite clasificar este perfil como un Typic Gypsiorthid.

En el perfil 3, nos encontramos en una situación similar: presencia de un horizonte de diagnóstico cálcico por encima de otro gypsico, sin embargo, aquí el producto del espesor por el contenido en yeso es inferior a 3000, consecuentemente los contenidos en yeso de origen secundario pueden ser considerados como relativamente bajos y el perfil quedaría clasificado como un Calcic Gypsiorthid.

Según la clasificación C.P.C.S. (1967) los suelos estudiados son clasificados como "Sols Salins, Solontchaks, á structure non dégradée" y según la clasificación F.A.O. (1973) como Solonchaks órticos.

RESUMEN

Se estudian suelos cuya común característica reside en que presentan horizontes de diagnóstico gypsicos.

La acción del clima y de los factores locales sobre las oscilaciones del nivel freático y la dinámica de las sales en el perfil, asociada a la formación acumulaciones secundarias de yeso y carbonatos y a la no probable formación de horizontes sálicos, influye de forma decisiva sobre el tipo de evolución que adoptan estos suelos.

Los autores concluyen clasificando los suelos estudiados según la Soil Taxonomy como: Cambic Gypsiorthid, Typic Gypsiorthid y Calcic Gypsiorthid.

BIBLIOGRAFIA

- C.P.C.S. 1967. Classification de sols. Lab. Geol. Pedol. de l'ENSA de Grignon-78. 96 p.
- F.A.O. 1977. Guías para la descripción de perfiles de suelos. FAO. Roma.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. 1972. Soil Survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. U.S. Dep. Agr. SSIR1. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. 1975. Soil Taxonomy. U.S. Dep. Agr. Govt. Printing Office, Washington, D.C.

HORIZONTES B SOBRE MATERIALES GRANITICOS EN GALICIA

Por

BENITA SILVA HERMO Y FRANCISCO GUITIAN OJEA

Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia,
Universidad de Santiago de Compostela.

SUMMARY

The B horizons of soils developed over granitic material in Galicia (NW Spain) have been studied on the basis of seven representative profiles. Both our own field work and the literature, indicate the rarity of these horizons, which are only found in certain well-defined situations. Their identification often requires structural or microstructural criteria when colluviation effect perturb their relationship with underlying horizons. They can be classified as cambic B horizons whose mineralogical composition suggests relatively slight weathering except in certain very localized sites with suitable ecological conditions, where horizons evidencing an accumulation of sesquioxides appear which occasionally as spodic B horizons.

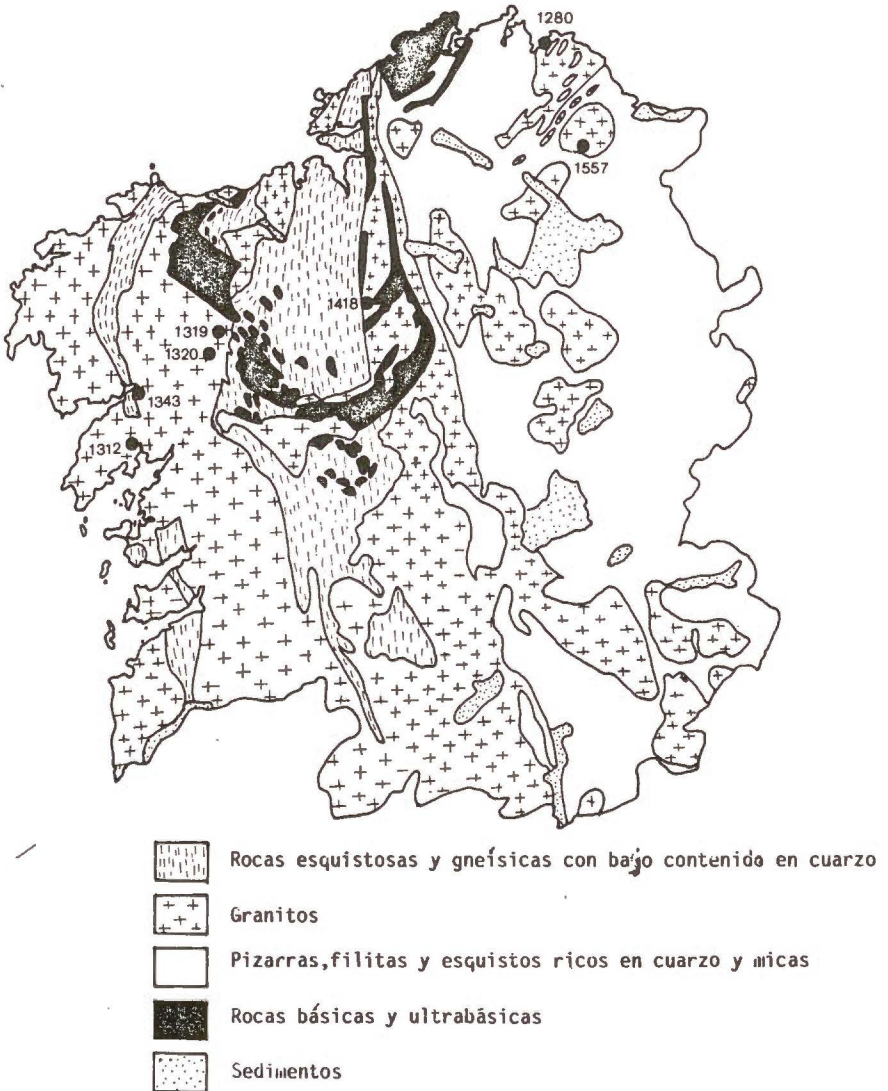
INTRODUCCION

Los granitos en sentido amplio son las rocas más abundantes de Galicia donde ocupan aproximadamente un 45% de la superficie total (Fig. 1). Atendiendo a la época de su formación han sido clasificados en granitos Prehercínicos, que actualmente se encuentran transformados en ortogneis y granitos Hercínicos, entre los cuales Capdevilla y Floor (1970) han diferenciado los granitos de dos micas "sensu stricto" y las granodioritas con biotita dominante.

En este trabajo dentro del término de rocas graníticas incluimos granitos s.st., granodioritas, ortogneises y también algunos paragneises, ya que las diferencias entre estas rocas son de tipo cronológico y estructural, pero su composición química y mineralógica es semejante y dan suelos de características análogas.

El hecho de que nos centremos concretamente en el estudio de los horizontes B, se debe a la necesidad de caracterizar de forma precisa estos horizontes a los que las clasificaciones modernas (FAO, 1973; USDA, 1975) dan una importancia prioritaria como horizontes de diagnóstico para la clasificación de suelos.

Fig. 1.- LOCALIZACION DE LOS PERFILES SELECCIONADOS



MATERIAL Y METODOS

Se estudian siete perfiles graníticos, seleccionados en base a la presencia de un horizonte B, a los que se les han efectuado los análisis habituales en los estudios edafológicos: C y N totales, pH, aná-

lisis granulométrico (Guitián y Carballas, 1976), capacidad de cambio y grado de saturación (USDA, 1973), así como otros más específicos necesarios para el reconocimiento de determinadas propiedades o para su caracterización taxonómica, tales como extracción de diferentes formas de Fe y Al (USDA, 1973), pH en FNa (Fieldes y Perrot, 1966), arcilla dispersable en agua (Isbell, 1976), análisis químico total (Langmyhr et al. 1968) etc. El estudio micromorfológico se ha realizado según las técnicas descritas por Benayas (1982) y para el análisis mineralógico se ha utilizado la microscopía óptica en la fracción arena y difracción de rayos X y ATD en la fracción coloidal.

Además se ha hecho una revisión de los horizontes B descritos por otros autores en Galicia, lo que nos ha permitido corroborar nuestros propios resultados.

CARACTERISTICAS CLIMATICAS GENERALES

El clima actual de Galicia es templado húmedo con una temperatura media anual de 12.º C y valores importantes de precipitación (entre 600 y más de 2000 mm. anuales) con una distribución de tipo mediterráneo que se acentúa en las zonas del interior.

En estas condiciones y dadas las características de las rocas graníticas, uno de los factores de mayor peso en su alteración y edafogénesis es el drenaje. A falta de medidas concretas del tiempo de residencia del agua en los perfiles, como dato indicativo se presenta el mapa de infiltración anual de Galicia (Díaz-Fierros, 1971) (Fig. 2).

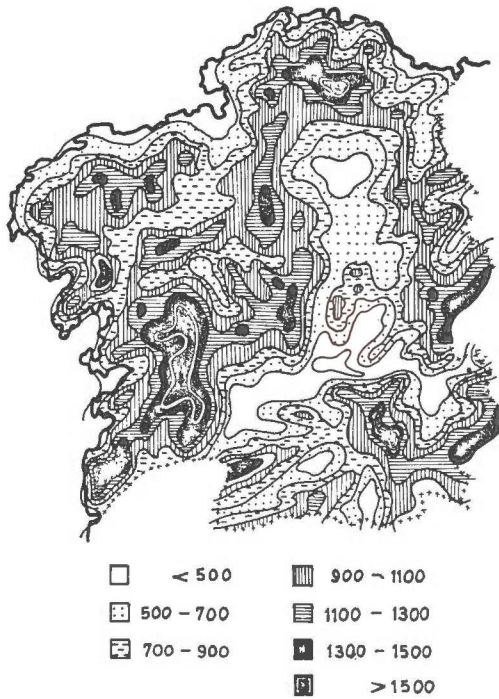
ALTERACIONES

Las rocas graníticas presentan con frecuencia alteraciones muy profundas, con una distribución espacial muy heterogénea; en ocasiones aparecen asociadas preferentemente a fenómenos de tipo tectónico por lo que se le atribuye, en estos casos, un origen hidrotermal. Más evidente es la relación existente entre la topografía y la profundidad del perfil de alteración, lo cual se explica no solo por la erosión mecánica, sino por la intensidad de la hidrólisis que lógicamente es mayor en las áreas acumulativas donde es mayor el tiempo de contacto del agua con el material sólido.

En los perfiles de alteración se pueden distinguir tres niveles que, de acuerdo con diversos autores, denominamos: roca escasamente alterada, saprolita y arena granítica.

En Galicia el proceso de alteración del granito ha sido estudiado en diferentes aspectos por Birot (1952), Parga (1958), Nonn (1966), Bisdom (1967), Macías et al. (1982). Concretamente Calvo et al. (1981) y Guitián Rivera et al. (1981) han analizado la meteorización de un macizo granítico perteneciente a la misma formación en que se encuentran dos de los perfiles estudiados por nosotros (1319 y 1320).

Fig. 2-INFILTRACION ANUAL (mm) (Diaz-Fierros 1971)

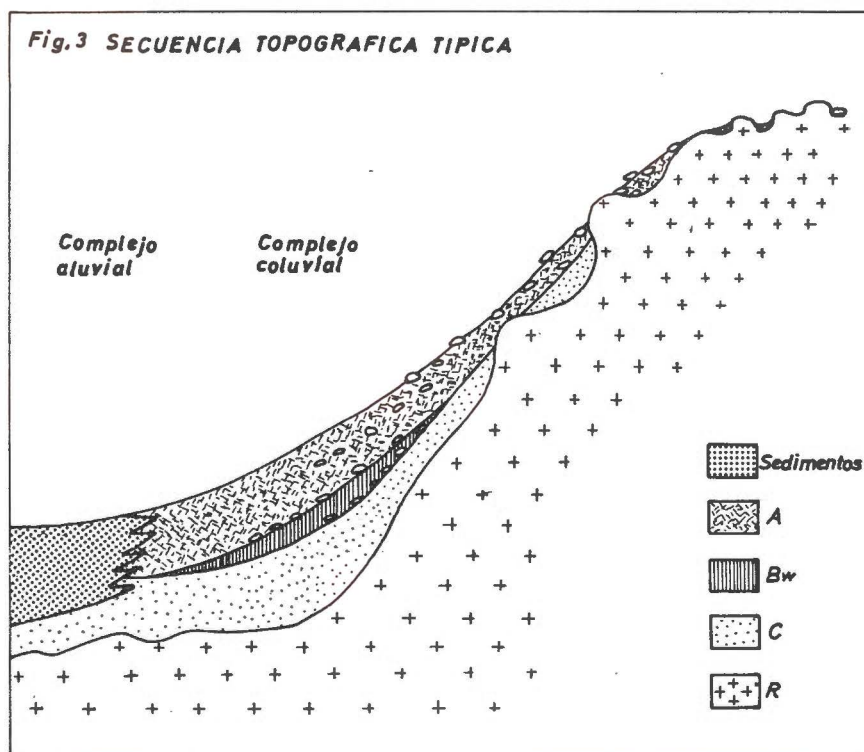


Estos autores destacan la importancia del lavado de bases y de Si durante el proceso lo que origina la evolución del material hacia un sistema enriquecido en Fe y sobre todo en Al. Desde el punto de vista mineralógico constatan la rápida destrucción de la plagioclasa y en menor medida de la biotita y del feldespato-K y la aparición de gibbsita y filosilicatos 1:1 como minerales de neoformación.

TIPOS DE SUELOS Y SU DISTRIBUCION EN EL PAISAJE

La característica más sobresaliente de los suelos es su escaso desarrollo, ya que la forma del relieve granítico unida a la fuerte tendencia a la erosión del material desagregado, condicionan una gran inestabilidad de las superficies geomorfológicas. Este hecho está acentuado en la Galicia occidental donde el levantamiento de los bloques ha originado un rejuvenecimiento del relieve (Torre Enciso, 1954).

La secuencia de horizontes típica es la AR o, más raramente, AC, con un horizonte A delgado en las áreas erosionadas y muy grueso



y en general descansando sobre una línea de piedras, en las posiciones de media y baja ladera (Fig. 3). En los puntos de ruptura de pendiente son muy característicos unos suelos con fuerte acumulación de materia orgánica alóctona (Ranker atlántico-subgrupos cumúlicos de la Soil Taxonomy).

Los horizontes B sobre materiales graníticos son verdaderamente escasos. A partir de nuestras observaciones de campo, podemos decir que se encuentran localizados en una estrecha franja bordeando algunos valles por debajo de los perfiles cumúlicos.

Dada la posición que ocupan, estos perfiles presentan un coluvionamiento más o menos importante que en general afecta primordialmente a los horizontes superficiales, en cuyo caso el horizonte B pertenece al mismo sequum que el C subyacente, pero otras veces incluso el horizonte B aparece formado sobre los depósitos de ladera.

La presencia de suelos hidromorfos está restringida en las áreas graníticas, apareciendo únicamente en lugares con un nivel freático elevado; no suelen presentar horizontes B.

En determinadas zonas donde las condiciones topográficas y climáticas son favorables, aparecen suelos con cierta tendencia podsolizante, con horizontes B de acumulación de sesquióxidos.

PROPIEDADES DE LOS HORIZONTES B

Cuando se identifican, los horizontes B se pueden describir como horizontes poco evolucionados, de escaso espesor (entre 10 y 30 cm.) que pasan de forma muy gradual a los horizontes C subyacentes de los que se diferencian principalmente por el color (casi siempre por un *croma* más bajo, ya que el *hue* suele ser 10YR en ambos). Carecen de estructura aparente o presentan una estructura de tipo mijoso debilmente desarrollada.

En lámina delgada aparecen como horizontes muy porosos, con abundante esqueleto y escaso plasma que se dispone rodeando y enlazando granos y formando pequeños agregados redondeados, de tal modo que la distribución relacionada varía entre intertética y aglomeroplásmica. Los horizontes C son más compactos y en ellos el plasma presenta un grado de reorganización mucho menor, encontrándose en su mayor parte en forma de pápulas de alteración que ocupan el lugar de los minerales originales (Fotos 1, 2 y 3).

Un resumen de las principales propiedades de los perfiles seleccionados, se dan en las Tablas 1 y 2. Cabe destacar la baja capacidad de cambio de los horizontes B, correlacionable con la escasez de coloides, en contraposición con los A donde esta propiedad va ligada a la materia orgánica.

Otro dato digno de señalar es el elevado pH en FNa (>11 a los dos minutos) de la mayoría de los horizontes A, reactividad que se ha atribuido a una fase organomineral amorfa y compleja rica en Al (García-Rodeja, 1983). La microestructuración pelética de estos horizontes, debe relacionarse, a nuestro juicio, con el efecto floculante del Al y la presencia de estos complejos.

La textura más común es la franco arenosa con porcentajes de arcilla que oscilan entre 3 y 20% (Fig. 4). Generalmente dentro del perfil, las fracciones finas se incrementan de abajo arriba, sin embargo en algunos casos, aún en perfiles que se pueden considerar monocíclicos (ejem. 1418), en el horizontes A se produce un descenso de arcilla con respecto al B. Esta distorsión de la pauta normal de evolución por alteración "in situ", se puede interpretar como una pérdida de arcilla por lavado lateral de los horizontes superficiales, promovida por la dispersabilidad de la fase coloidal en presencia de materia orgánica (Tabla III).

Composición mineralógica.

En la fracción arena de los horizontes B, se reconocen todos los componentes del granito: cuarzo y moscovita perfectamente conservados, biotita en diferentes estados de meteorización, feldespato-K más o menos agrietado y anubarrado y algunos minerales accesorios (Fig. 5) Los pocos granos de plagioclasa que se pueden reconocer aparecen muy alterados lo cual ya se observaba en la saprolita y horizontes C. En los horizontes A se produce con frecuencia un incremento de minerales alterables solo explicable por el aporte de materiales fres-



FOTO 1.— Saprolita granítica: los granos resistentes aparecen densamente empaquetados entre otros más o menos argilizados. Distribución relacionada porfiriosquelética (L.N. x 40).

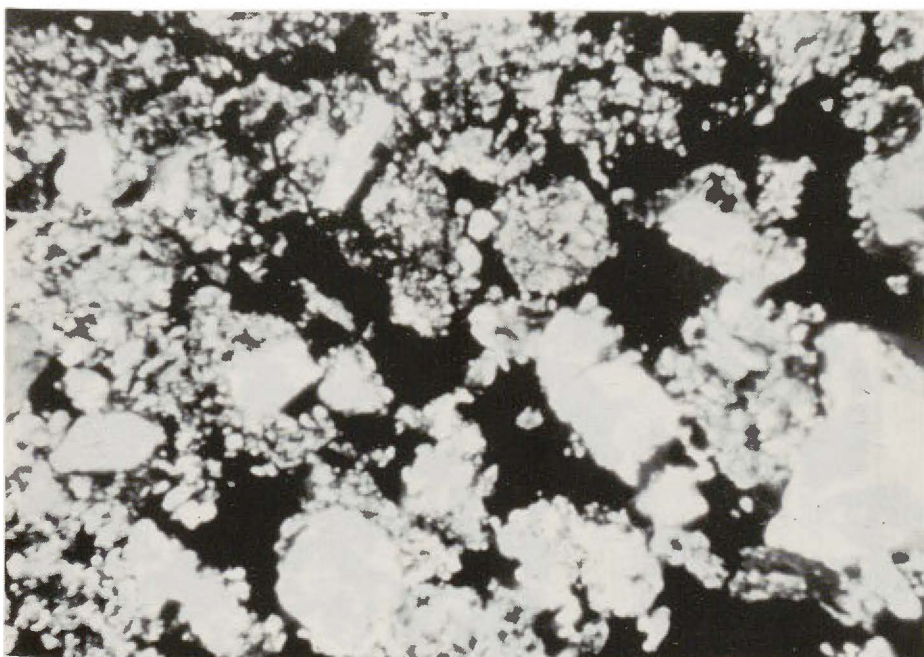


FOTO 2.— Aumento de la porosidad de un granito arenizado cuya distribución relacionada varía de porfiriosquelética en unas zonas a granular en otras. Horizonte 1418 C. (L.N. x 40).

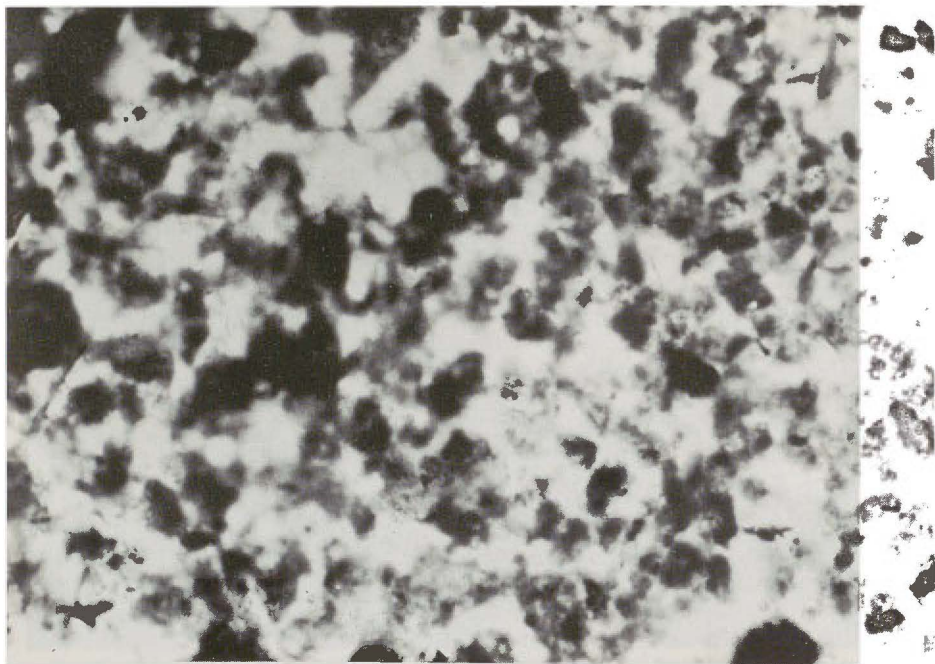


FOTO 3.— Distribución relacionada aglomeroplásmica en el horizonte Bw del perfil 1418 (L.N. x 25).

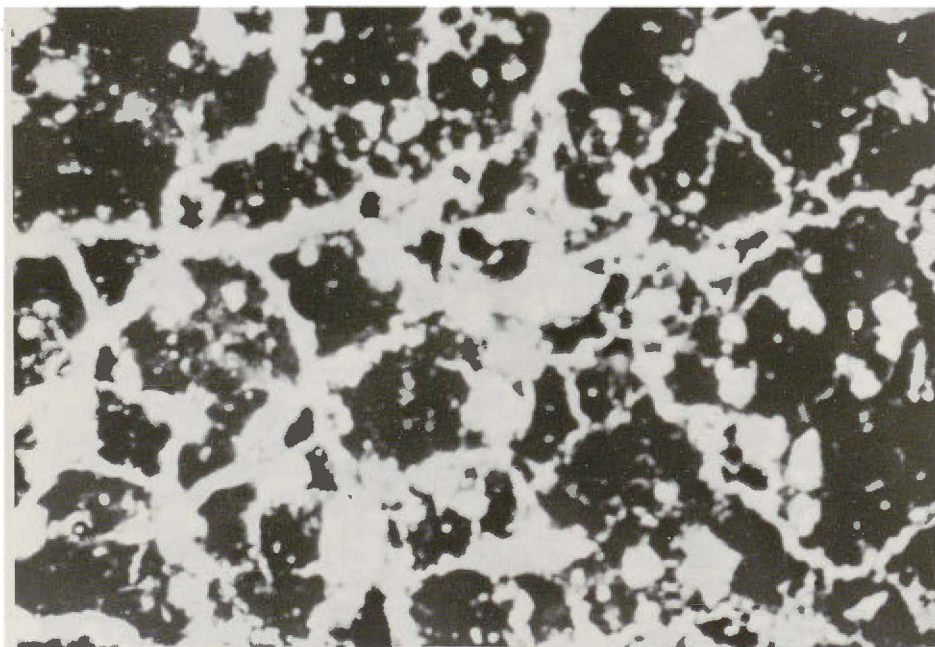


FOTO 4.— Recubrimientos isotrópicos agrietados de forma característica en el horizonte Bhs del perfil 1557 (L.N. x 25).

TABLA I
Propiedades química

Perfil	Tipo de roca	Horz.	pH agua	pH CIK	pH FNa	% C	T pH 7	S	Al CIK	% Fe ₂ O ₃ TAMM + HIDRO	% Al ₂ O ₃
1418	Granodiorita de biotita	A	4,5	4,4	11,5	5,53	13,0	1,42	2,08	2,86	3,55
		Bw	4,9	4,2	9,4	0,99	7,0	2,55	1,64	3,03	2,98
		C	4,8	4,1	8,8	0,12	6,5	2,72	4,60	2,80	1,66
1319	Ortogneis	Au1	4,5	4,1	11,1	5,03	15,1	1,66	2,80	1,90	1,61
		Au2	4,3	4,0	10,8	5,30	19,8	1,86	2,96	2,08	1,65
		Bw	4,7	4,1	8,5	0,21	6,5	2,38	1,20	0,87	0,53
		C	4,8	4,2	7,8	0,04	5,7	1,61	0,60	0,50	0,29
1320	Granito de dos micas	A	5,1	4,3	11,6	3,93	13,0	0,78	1,76	1,06	2,85
		AB	4,8	4,3	11,2	0,85	4,8	0,45	1,32	0,74	1,39
		Bw	4,9	4,1	9,4	0,06	2,8	0,57	1,20	0,40	0,57
		2C	4,5	4,1	9,0	0,02	3,0	0,43	1,32	0,30	0,68
1312	Paragneis	A	4,7	4,5	11,3	5,08	15,0	1,33	2,36	1,02	2,03
		Bw	4,6	4,5	9,3	0,67	7,8	0,75	1,48	1,47	1,52
		BC	4,4	4,4	8,4	0,37	7,7	0,86	1,04	1,04	1,34
		C	4,3	4,2	8,2	0,32	7,4	1,39	0,76	0,90	1,20
1343	Paragneis	A	4,8	4,2	11,4	4,80	15,9	2,11	1,92	1,70	2,14
		Bw	4,8	4,2	9,7	0,70	8,4	2,37	1,48	1,71	1,19
		C	4,8	4,0	8,1	0,20	8,6	0,89	1,32	1,54	0,73
1557	Granodiorita de biotita	A	3,8	3,5	7,7	5,69	27,8	1,61	1,35	2,45	1,22
		Bs	4,4	3,8	9,4	3,39	16,7	1,28	0,44	3,38	1,88
1280	Granito de dos micas	Au1	4,4	3,9	9,2	10,58	19,7	6,40	1,44	2,40	2,08
		Au2	4,4	4,1	10,8	6,26	16,1	1,61	1,55	3,00	2,64
		Bhs	4,4	4,3	11,7	4,16	12,5	1,18	1,44	3,10	4,53
		Bt	4,7	4,4	10,9	1,26	6,1	0,79	0,89	4,29	3,59

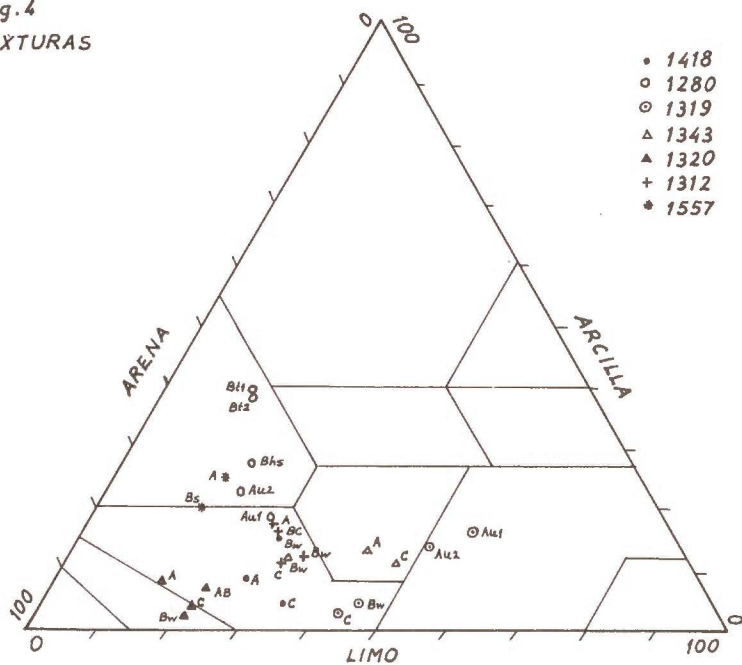
TABLA II
Propiedades físicas

Perfil	Color (h)		Estructura		Distribución relacionada	
	C	Bw	C	Bw	C	Bw
1418	10YR6/6	5YR4/4	est. roca	migajosa	porf. gran.	aglomeroplásmica
1320	10YR5/4	10YR5/4	est. roca	sin estr.	granular	granul-aglom.
1319	10YR8/6	10YR7/4	est. roca	sin estr.	granular	granul-aglom.
1312	10YR6/3	10YR4/4	est. roca	migajosa	porf. gran.	intertex-aglom.
1343	10YR6/4	10YR5/3	est. roca	migajosa	porf. gran.	aglomeroplásmica

TABLA III
Arcilla dispersable en agua

Perfil	1418		1320		1343	
	A	Bw	A	Bw	A	Bw
Horizonte						
%	1,45	0,00	1,55	2,27	2,35	0,37

Fig.4
TEXTURAS



% de arcilla

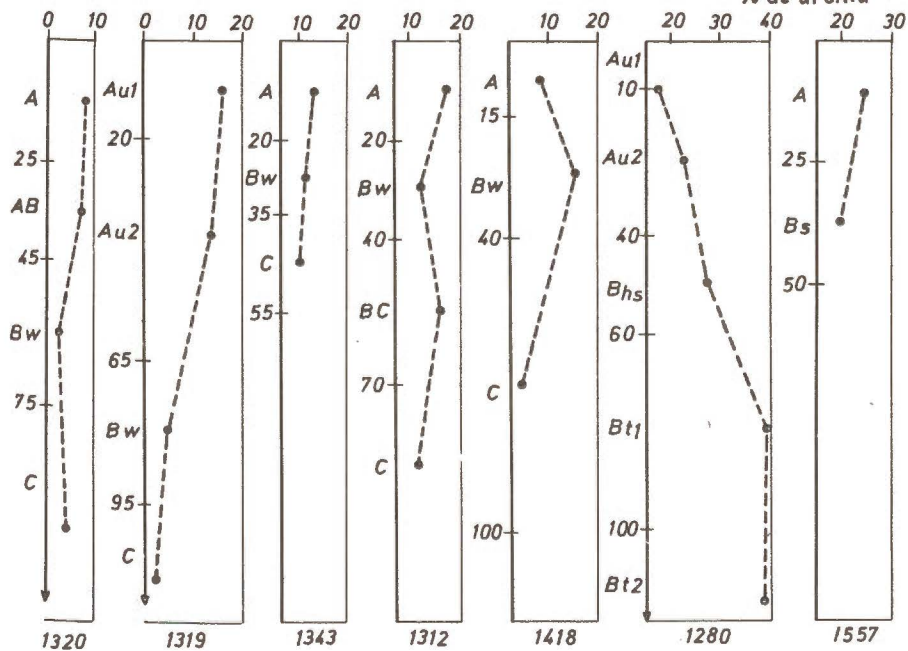


Fig. 5 .- MINERALOGIA DE LA ARENA - FRACCION LIGERA

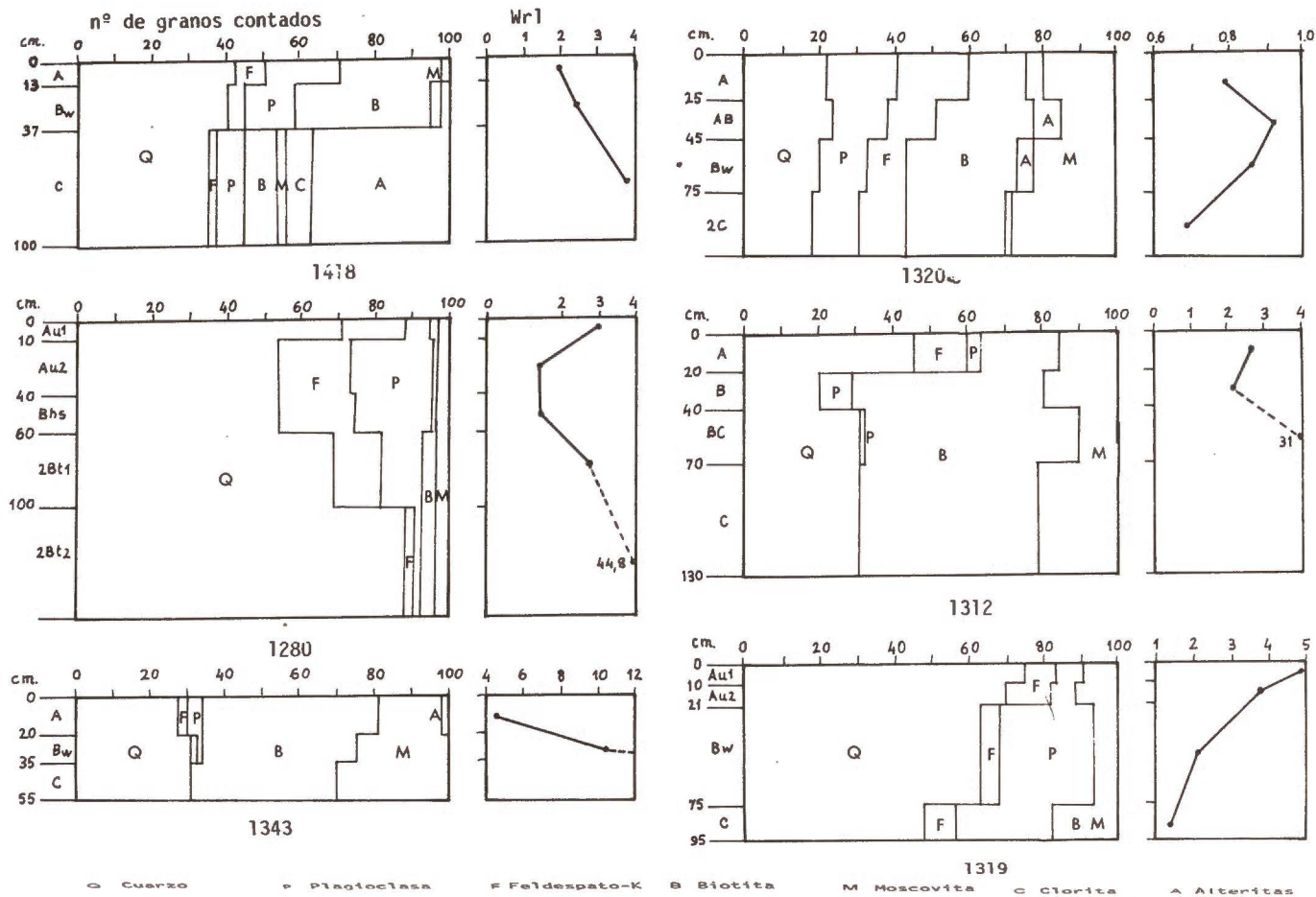


TABLA IV
 Mineralogía de la fracción arcilla (D.R.X.)

Perfil	Horizonte	1:1	Moscovita	Vermiculita	M-V	Clorita	Gibbsita	Feldespatos	Cuarzo
1418	A	A	O	O	O	O	O	T	—
	Bw	A	O	—	O	O	O	T	—
	C	MA	O	—	O	O	T	T	—
1319	Au1	F	O	A	—	—	O	—	—
	Au2	F	O	A	O	O	F	—	—
	Bw	MA	O	T	T	T	F	—	—
	C	MA	O	T	T	T	F	—	—
1320	A	F	F	A	—	—	O	—	—
	AB	F	F	F	—	—	F	—	—
	Bw	F	F	O	—	—	F	—	—
	2C	F	A	O	—	—	F	—	—
1312	A	O	F	F	—	O	F	—	—
	Bw	O	F	F	—	O	A	—	—
	BC	O	F	O	—	O	MA	—	—
	C	O	F	T	—	O	MA	—	—
1343	A	F	O	F	O	—	F	—	—
	Bw	F	O	O	O	—	F	—	—
	C	F	F	T	T	—	A	—	—
1557	A	F	F	F	—	—	F	—	O
	Bs	F	F	F	O	—	F	—	T
1280	Au1	A	O	F	—	O	T	—	—
	Au2	MA	O	O	—	O	O	—	—
	Bhs	MA	O	O	—	O	O	—	—
	Bt	MA	T	—	—	O	F	—	—

HORIZONTES B SOBRE MATERIALES GRANITICOS EN GALICIA

cos procedentes de posiciones más elevadas de la ladera. Este fenómeno se pone en evidencia en la representación de los índices de Ruhe (Wrl). De todos modos la interpretación de este parámetro (al margen de discutir la validez del uso de un determinado mineral como índice de alteración) debe realizarse con cautela ya que el método de tinción de feldespatos puede conducir a errores por exceso al teñirse también los granos alterados (Hoyos et al. 1982); por otra parte, el índice de Ruhe contempla la relación en número entre los granos de feldespato y cuarzo por lo que la fragmentación del feldespato-K, claramente observable en lámina delgada, puede inducir una estimación exagerada del grado de rejuvenecimiento.

La fracción arcilla está formada por filosilicatos 2:1, 1:1 y gibbsita. El mineral 1:1 constituye frecuentemente el componente mayoritario tanto en los horizontes B como en los C y saprolitas, de lo que se deduce que su origen no es estrictamente edafológico, sino que se ha formado primordialmente durante el proceso de alteración de la roca. Su formación a partir de las plagioclasas parece indudable ya que se ha identificado en alteraciones incipientes cuando solo estos minerales más lábiles han sido atacados, pero también se pueden formar en la alteración del feldespato-K y de la biotita, hecho que ha sido puesto de manifiesto por técnicas de *Scanning* (Guitián Rivera et al., 1981).

Los índices de asimetría de los endotermos de ATD, con valores superiores a 1,8, son los propios de caolinitas muy pobremente cristalinas o incluso de haloisistas o metahaloisistas (Mackenzie, 1972)

La gibbsita, también puede encontrarse en proporción apreciable en los horizontes B (Tablas IV y V); generalmente aumenta en éstos con respecto al C para disminuir bruscamente en los A, posiblemente por efecto de los ácidos orgánicos como inhibidores de su cristalización (Wilson, 1969; Kodama et al. 1980). De todas formas en alguno de los perfiles estudiados existe una cantidad apreciable de gibbsita en superficie, lo cual puede atribuirse al aporte de coluvios de granito en vías de alteración. Su formación a partir de las plagioclasas ha sido establecida por Bisdom (1967) y Guitián Rivera et al. (1981) siendo las condiciones de drenaje, principalmente, las que regulan su transformación en gibbsita o 1:1.

TABLA V
ATD de algunos horizontes representativos

Horizonte	% 1:1	Ind. asimetría	% G
1320 C	60,0	3,50	7,0
1280 R alt.	65,0	3,55	3,0
1418 C	52,5	3,50	tr.
1418 Bw	22,5	2,25	17,0
1418 A	16,5	2,40	7,0

Fig.6.-INDICES DE PARKER

$$I_a = \left(\frac{Ca}{0.7} + \frac{Mg}{0.9} + \frac{K}{0.25} + \frac{Na}{0.35} \right) 100$$

DIAGRAMA DE CHESWORTH

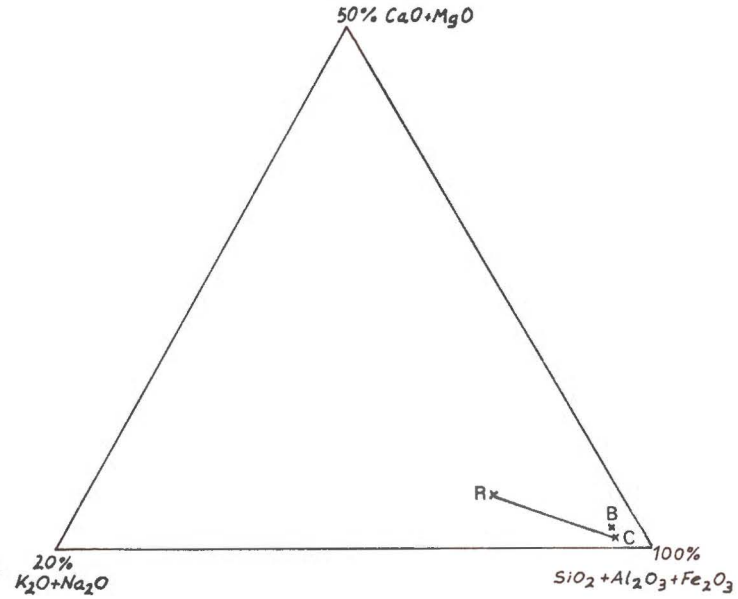
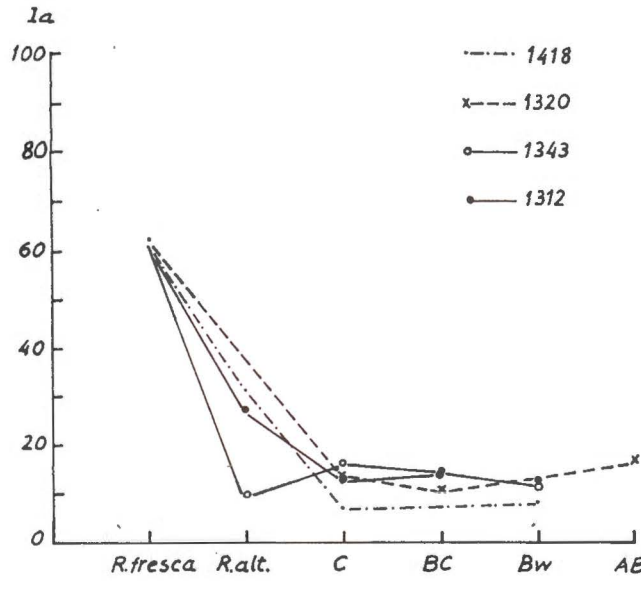


TABLE VI
Análisis químico total (%)

Perfil	Horz.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺
1418	Bw	63,00	19,60	3,46	0,35	1,20	0,80	0,32	2,26	8,74
	C	65,90	18,80	3,04	0,04	0,73	1,00	0,12	1,68	7,26
	R.alt.	68,30	17,90	3,19	3,80	1,16	0,70	3,20	0,17	0,59
1343	Bw	61,20	20,60	3,30	0,04	1,69	1,50	0,28	1,05	8,67
	C	59,49	21,90	3,19	0,02	2,20	1,90	0,18	0,87	8,29
	R. alt.	72,15	15,40	2,90	0,02	1,88	1,00	0,04	0,65	5,26
1312	Bw	65,00	17,90	3,20	0,06	2,10	1,30	0,25	1,25	8,54
	BC	62,40	19,70	3,34	0,06	2,50	1,50	0,20	1,34	8,43
	C	67,60	16,00	3,25	0,08	2,40	1,30	0,18	1,02	7,07
	R. alt.	75,70	14,50	1,38	0,26	0,10	2,00	3,90	0,28	1,23
1320	AB	68,93	17,90	1,64	0,19	0,39	2,70	0,86	1,45	5,64
	Bw	72,87	16,50	1,35	0,06	0,28	1,90	0,34	0,88	5,05
	2C	68,58	19,50	1,90	0,12	0,24	2,60	0,30	1,09	5,09

Los minerales 2:1, por el contrario, son más abundantes en la fracción arcilla de los horizontes superficiales que en los profundos, lo cual puede relacionarse con la transformación de las micas que en profundidad formaban parte de las fracciones gruesas, pasando a la arcilla a medida que progresa su fracturación mecánica y su alteración química, que es acentuada en los horizontes superficiales por la presencia de ácidos orgánicos.

En su evolución estos minerales se transforman progresivamente en interstratificados mica-vermiculita y vermiculita. Estos son los productos de alteración típicos de las micas en medios donde existen ácidos orgánicos capaces de provocar el desplazamiento del Al de sus posiciones octaédricas (Vicente et al. 1977), pero que no son suficientemente complejantes o se encuentran en una concentración demasiado baja como para arrastrarlo en solución (acidocomplexolisis) quedando el Al parcialmente hidroxilado retenido en la intercapa.

Análisis total.

En algunos perfiles se ha realizado un análisis total cuyos resultados revelan que el único que sigue una dinámica normal de desarrollo por alteración "in situ" es el 1418 (Tabla VI y Fig. 6), en el cual desde la roca hasta el horizonte B, se observa una pérdida de bases y de SiO_2 y un enriquecimiento relativo en Fe_2O_3 y Al_2O_3 , siguiendo la misma tendencia geoquímica ya establecida en el proceso de alteración de la roca. Los demás perfiles muestran desviaciones de esta tendencia normal atribuibles al fenómeno de rejuvenecimiento que también se observa en los análisis mineralógico y micromorfológico y que, aunque es más evidente en los horizontes superficiales, ya se deja sentir en los horizontes B.

Las bases, ya inicialmente escasas en las rocas graníticas se pierden casi totalmente durante su alteración excepto el K que se mantiene en un nivel apreciable debido a la abundancia de moscovita y feldspato-K, minerales, especialmente el primero, que se manifiestan relativamente resistentes a la meteorización.

De todos modos hay que señalar que dadas las cantidades tan pequeñas de elementos alcalinos y alcalinotérreos presentes en los horizontes edáficos, B y C, que entran dentro del margen de error experimental, las oscilaciones en uno u otro sentido no pueden considerarse demasiado significativas; de hecho al representar en el diagrama de Cheshworth (1973) el valor medio de los horizontes B y C de los perfiles considerados, ambos coinciden (Fig. 6).

Todos estos hechos nos llevan a la conclusión de que la evolución geoquímica de las rocas graníticas tiene lugar, fundamentalmente durante el proceso de alteración, mientras que la edafogénesis propiamente dicha apenas representa cambios químicos con respecto a la fase de saprolita; en este sentido se puede decir que la formación de horizontes B a partir de materiales graníticos previamente alterados, en sistemas bien drenados y con escaso contenido en materia orgánica, es prácticamente isoquímica en su balance global.

Tipo de alteración.

Teniendo en cuenta estos y otros estudios, cuyos resultados aparecen sintetizados en un trabajo anterior (Macías et al, 1982) podemos decir que en los perfiles graníticos se diferencian dos zonas de alteración. En la inferior (saprolita y horizontes C) el mecanismo es fundamentalmente una hidrólisis debilmente ácida por la que son atacadas las plagioclasas y en menor medida la biotita y el feldespato-K permaneciendo invulnerables la moscovita y el cuarzo. Se produce una pérdida casi total de bases y en menor proporción de Si, lo que origina un enriquecimiento relativo en Al, apareciendo como productos de neoformación gibbsita y filosilicatos 1:1 más o menos cristalinos. Estos datos nos llevan a situar el proceso dentro del campo de la *monosialitización*.

En los horizontes superficiales hay una influencia de la materia orgánica sobre todo a través de los ácidos complejantes. El mecanismo de alteración es una acidólisis o incluso puede ser una acidocomplejólisis moderada. Estas condiciones son más agresivas para las micas, las cuales son atacadas, pero dada la gran cantidad de Al suministrada por el material, que a estos pH (entre 4 y 5) está predominantemente en formas catiónicas hidroxiladas, los complejos precipitan rápidamente y además los islotes hidroxialumínicos se introducen en la intercapa de las micas impidiendo que su evolución progrese más allá del estado de vermiculitas hidroxialumínicas. Este proceso ha sido denominado por Pedro et al. (1979) *aluminosialitización* y considerado como característico de los suelos pardos ácidos que se sitúan en un campo intermedio entre la bisialitización, propia de los suelos pardos en sentido estricto y al podsolización.

En los horizontes B los dos mecanismos confluyen, siendo preciso establecer, para cada perfil, la proponderancia de uno u otro en función de la mienralogía dominante.

CARACTERIZACION DE LOS HORIZONTES B

Los horizontes B se identifican en el campo porque poseen un color más intenso que el horizonte subyacente y porque no presentan de forma notoria la estructura de la roca. Los datos de laboratorio corroboran el diagnóstico al reflejar un incremento de las fracciones finas y de los óxidos de Fe y Al con respecto al horizonte C. Cumpliendo estos requisitos y dada su composición mineralógica (con abundantes minerales alterables) hay que caracterizarlos como horizontes *B cámbicos* con un grado de alteración poco acusado.

Pero dicha caracterización frecuentemente no resulta sencilla. Cuando el horizonte B está afectado de forma importante por los fenómenos de rejuvenecimiento no se puede hacer su comparación con el C subyacente y cuando se ha formado a partir de los depósitos de ladera, al no presentar estructuras sedimentarias evidentes, no se puede identificar en base a la pérdida de la estructura original.

TABLA VII

Pefil	Horizonte	TAMM + HIDRO		Ox - NH ₄		Dit - Cit		Pirosof. - Na		$\frac{Fe_p + Al_p}{Fe_d + Al_d}$	$\frac{Fe_p + Al_p}{arcilla}$
		Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₀	Al ₀	Fe _d	Al _d	Fe _p	Al _p		
1280	Au1	2,40	2,08	0,55	0,50	n.d.	n.d.	0,91	1,29	—	—
	Au2	3,00	2,64	0,80	0,78	n.d.	n.d.	1,40	1,80	—	—
	Bhs	3,10	4,53	0,85	1,75	2,47	3,19	2,53	2,66	0,91	0,19
	Bt1	4,29	3,59	0,85	0,75	2,72	1,79	2,60	4,33	1,53	0,17
1557	A	2,45	1,22	2,00	0,45	2,68	0,55	1,40	0,70	0,61	0,08
	Bs	3,38	1,88	2,20	0,60	3,25	0,97	2,82	1,30	0,97	0,20

En estos casos hemos llegado a la conclusión de que la única propiedad que nos permite el reconocimiento de los horizontes B, es la existencia de una estructura, o mejor aún de una microestructura, edáfica característica ya que es la única que verdaderamente diferencia los horizontes B de los C de forma global (Fotos 2 y 3).

SUELOS PODSOLICOS

En situaciones muy localizadas en las que concurren una serie de circunstancias (pluviosidad muy elevada y constante a lo largo del año, pH especialmente ácido, drenaje lateral, etc.) pueden aparecer sobre granito suelos de carácter podsólico. En su perfil no se identifica ningún horizonte álbico, pero el A presenta ciertos rasgos indicativos de eluviación, como son colores grisáceos, arenas de cuarzo lavadas, zonas decoloradas, etc. y el horizonte B presenta tonalidades ocres intensas.

Han sido clasificados por Guitián et al. (1973) como Tierras pardas Podsolizadas, al considerar que en la formación del horizonte B, al proceso de alteración "in situ" se superpone un fenómeno de iluviación. Al tratar de aplicar las clasificaciones F.A.O. y U.S.D.A. se hacía necesario cuantificar dicha iluviación.

Como representativos se han tomado los perfiles 1557 y 1280 localizados al N de la provincia de Lugo (Fig. 1), zona que se caracteriza por un reparto muy homogéneo de las lluvias de tal modo que la infiltración supera a la evapotranspiración durante todos los meses del año (Díaz-Fierros, 1971).

El estudio en lámina delgada de ambos perfiles pone de manifiesto, efectivamente, la existencia de un proceso de movilización en profundidad de sustancias no cristalinas, pues a un determinado nivel se observan estructuras de recubrimiento isotrópicas y agrietadas de forma característica cuya presencia se considera rasgo de diagnóstico suficiente para el horizonte B espódico (Soil Taxonomy, 1975). (Foto 4).

Los valores de Fe y Al extraídos con diferentes reactivos (Tablas I y VII) muestran todos ellos un incremento en el horizonte B, cumpliéndose en algunos casos (perfil 1557) los requisitos químicos del *B espódico* además de los micromorfológicos.

Se trata, evidentemente de casos puntuales que de ningún modo representan la evolución normal de los suelos sobre granito y que, por otra parte, aún aquí el proceso de podsolización presenta escaso desarrollo que se pone de manifiesto tanto por la morfología del perfil, en el que no se llegan a diferenciar los horizontes eluviales de los iluviales, como por su mineralogía que define un proceso aluminosialítico más que podsolizante en sentido estricto (la degradación de las micas no progresa más allá del estado de vermicultias hidroxialumínicas). En este sentido se encuentran también algunos datos geoquímicos que muestran en estos medios una mayor movilidad del Si que del Al (Fernández Marcos, 1979, 1980).

RESUMEN

Se estudian las propiedades de los horizontes B en suelos desarrollados sobre materiales graníticos en Galicia (NO de España) a partir de siete perfiles representativos. Las prospecciones de campo y datos bibliográficos acreditan la escasez de estos horizontes, que se encuentran únicamente en posiciones muy concretas. Con frecuencia están afectados por fenómenos de coluionamiento que dejan sin significado su comparación con los horizontes subyacentes, teniendo que realizar su identificación por criterios estructurales o microestructurales.

Se caracterizan como horizontes B cámbicos con un grado de alteración poco acusado, a juzgar por su composición mineralógica.

En situaciones muy localizadas en las que las condiciones ecológicas son favorables aparecen suelos con horizontes de acumulación de sesquióxidos que pueden cumplir los requisitos del B espódico.

BIBLIOGRAFIA

1. BENAYAS, J. (1982) - Atlas de microforfología de suelos e introducción a la micromorfología. Monografías de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. n.º 84. Madrid.
2. BIROT, P. (1952) - Le relief granitique dans le N-O de la Peninsule Iberique. Proc. 17 th. Int. Congress. of Geography Union, Washington, 301-303.
3. BİSDOM, E. B. A. (1967) - Micromorphology of a weathered granite near the Ria de Arosa (N.W. Spain) Leidse Geol. Med. 37, 33-67.
4. CALVO DE ANTA, R.; MACIAS, F. (1981) - Transformaciones de la organización durante la alteración y edafogénesis de rocas graníticas en Galicia. Anal. Edafol. Agrobiol. 40, 1559-1572.
5. CAPDEVILA, R.; FLOOR, P. (1970) - Les differentes types de granites herciniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne. Bol. Geol. min. 81, n.º 2-3, 215-225.
6. CHESWORTH, W. (1973) - The residual system of chemical weathering. A model for the chemical breakdown of silicate rocks at the surface of the Earth. Jour. Soil. Sci. 24, 69-81.
7. DIAZ-FIERROS, F. (1971) - Contribución a la climatología agrícola de Galicia. Monografías de la Universidad de Santiago de Compostela, n.º 8, 110 págs.
8. F.A.O. (1973) - Sistema de clasificación de suelos. Roma.
9. FERNANDEZ MARCOS, M. L.; MACIAS, F.; GUITIAN OJEA, F. (1979) - A contribution to the study of the stability of clay minerals from the soil solution composition at different pF values. Clay Minerals, 14, 29-37.
10. FERNANDEZ MARCOS, M. L.; MACIAS, F.; GUITIAN OJEA, F. (1980). Estudio comparativo de dos métodos de obtención de la solución del suelo; aplicación al estudio de la solución de suelos podsólicos de Galicia. An. Edafol. Agrobiol. 39, 1588-1607.
11. FIELDS, M.; PERROT, K. W. (1966) - The nature of allophane in soils. III. Rapid field and laboratory test allophane. N. Z. J. Sci. 9, 623-629.
12. GARCIA-RODEJA, E. (1983) - Componentes no cristalinos en suelos de Galicia. Distribución, naturaleza y propiedades. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
13. GUITIAN, F. et al. (1973) - Actas de la I Reunión Nacional de Suelos. NW de España. Santiago. Men. mecan.
14. GUITIAN OJEA, F.; CARBALLAS, T. (1976) - Técnicas de Análisis de suelos, Ed. Pico Sacro. 2ª Ed. Santiago de Compostela, 288 pag.
15. GUITIAN RIVERA, F.; CALVO DE ANTA, R. (1981) - Evolución de los minerales primarios de la rocas graníticas de Galicia. Aplicación de las técnicas de microscopía electrónica (SEM) y análisis con microsonda. An. Edaf. Agrob. 40, n.º 9-10, 1687-1706.
16. HOYOS DE CASTRO, A. et al. (1982) - Modelo experimental de alteración de feldespatos. Aplicación al método de tinción. II. Labradorita. Anal. Edafol. Agrobiol. XLI, 177-182.
17. ISBELL, R. F.; STEPHENSON, P. J.; MURTHA, G. C. (1976) - Red basaltic soils in north Queensland. 1. Environment, morphology, particle size characteristics and clay mineralogy. CSIRO. Austr. Div. Soils. Tech. pap. n.º 28.

18. KODAMA, H.; SCHNITZER, M. (1980). Effect of fulvic acid on the crystallization of aluminium hydroxides. *Geoderma* 24, 195-205.
19. LANGNYHR, et al. (1968). The analysis of inorganic siliceous materials by A.A. Spectroscopy and the hydrofluoric acid decomposition technique. I. Analysis of silicate rocks. *Anal. Chim. Acta*, 43, 397-408.
20. MACIAS, F. et al. (1982) - El material original su formación e influencia en las propiedades de los suelos de Galicia. *Anal. Edaf. Agrobiol.* XLI, 1747-1768.
21. MACIAS, F.; GARCIA PAZ, C.; GARCIA-RODEJA, E. (1982) - Mineralogía de las arcillas en suelos y alteraciones sobre materiales graníticos de Galicia. *Cuadernos do Lab. Xeol. de Laxe*, 1982, 2, 387-414.
22. MACKENZIE, R. C. (1972) - *Diferencial Thermal Analysis*. Vol. 2. Applications. Academic Press. London.
23. NONN, H. (1966) - Les regions cotieres de la Galice (Espagne). Tesis Publications de la faculte des Lettres de L'Université de Strasbourg. 591 pp.
24. PARGA PONDAL, I. (1958) - El relieve geográfico y la erosión diferencial de los granitos en Galicia. Publicado en el libro Homenaje a Ramón Otero Pedrayo, 1958.
25. PARKER, A. (1970) - An index of weathering for silicate rock. *Geol. Magaz.* 501-504.
26. PEDRO, G. (1979) - Caracterization generale des processus de l'alteration hydrolytique. *Sci. du Sol*, 2-3, 93-105.
27. SILVA HERMO, B. M. (1983) - Estudio de las transformaciones químicas, mineralógicas y estructurales en la formación de horizontes B en suelos de Galicia. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago, 550 pp.
28. SOIL SURVEY STAFF U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1975) - *Soil Taxonomy: A basic system of Soil Classification for making and interpreting soil survey*. Agric. Handbook 346 U.S. Government printing office Washington D. C.
29. TORRE ENCISO, E. (1954) - Estado actual del conocimiento de las Rias Gallegas. En "Homenaje a R. Otero Pedrayo". 237-250 Ed. Galaxia, Vigo.
30. USDA. (1973) - Investigación de suelos. Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras. Versión en Español Ed. Trillas, S.A. México 90 pag.
31. VICENTE, M. A.; RAZZAGHE, M.; ROBERT, M. (1977) - Formation of aluminium hydroxy-vermiculite (intergrade) and smectita from mica under acidic conditions. *Clay Minerals*, 12, 101-112.
32. WILSON, M. J. (1969) - A gibbsitic soil derived from the weathering of an ultrabasic rock on the islad of Rhum. *Scott. J. Geol.* 5, (1): 81-89.

Recibido para publicación: 17-II-84.

EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA DEL SUELO A TRAVES DEL TIEMPO Y SU DISTRIBUCION EN LOS HORIZONTES DEL PERFIL EDAFICO

Por

PEREZ MATEOS, M. Y GONZALEZ CARCEDO, S.

SUMMARY

EVOLUTION OF THE ENZYME ACTIVITY THROUGHOUT THE TIME AND ITS DISTRIBUTION IN THE HORIZONS OF THE SOIL PROFILE

The evolution of the soil catalase, dehydrogenase, urease and protease activity has been studied for period of ten months. Besides, this group of enzyme activities has also been assayed in various horizons of acid and limy soil profiles, collected in the province of Burgos (Spain).

It has been observed that this activity doesn't remain constant, but it oscillates throughout the time (with variation coefficients bigger than 18%, most of times). When the depth where the sample is collected, increases, the enzyme activity tends to increase as well. Thus, the enzymatic assays performed to compare relative values, must be developed in the same period of time. The surface horizons seem to be the most suitable to develop enzymatic studies.

INTRODUCCION

Los horizontes superficiales de un suelo sin perturbar presentan una relativa homogeneidad en su actividad enzimática, tanto en el espacio como en el tiempo (BURNS, 1978). Además, son generalmente los más aireados y ricos en materia orgánica y biomasa. Sin embargo, los suelos que sufren amplias variaciones climáticas o los que están sometidos a cultivo tienden a presentar modificaciones apreciables en sus constantes biológicas.

En este trabajo se estudian, las variaciones aparecidas en la actividad de un conjunto de enzimas edáficos (catalasa, deshidrogenasas, ureasa y proteasas), representativo de importantes procesos bioquímicos, cuando los suelos se almacenan durante un periodo de diez meses de tiempo.

Por otra parte, y con objeto de seleccionar el material de partida que debe utilizarse en los estudios enzimáticos del suelo, se ha investigado, también, los niveles de actividad aparecidos en los diferentes horizontes del perfil edáfico.

MATERIAL Y METODOS

Los dos suelos elegidos corresponden a los perfiles n.^{os} 2 y 89 de la provincia de Burgos, clasificados como Rendzina Coluvial a mull (GONZALEZ CARCEDO y cols., 1983) y Ocre Humífero de Montaña (GONZALEZ CARCEDO y FUENTE MARCOS, 1980).

En la primera prueba, las muestras de suelo tamizadas a 2 mm se colocaron en macetas a temperatura ambiente, regándolas periódicamente y homogeneizándolas a continuación. En este ensayo se realizaron controles periódicos de humedad y actividad enzimática durante un periodo de 10 meses.

En una segunda prueba se usaron muestras recogidas de cada horizonte, diferenciado a las profundidades de 12, 22 y 49 cm. para el suelo rendzina y a 10, 18 y 42 cm. para el ocre humífero.

Las medidas de la actividad catalásica se realizaron siguiendo el método gasométrico de KRULOV y PAROMENSKAYA (1966), basado en el desprendimiento de oxígeno liberado por dos gramos de muestra durante siete minutos de ensayo.

La actividad deshidrogenásica fue valorada por el método de CASSIDA y cols. (1964) que permite el control de la actividad del conjunto enzimático capaz de reducir catalíticamente al 2, 3, 5, trifenil tetrazolio. Se introdujo una modificación al método (PEREZ MATEOS, 1983) al desarrollar la reacción enzimática en tubos de ensayo colocados dentro de un desecador ennegrecido para evitar el paso de luz y provisto de una válvula de 2 vías. En una de ellas se coloca un manómetro de mercurio; por la otra se desaloja el aire con ayuda de una bomba de vacío y a continuación se introduce N₂ seco y puro, controlando la presión con el manómetro para evitar que salte la tapa del desecador. Esta operación se repitió varias veces para asegurar la existencia de la anaerobiosis adecuada que impida la actuación de aceptores diferentes al trifenil tetrazolio.

Para la evaluación de la actividad ureásica se analizó la cantidad de N-NH₄⁺ liberado por 1 g. de muestra incubada en presencia de urea durante 3 horas (método de HOFFMANN y TEICHER, 1971).

Finalmente, para medir la actividad proteásica se siguió el método de LADD y BUTLER (1972) basado en la reacción que se desarrolla entre aminoácidos con radical fenólico o imidazólico, liberados de la proteína-substrato, y el reactivo de fenol preparado según Folin-Ciocolteu. Para suelos calizos, se propone, como adaptación del método, una filtración del medio de incubación a través de papel Whatman n.^o 6, intercalada entre el final de la incubación y el momento de la adición de ácido tricloroacético. De esta manera se evitan las interferencias producidas por el contenido en caliza.

Todas las determinaciones enzimáticas se realizaron por triplicado, añadiendo dos tipos (duplicados) de blancos (muestra esterilizada previamente por calor y muestra a la que no se había adicionado el substrato de reacción). El peso de muestra de suelo utilizado en cada caso, se condicionó al método enzimático empleado y al nivel de ac-

tividad de cada suelo. En el estudio de la evolución de las actividades enzimáticas, se realizaron determinaciones cada 8 semanas durante un periodo de 10 meses de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se ha representado la evolución enzimática de las muestras de suelo estudiadas durante 10 meses. Todas las actividades de ambos suelos sufren variaciones apreciables con el tiempo, aunque se mantienen dentro de un determinado margen de valores. La cuantificación de estas variaciones así como el valor medio de la actividad en cada caso, se indica en la Tabla I. En ella se incluyen los valores del coeficiente de variación (CV) calculado porcentualmente a través de la desviación cuadrática media (S) de las muestras y su valor medio. De estas observaciones se deduce que cualquier análisis comparativo de la actividad enzimática edáfica, habrá de realizarse fijando la variable "tiempo de muestreo".

De los muchos factores, presentes en el microambiente edáfico, que pueden dar lugar a oscilaciones de actividad enzimática con el tiempo,

TABLA I
Variabilidad de la actividad enzimática del suelo a través del tiempo.

	Rango Valor.	Media*	CV (%)†
<u>Suelo Rendzina</u>			
A. Catalásica	14,9-27,9	22,71	21,08
A. Deshidrogenásica	152,7-208,0	181,11	8,30
A. Ureásica	191,7-570,3	457,63	27,20
A. Proteásica	0,29-1,18	0,69	49,20
<u>Suelo Ocre Humífero</u>			
A. Catalásica	18,7-30,9	26,34	15,03
A. Deshidrogenásica	38,5-74,6	62,67	18,29
A. Ureásica	262,9-514,6	345,99	22,32
A. Proteásica	0,33-0,79	0,52	26,66

* tamaño de muestra en cada caso, n = 11.

† CV (%): Coeficiente de variación $\left(\frac{S}{\text{media}} \times 100\right)$.

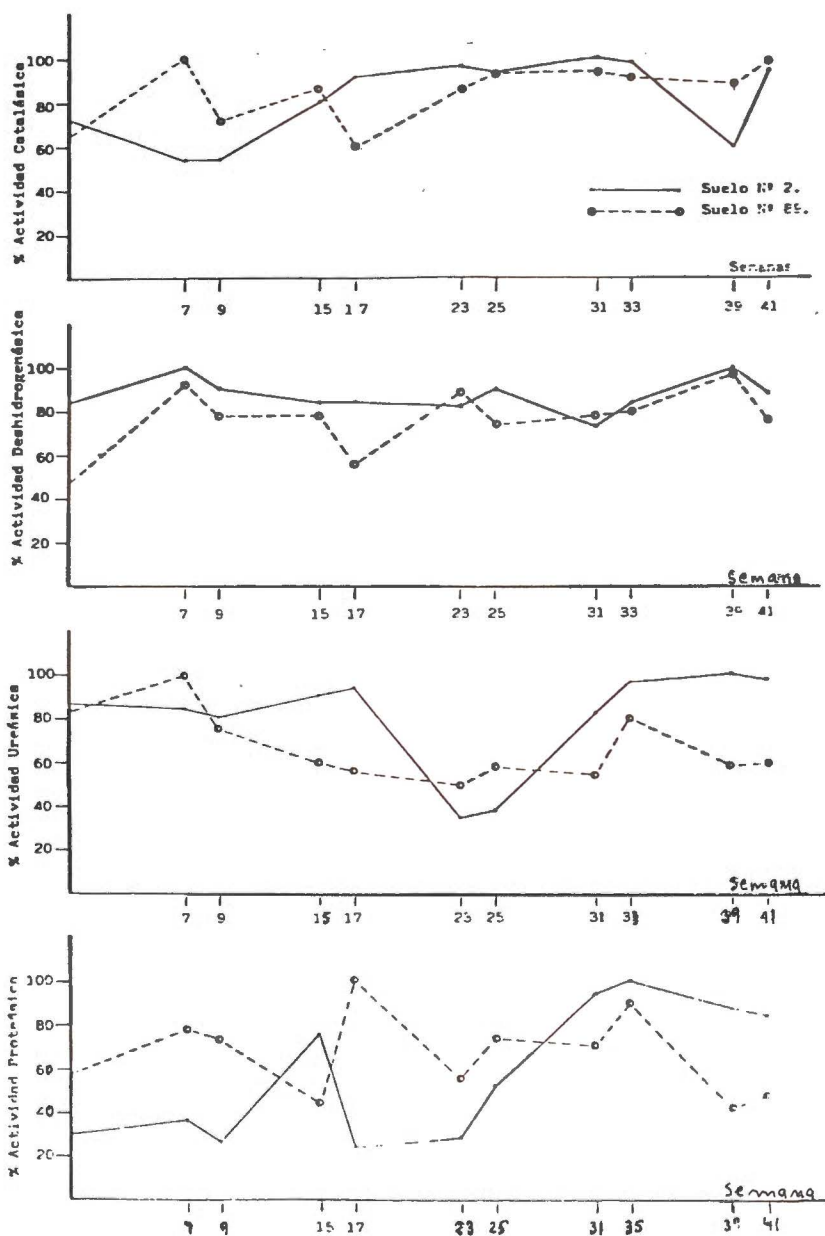


FIG. 1.—Evolución de la *Actividad Enzimática* del suelo durante 10 meses de almacenamiento

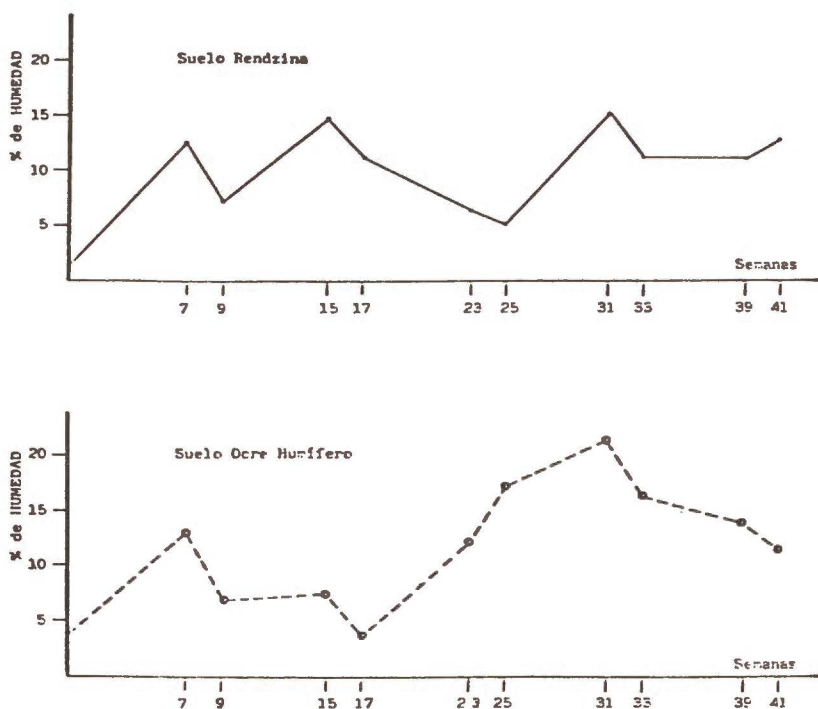


FIG. 2.—Evolución de la *Humedad* de los suelos Rendzina y Ocre Humífero ocurrida durante 10 meses de almacenamiento

cabe pensar, en primer lugar, en las modificaciones de la flora microbiana, que repercutirán indirectamente sobre el comportamiento enzimático. Así, por ejemplo, la disponibilidad de agua en un suelo, es factor determinante del número y especies componentes de su población microbiana. En la Figura 2, se ha representado la evolución de la humedad de los suelos que puede compararse con el comportamiento enzimático observado durante los diez meses de estudio. De hecho, ya se había encontrado en trabajos previos (GONZALEZ CARCEDO y cols., 1981) que durante 48 días de almacenamiento de suelo, la actividad ureásica evolucionaba, de forma variable, en correlación con la evolución del número de microorganismos ureolíticos del suelo.

Además de la humedad, las variaciones climáticas y el lixiviado de componentes organominerales, son factores que influyen considerablemente en las fluctuaciones de los niveles microbianos (BURNS, 1978).

Otras variables que pueden gobernar la evolución de la actividad enzimática son las variaciones del pH y la acidez potencial, la evolución metabólica de elementos inhibidores enzimáticos, los cambios producidos en el equilibrio de la adsorción enzimática, los factores que afec-

tan la persistencia de los enzimas abióticos, los reguladores metabólicos y alostéricos, y en general, cualquier otro factor capaz de alterar la supervivencia y el metabolismo de los microorganismos.

Es evidente, por tanto, que los factores que influyen en la evolución de la actividad enzimática edáfica son de muy difícil control y conocimiento.

Para estudiar —en una segunda fase— esa actividad presente en los diferentes horizontes del perfil edáfico, se representó la Figura 3, mediante valores relativos de actividad. En el suelo ocre humífero (n.º 89) la actividad catalásica disminuye a medida que la muestra se recoge a mayor profundidad, de forma que a los 18 cm no se observa ya presencia enzimática. En la rendzina coluvial (n.º 2), esa misma actividad disminuye hasta los 12 cm. de profundidad, apareciendo a los 22 cm. un pequeño incremento. A pesar de ello, también en este suelo aparece el máximo nivel catalítico en el horizonte superficial A₁₁.

Resultados similares se obtienen con la actividad deshidrogenásica. En este caso, la actividad disminuye rápidamente con la profundidad en los dos suelos estudiados.

La ureasa y proteasas de estos suelos presentan una distribución análoga, manteniendo niveles relativamente elevados hasta profundidades de 40-50 cm, en comparación con la catalasa y deshidrogenasas.

TABLA II

Coefficientes de correlación entre la actividad enzimática del suelo y los contenidos en C orgánico y N en diferentes horizontes.

		C _{org.}	N
Suelo RENDZINA	A. Catalásica	0,722	0,561
	A. Deshidrogenásica	0,931**	0,835
	A. Ureásica	0,940**	0,848
	A. Proteásica	0,980*	0,916
Suelo OCRE HUMIFERO	A. Catalásica	0,797	0,658
	A. Deshidrogenásica	0,782	0,638
	A. Ureásica	0,989*	0,939**
	A. Proteásica	0,864	0,744

* Niveles de significación $p = 0,05$.

** Niveles de significación $p = 0,10$.

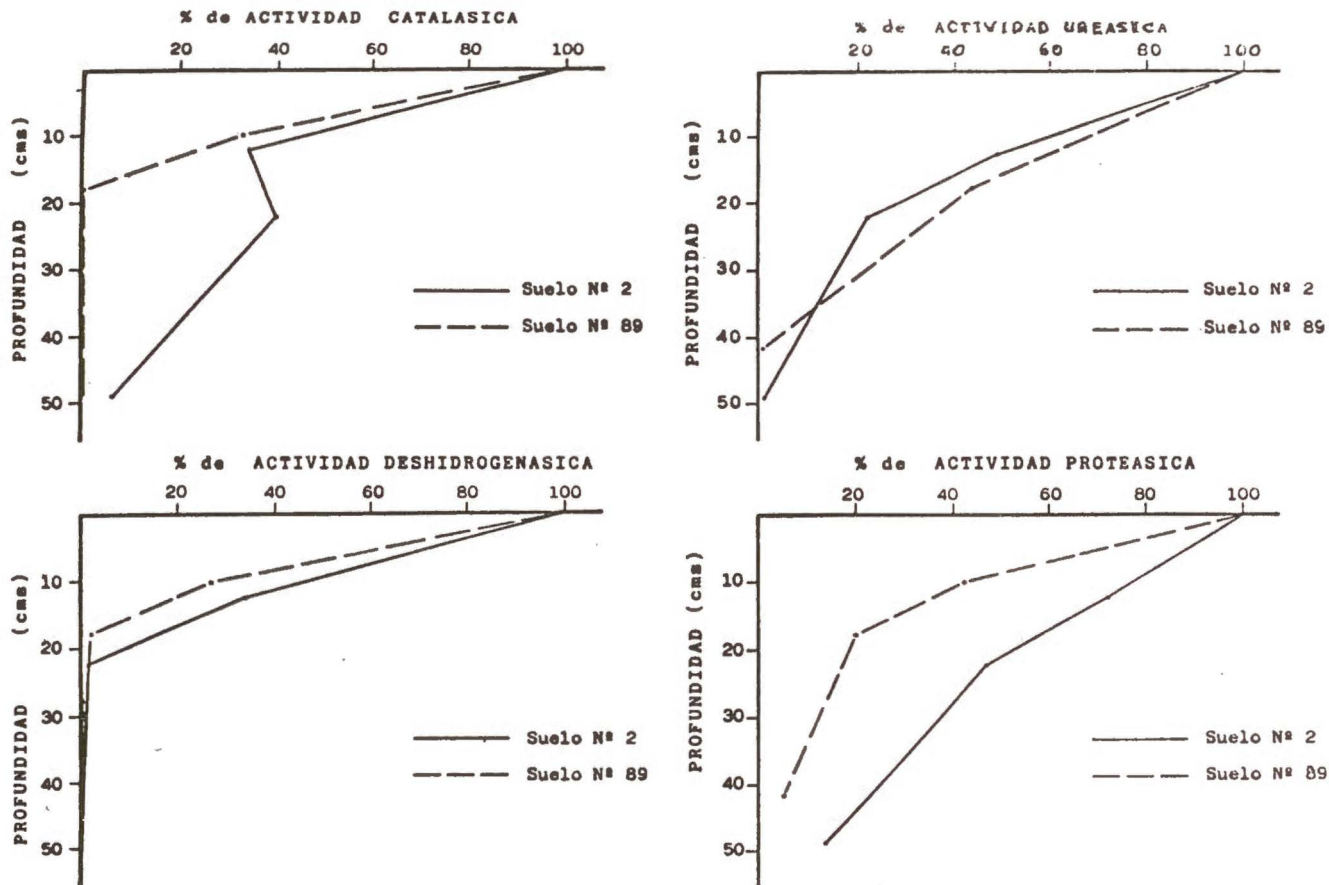


FIG. 3.—Localización de la actividad enzimática en el perfil de los suelos Rendzina y Ocre Humífero

Estos resultados son concordantes con los referidos en trabajos previos (GONZALEZ CARCEDO, 1980) en donde se correlacionaba la actividad ureásica con la población ureolítica presente en los diferentes horizontes de una rendzina. Como muestra la Tabla II, las actividades se encuentran significativamente relacionadas con la materia orgánica presente en los diferentes horizontes de ambos suelos, como indica la correlación de la actividad enzimática con el contenido en C orgánico y N.

En cualquier caso, puede deducirse que cuando quieran realizarse estudios enzimáticos en suelos, las muestras superficiales (de 0 a 10 cm) resultan las más adecuadas.

RESUMEN

Se ha estudiado durante 10 meses la evolución de las actividades catalásica, deshidrogenásica, ureásica y proteásica de dos suelos. Se ha observado que esta actividad no permanece constante en el transcurso del tiempo, sino que presenta variaciones apreciables (con coeficientes de variación que superan en la mayor parte de los casos el 18%).

Por otra parte, se ha medido también esta actividad en los diferentes horizontes de perfiles ácidos y calizos, recogidos en la provincia de Burgos. A medida que se aumenta la profundidad donde se recoge la muestra ensayada, disminuye la actividad de los cuatro enzimas.

Por tanto, las pruebas enzimáticas en las que hubiera que compararse valores relativos de actividad deben desarrollarse de forma "simultánea". Los horizontes superficiales parecen los más adecuados para realizar este tipo de estudios.

Dpto. Biología

C. U. I. de Burgos. Apto. 231, Burgos.

BIBLIOGRAFIA

- BURNS, R. G. (1978). Enzyme activity in soil: some theoretical and practical considerations. En "Soil Enzymes" (Academic Press, Ed.), pp. 295-340. London.
- CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A. and SANTORO, T. (1964). Soil Dehydrogenase activity. *Soil Sci.* 98: 371-376.
- GONZALEZ CARCEDO, S. y FUENTE MARCOS, M. A. (1980). Complejos organo-metálicos en microagregados de un distrochrept umbrico. *Ann. Edaf. Agrobiol.*, 5-6: 845-857.
- GONZALEZ CARCEDO, S.; FUENTE MARCOS, M. A. y PEREZ MATEOS, M. (1981). Influencia del secado y pretratamientos térmicos del suelo sobre la actividad ureásica y otros parámetros relacionados. *Ann. Edaf. Agrobiol.*, 40: 1377-1386.
- GONZALEZ CARCEDO, S.; MOLINER ARAMENDIA, A.; PEREZ MATEOS, M. y FUENTE MARCOS, M. A. (1980). Poblaciones microbianas y actividad ureásica en el perfil de una rendzina. *Comm. XVIII Bienal de la Real Soc. Esp. de Fís. y Quím.*, Libro P: 18-29, Burgos.

- GONZALEZ CARCEDO, S.; ROJO CAMARA, M. J. y PEREZ MATEOS, M. (1983). Aislamiento y caracterización de las unidades de estructura del suelo. An. Edaf. Agrobiol., XLII. N.º 7-8 1983.
- HOFFMANN, G. y TEICHER, K. (1961). A colorimetric technique for the determination of urease activity in soils. Z. Pflanzenemähr. Düng. Bodenkd., 95: 55-63.
- KRUGLOV, Yu. V. and PAROMENSKAYA, L. N. (1966). Modified gasometric method for determining catalase activity. Soviet Soil Sci, 1: 84-86.
- LADD, J. N. and BUTLER, J. H. A. (1972). Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. Soil Biol. Biochem., 4: 19-30.
- PEREZ MATEOS, M. (1983). Localización y estado de la actividad enzimática del suelo. Influencia de fertilizantes orgánicos. Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Madrid.

Recibido para publicación: 29-II-84

PALEXEROLLS PETROCALCICOS DE LAS SIERRAS DE ORCE Y MARIA

Por

L. J. ALIAS Y J. MARTINEZ SANCHEZ

SUMMARY

PETROCALCIC PALEXEROLLS FROM SIERRAS DE ORCE Y MARIA

The authors study five Petrocalcic Palexerolls soil profiles from Sierras de Orce y María (S. Spain) and give their macromorphological and analytical characteristics. Petrocalcic Palexerolls are soils widely extended on slightly steep slopes closed to the limestone outcrops under a degraded *Quercetum rotundifoliae* partly replaced by pine trees. The soils show an A-Ccam or A-B-Ccam profile, being rather high in organic matter content; highly calcareous and with a strong accumulative in the Ccam horizons, they have pH values slightly above neutrality and highly saturated exchangeable complex, being calcium plus magnesium the dominant cations.

INTRODUCCION

En las Sierras de Orce y María, de cuyas características ambientales se dió cuenta en una publicación anterior (Alias y Martínez, 1982 a) es bastante frecuente la existencia de suelos cuyo horizonte A constituye un epipedón móllico (Soil Survey Staff, 1975). En las zonas más altas de las Sierras se han estudiado suelos pertenecientes a los grandes grupos Rendolls (Alias y Martínez 1982 b) y Haploxerolls (Alias y Martínez, 1983 a, 1983 b) en los que el epipedón móllico descansa sobre roca consolidada, caliza o dolomía. En el presente trabajo se da cuenta de suelos en los que, además del epipedón móllico, existe otro horizonte diagnóstico, que consiste en un horizonte de acumulación de carbonato cálcico fuertemente cementado, y que se clasifican dentro del gran grupo de los Palexerolls.

Los Palexerolls se encuentran ampliamente representados en el Sureste Español, bien bajo régimen de humedad xérico (Alias y P. Sirvent, 1981, Alias y Ortiz, 1983), o bien arídico (Alias y Ortiz, 1977, 1978, 1983).

Una característica muy general de estos suelos es la de encontrarse en zonas topográficas de suave pendiente, próximas a relieves calizos, bajo una vegetación natural y desarrollados a partir de sedimentos y coluvios cuaternarios. Las condiciones topográficas en que se encuentran, como han señalado diversos autores (Boulaine, 1957; Ruellan,

1967; Dumas 1969; Beudet, 1971), favorecen el lavado lateral de carbonatos y la formación de costras calizas.

Los Palexerolls de las Sierras de Orce y María, al igual que sucede en la provincia de Murcia, se encuentran asociados a otros suelos con horizontes de acumulación de carbonato cálcico cementados o no, cuyo epipedón es ócrico, como son Xerochrepts palexeróllicos y Xerochrepts calcixeróllicos.

En esta publicación damos cuenta de los resultados macromorfológicos y analíticos de cinco perfiles de Palexerolls petrocálcicos.

MÉTODOS DE ESTUDIO

Las técnicas analíticas empleadas son las mismas que las expuestas en otros trabajos anteriores (Alías y Martínez, 1982 b, 1983 a).

DESCRIPCIÓN MACROMORFOLÓGICA

Perfil II-2.

Localización: Al pie del Pico del Trigo en la alineación con el Pozo de la Rueda.

Provincia: Granada.

Topografía: Pie de monte.

Roca madre: Sedimentos calizos cuaternarios.

Altitud: 1.050 m.

Pendiente: 10%.

Drenaje: Muy bueno en superficie e impedido en profundidad.

Vegetación: *Stipa tenacissima*, *Quercus coccifera*, *Ulex parviflora*, *Paroniquia argentea*, *Brachypodium retusum*.

Clasificación: Palexeroll petrocálcico.

Hor.	Prof. cm.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
A1	0-22	Color pardo a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2,5/2) en húmedo y pardo oscuro (10YR 3,5/3) en seco. Textura limo-arcillosa. Estructura grumosa fina débil. Ligeramente duro, muy friable, ligeramentes plástico y ligeramente adherente. Raíces abundantes. Grava muy abundante de 0,5 a 5 cm. redondeada. Calizo. Límite neto.
B2	22-45	Color pardo (7,5YR 4/4) en húmedo y pardo a pardo claro (7,5YR 5,5/4) en seco. Estructura poliédrica subangular muy fina a grumosa fina débil. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Raíces abundantes que se detienen y acumulan al llegar a la costra. Grava fina muy abundante. Límite irregular.
Ccam	+45	Costra caliza con la cara inferior lavada, dura, con nódulos y trozos de grava englobados por un material masivo calizo.

Perfil III-1.

Localización: Dehesa María.

Provincia: Almería.

Topografía: Pie de monte.

Altitud: 1120 m.

Pendiente: 10%.

Drenaje: Bueno en superficie y deficiente en profundidad.

Roca madre: Sedimentos limosos mezclados con coluvios calizos.

Vegetación: *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Ulex parviflora*, *Brachypodium retusum*, *Paroniquia argentea*, *Plantago albicans*, escasos ejemplares de *Pinus halepensis*.

Clasificación: Palexeroll petrocálcico.

Hor.	Prof. cm.	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
A1	0-12	Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo y pardo rojizo (5YR 4/4) en seco. Estructura poliédrica angular media fuertemente desarrollada con desarrollo laminar en superficie. Ligeramente duro, friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico. Con más cantos de caliza que en el resto del perfil, poca grava redondeada fina. Límite neto.
B2	12-20	Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo y pardo rojizo (5YR 4/4) en seco. Estructura poliédrica angular fina moderada. Ligeramente duro, muy friable, de adherente a a muy adherente, de ligeramente plástico a plástico. Con más grava que la anterior de 2 a 5 cm. redondeada. Límite neto.
A1bca	20-27	Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3,5) en húmedo y pardo rojizo (5YR 4,5/4) en seco. Estructura poliédrica angular fina moderada. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico a plástico. Gran densidad de raíces con disposición horizontal sin penetrar en el horizonte siguiente. Muy calizo con abundantes eflorescencias de carbonato cálcico. Con poca grava de 0,5 a 5 cm. redondeada. Límite neto e irregular.
C1ca	27-48	Color rojo amarillento (5YR 5/6) en húmedo y pardo rojizo claro a amarillo rojizo (5YR 6/5) en seco. Estructura masiva. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente adherente, ligeramente plástico. Con muy poca grava. Muy calizo con abundantes eflorescencias de carbonato cálcico. Límite abrupto.
C2cam	+48	Color rojo amarillento a amarillo rojizo (5YR 5,5/6) en húmedo y rosa (5YR 7,5/4) en seco, con zonas más claras rosa (7,5YR 8/4) en húmedo, y rosa (5YR 8/3) en seco. Estructura masiva. Está muy cementado en los dos o tres mm. superiores con estructura compacta laminar, pasando a ser masivo y con nódulos.

Perfil III-2.

Localización: Faldas del Cerro Pontón.

Provincia: Almería.

Topografía: Pie de monte.

Altitud: 1.140 m.

Pendiente: 10%.

Drenaje: Bueno en superficie e impedido en profundidad.

Roca madre: Sedimentos cuaternarios.

Vegetación: *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ulex parviflora*, *Thymus vulgaris*, *Phlomis lignitis*, *Lavandula stoechas*.

Clasificación: Palexeroll petrocálcico.

Hor.	Prof. cm.	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
A11	0-14	Color pardo grisáceo muy oscuro a gris muy oscuro (10YR 3/1,5) en húmedo y pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco. Estructura grumosa muy fina débil. Ligeramente duro, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico. Raíces escasas. Muy calizo. Grava numerosa de 0,5 a 5 cm., redondeada. Límite neto.
A12	14-30	Color pardo grisáceo muy oscuro a gris muy oscuro (10YR 3/1,5) en húmedo y pardo grisáceo oscuro (10YR 3,5/2) en seco. Estructura grumosa fina bien desarrollada. Ligeramente duro, friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico. Con abundantes raíces gruesas. Donde aparecen raíces igual que en el resto del perfil, hay acumulación de materia orgánica. De pedregosidad media, con más grava que el A11. Muy calizo. Límite abrupto e irregular, penetrando donde hay raíces.
B21ca	30-52	Color pardo (10YR 5/3) en húmedo y pardo pálido a pardo amarillento claro (10YR 6/3,5) en seco. Estructura poliédrica subangular fina bien desarrollada. Ligeramente duro, friable, adherente y ligeramente plástico. Raíces gruesas escasas. Pedregosidad media, con más grava que el horizonte anterior, de 0,5 a 1 cm. redondeada y nódulos de carbonato cálcico. Muy calizo, siendo abundantes las eflorescencias de carbonato cálcico. Límite gradual.
B22ca	52-78	Color pardo amarillento oscuro (10YR 4/3,5) en húmedo y pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco. Estructura poliédrica subangular muy fina sin desarrollar. Ligeramente duro, ligeramente adherente, y ligeramente plástico. Raíces escasas. Con más grava que el anterior. Muy calizo con abundancia de eflorescencias de CO_3Ca . Límite abrupto.
Ccam	+78	Costra caliza de aspecto masivo y pulverulento.

Perfil IV-5.

Localización: Junto al dique del Barranco Blanco.

Provincia: Almería.

Topografía: Pie de monte.

Altitud: 1.060 m.

Pendiente: 5%.

Drenaje: Bueno en superficie e impedido en profundidad.

Roca madre: Coluvios calizos cuaternarios.

Vegetación: *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Quercus coccifera*, *Lavandula*, *Juníperus oxycedrus*, *Ulex parviflora*.

Clasificación: Palexeroll petrocálcico.

Hor.	Prof. cm.	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
A11	0-12	Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo y pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco. Estructura grumosa fina moderadamente fuerte. Ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Muy abundantes raíces. Calizo. Límite gradual.
A12	12-24	Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo y pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco. Estructura grumosa fina moderadamente fuerte. Ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Raíces y pedregosidad muy abundantes. Calizo límite gradual e irregular.
AC	24-33	Color (10YR 4/3) en húmedo y (10YR 6/2) en seco. Estructura grumosa fina moderada. Ligeramente duro, friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Raíces y pedregosidad abundantes. Límite irregular y abrupto.
Ccam	+33	Costra caliza vetuada de color gris claro (10YR 7/2) y blanco (10YR 8/2) en húmedo y blanco (10YR 8/1) y (10YR 8/2) en seco, con pedúnculos.

Perfil V-2.

Localización: Camino del Peral, alineación Maimón Cerro Gordo.

Provincia: Almería.

Topografía: Ladera.

Altitud: 1.300 m.

Pendiente: 20%.

Roca madre: Coluvios calizos.

Vegetación: Lavándula, *Thymus vulgaris*, *Asphodelus albus*, *Artemisia herba-alba*, *Helichrysum stoechas*, *Satureja montana*, *Eryngium campestre*, *Andryala regusina*, *Quercus coccifera*, *Dianthus subacaulis*, *Juniperus oxycedrus*.

Clasificación: Palexeroll petrocálcico.

Hor.	Prof. cm.	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS
A1	0-26	Color pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2,5/2), en húmedo y pardo oscuro a pardo (10YR 4/3) en seco. Estructura grumosa media fuerte. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Raíces muy abundantes. Escasa pedregosidad. Muy calizo. En superficie está cubierto de grava. Límite neto.
AC	26-43	Color pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro (10YR 3/2,5) en húmedo y pardo (10YR 5/3) en seco. Estructura poliédrica subangular fina. Ligeramente duro, muy friable, ligeramente plástico y ligeramente adherente. Abundantes raíces. Pedregosidad muy abundante, a base de grava caliza y trozos de costra. Muy calizo. Límite abrupto.
C1cam	43-48	Costra caliza.
C2ca	+48	Color pardo fuerte a amarillo rojizo (7,5YR 5,5/6) en húmedo y gris rosáceo a rosa (7,5YR 7/3) en seco. Estructura masiva. Ligeramente duro, muy friable. Con acumulación de carbonato cálcico.

Como se pone de manifiesto en las descripciones macromorfológicas anteriores, los suelos estudiados presentan un perfil de tipo A-C, en los que se diferencia en ocasiones un horizonte B de alteración. El horizonte A alcanza una profundidad de menos de 30 cm. y, directamente o a través de un horizonte de transición, pasa al horizonte Ccam, fuertemente cementado por el carbonato cálcico, que constituye un horizonte petrocálcico con diversos aspectos y grados de compactidad. Se trata de costras calizas unas veces zonadas y muy compactas y otras más uniformes de color y menos compactas, o bien engloban cantos de diferente naturaleza cementados por carbonato cálcico; generalmente presentan en la parte inferior pedúnculos calizos.

El perfil III-1 es bastante complejo, ya que corresponde a un suelo de perfil A-C sobre el que se ha depositado un material rojo, a partir del cual se han diferenciado unos horizontes A y B que descansan sobre el horizonte A del suelo enterrado, en el que se inicia la acumulación de carbonato cálcico.

RESULTADOS

En la Tabla I se recogen los resultados analíticos generales y los relativos al complejo de cambio.

El contenido en materia orgánica de los Palexerolls estudiados es relativamente alto y disminuye regularmente con la profundidad, excepto en el perfil III-1, que, como ya se ha indicado, posee un horizonte Albca enterrado.

La relación C/N está entre 10-12, excepto en el perfil III-2, en el que es un poco más elevada, haciéndose patente la influencia de la vegetación que soporta, un pinar; los valores de dicha relación indican que se trata de una materia orgánica con un buen grado de humificación, como corresponde a suelos con muy elevado grado de saturación y valores de pH por encima de 7.

A excepción de los horizontes A1 y B2 del perfil III-1, que están prácticamente descarbonatados, los demás suelos son muy calizos; en efecto, presentan elevado contenido en carbonato cálcico total y activo, que aumenta en profundidad, dando lugar a horizontes de acumulación de carbonato cálcico muy cementado, o sea horizontes petrocálcicos.

Los valores de pH son ligeramente alcalinos, siendo muy próximos los valores medidos en suspensión acuosa y en solución 1M en ClK, como corresponde a suelos con complejo de cambio saturado. Los cationes de cambio dominantes son Ca^{2+} , Mg^{2+} , mientras que los valores de Na^+ y K^+ de cambio son muy bajos.

Como se observa en la Tabla II el contenido en hierro total es menor del 4%, y la relación hierro libre/hierro total está entre 30 y 35, a excepción de los horizontes superficiales del perfil III-1, donde es mayor tanto el contenido en hierro libre y hierro total como la relación hierro libre/hierro total, al propio tiempo que se encuentra descarbonata-

TABLA I
Resultados analíticos de Palexerolls petrocálcicos.

Hor.	%C org.	%N	C/N	%CO ₃ Ca		pH		Complejo de cambio					
				equi.	Act.	H ₂ O	ClK	T	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	V
Perfil II-2													
A1	3,43	0,30	11,43	33,99	11,92	7,60	7,20	26,43	26,31	0,00	0,14	26,45	100
B2	3,03	0,29	10,34	58,89	12,68	7,50	7,30	22,94	22,91	0,01	0,15	23,07	100
Ccam	—	—	—	78,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perfil III-1													
A1	1,79	0,15	11,93	2,30	2,09	7,45	6,95	26,94	25,25	0,19	0,32	25,76	96
B2	0,84	0,10	8,40	7,34	3,80	7,60	7,00	27,66	24,75	0,16	0,14	26,34	95
Albca	1,13	0,11	10,27	14,56	5,70	7,75	7,15	16,41	16,74	0,16	0,91	17,48	100
Clca	0,52	0,11	4,72	43,24	14,71	7,55	7,25	11,16	11,42	0,21	0,53	12,16	100
C2cam	—	—	—	89,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perfil III-2													
A11	5,77	0,40	14,42	30,02	12,00	7,70	7,20	30,40	28,50	0,25	0,91	29,66	99
A12	6,10	0,41	14,90	31,53	12,80	7,65	7,20	36,72	36,16	0,19	0,92	37,27	100
B21ca	2,06	0,24	8,58	39,95	11,90	7,85	7,65	25,61	25,46	0,25	0,40	26,11	100
B22ca	2,64	0,27	9,70	60,56	17,37	7,85	7,30	11,27	11,84	0,25	0,33	12,42	100
Ccam	—	—	—	88,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perfil IV-5													
A11	5,69	0,47	12,02	20,05	12,80	7,80	7,30	26,94	26,97	0,04	0,29	27,30	100
A12	4,99	0,46	10,87	26,51	13,44	7,80	7,30	22,86	22,66	0,08	0,27	23,01	100
AC	2,08	0,24	8,52	39,05	13,18	7,80	7,40	15,36	15,06	0,08	0,27	15,45	100
Ccam	—	—	—	87,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perfil V-2													
A1	3,53	0,29	11,88	28,20	3,71	7,70	7,40	16,50	15,95	0,01	0,55	17,51	100
AC	1,85	0,23	7,77	31,90	4,09	7,80	7,40	15,90	15,35	0,04	0,33	16,32	100
Clcam	—	—	—	88,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C2ca	0,16	0,02	6,95	76,83	8,96	8,00	7,60	—	—	—	—	—	—

TABLA II

Hor.	% Hierro libre	% Hierro total	Hierro libre/Hierro total
<u>Perfil II-2</u>			
A1	1,17	3,86	30,3
B2	0,80	2,95	27,1
<u>Perfil III-1</u>			
A1	2,14	5,03	42,5
B2	2,28	5,61	40,6
Albca	1,41	4,01	35,1
Clca	1,03	2,95	34,9
<u>Perfil III-2</u>			
A11	0,80	2,40	33,3
A12	0,62	2,55	24,3
B21ca	0,94	3,57	26,3
B22ca	0,70	2,66	26,3
<u>Perfil IV-5</u>			
A11	0,84	2,59	32,4
A12	0,76	2,21	34,3
AC	0,36	1,20	30,0
<u>Perfil V-2</u>			
A1	0,89	2,51	35,4
AC	0,84	2,37	35,4

do, todo lo cual indica que se trata de un suelo, policíclico, producto de la erosión y transporte de un suelo formado sobre roca caliza en zonas topográficamente más elevadas.

CLASIFICACION

De acuerdo con el estudio climatológico realizado (Alías y Martínez 1.982 a), puede asignarse a los suelos de la zona estudiada y a efectos de clasificación según el sistema americano (Soil Survey Staff, 1975) unos regímenes de humedad y temperatura xérico y mésico, respectivamente.

Los horizontes A de los suelos aquí considerados constituyen un epipedón mólico, incluso el horizonte A1 del perfil II-2, pese a que su espesor es de 22 cm., ya que su textura estimada es limo-arcillosa y el horizontes petrocálcico está a menos de 66 cm.; sin duda alguna contribuye a ello muy eficazmente la vegetación natural que soportan. Los horizontes B pueden ser considerados cámbicos, aun cuando el del

perfil II-2 posea un contenido en materia orgánica relativamente alto, como consecuencia de su pequeño espesor y de la gran densidad de raíces, que se detienen al alcanzar la costra y adquieren una disposición horizontal.

La acumulación de carbonato cálcico se puede iniciar en el horizonte cámbico para dar lugar a mayor profundidad a un horizonte petrocálcico, si bien no se observa disminución de carbonatos en profundidad, debido a que el material original es muy calizo.

Todas estas características permiten clasificar los cinco perfiles como Palexerolls petrocálcicos, ya que ninguno de ellos posee horizonte argílico.

Según la leyenda utilizada en el mapa del suelo del mundo (FAO UNESCO, 1974), los suelos estudiados se clasifican como Rendsinas.

CONCLUSIONES

1. Al pie de las Sierras de Orce y María, a altitudes comprendidas entre 1.000 y 1.300 metros, bajo unas condiciones climáticas a partir de las cuales se estima que el régimen de humedad es xérico y el de temperatura mésico, existen Palexerolls petrocálcicos desarrollados a partir de sedimentos cuaternarios en situaciones topográficas de suave pendiente y bajo vegetación natural.

2. Topografía y vegetación constituyen dos factores de edafogénesis cuyo papel, junto con el del clima, resulta decisivo para la formación de los Palexerolls estudiados. La topografía determina un lavado lateral importante, responsable de la formación de los horizontes Ccam petrocálcicos, mientras que la vegetación natural, que consiste en un Quercetum rotundifoliae más o menos degradado, asegura un contenido de materia orgánica en los horizontes superiores lo suficientemente altos para que, tanto por su contenido como por su color oscuro, constituyan un epipedón móllico.

3. La íntima asociación que se observa de los Palexerolls petrocálcicos con Xerochrepts palexeróllicos permite afirmar que éstos resultan de la degradación del epipedón móllico de aquéllos como consecuencia de las labores de cultivo.

RESUMEN

En el presente trabajo se da cuenta del estudio macromorfológico y analítico de cinco perfiles de Palexerolls petrocálcicos en las Sierras de Orce y María. Son suelos ampliamente representados en las zonas de debil pendiente, próximas a relieves calizos, y bajo una vegetación de Quercetum rotundifoliae degradado y en parte reemplazado por el pinar.

Poseen un perfil tipo A-Ccam ó A-B-Ccam, con un contenido en materia orgánica relativamente alto, bien humificada. Muy calizos y con intensa acumulación de carbonato cálcico en los horizontes Ccam, presentan valores de pH ligeramente alcalinos y están fuertemente saturados predominando los cationes alcalinos (Ca+Mg) en el complejo de cambio.

BIBLIOGRAFIA

- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J. 1982a. Características bioclimáticas de interés edafológico de las Sierras de Orce y María. *An. Edaf. y Agrob.*, XLI, 11-20.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J. 1982b. Rendolles de la Sierra de María (Almería). *An. Edaf. y Agrob.* XLI, 1609-1620.
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J. 1983a. Haploxerolls de la Sierra de Orce. En prensa en *An. Edaf. y Agrob.*
- ALIAS, L. J. y MARTINEZ, J. 1983b. Haploxerolls de la Sierra de María (Almería). En prensa en *An. Edaf. y Agrob.*
- ALIAS, L. J. y ORTIZ, R. 1977. Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia). III. *An. Edaf. y Agrob.* 36, 329-339.
- ALIAS, L. J. y ORTIZ, R. 1978. Mollisoles del Campo de Cartagena (Murcia). Características generales y mineralógicas. *An. Edaf. y Agrob.* 37, 139-163.
- ALIAS, L. J. y ORTIZ, R. 1983. Procesos edafogenéticos y tipos de suelos del Altiplano Jumilla-Yecla.
- ALIAS, L. J. y PEREZ SIRVENT, C. 1981. Palexerolls de la provincia de Murcia. *An. Edaf. y Agrob.* XL, 441-457.
- BEAUDET, . 1971. Le Quaternaire marocain; état des études. *Revue de Géographie du Maroc.*
- BOULAIN, J. 1957. Etude des sols de la plaine du Chelif. S.E.D. Alger.
- DUMAS, M. B. 1969. Glacis et croûtes calcaires dans le Levant espagnol. *Bull. de l'Assoc. de Geogr. Français.* N.º 375-376.
- FAO-UNESCO. 1974. *Soil Map of the World 1: 5.000.000.* Vol. 1. Legend. Paris.
- RUELLAN, A. 1967. Individualisation et accumulation de calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du Maroc. *Cah. O.R.T.O.M. Sér. Pédol.* 5, 4, 421-462.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. *Soil Taxonomy. A basic System of soil classification for making and interpreting soil surveys.* Agriculture Handbook n.º 436.

Recibido para publicación: 10-V-84.

ESTUDIO DE ACIDOS HUMICOS DE TIPO P. FRACCIONAMIENTO EN COLUMNA DE SEPIOLITA. VALORACION CUANTITATIVA DE PIGMENTOS

Por

ALMENDROS, G. y DORADO, E.

SUMMARY

STUDY ON P-TYPE HUMIC ACIDS. COLUMN CHROMATOGRAPHY ON SEPIOLITE. QUANTITATIVE VALORATION OF PIGMENTS

P-type humic acids from two different soils were fractionated by liquid chromatography using a sepiolite column. By means of this technique, the samples were respectively separated in two and three well defined fractions with different composition and properties. In both soils, the compounds strongly adsorbed on the sepiolite presented higher values of specific extinction, cation exchange capacity, aromaticity and condensation degree, and lower values of molecular size and hydrolyzable nitrogen. It is pointed out that these differences are highly related to the content of green fungal pigments, whose proportion tends to increase towards the strongly retained fractions. These pigments were quantitatively determined by a proposed method in function of the extent of the band at 615 nm in the 1st derivative of the visible spectrum.

INTRODUCCION

La existencia de pigmentos de origen fúngico en la fracción de ácidos húmicos fue reconocida por primera vez por Kumada (1955) en los suelos forestales del Centro del Japón. En años sucesivos, la presencia de estos compuestos fue puesta de manifiesto en otros países occidentales (KUMADA and HURST, 1967), de la URSS (ORLOV, 1972), del Canadá (LOWE and TSANG, 1970) y de España (ALMENDROS *et al.*, 1982 a-c).

Si bien el reconocimiento de este tipo de ácidos, denominados de tipo P, es relativamente sencillo en los correspondientes espectros visibles, que presentan máximos más o menos marcados a 450,570 y 615 nm, la separación total de los metabolitos fúngicos de la muestra original presenta grandes dificultades. El empleo de cromatografía en columna de celulosa o Sephadex (KUMADA and SATO, 1962; SATO, 1976 a), permite separar una fracción Pg, de color verde esmeralda, del resto de los polímeros de color marrón (Pb). En estos estudios, se atribuye a la fracción Pg ("ácidos húmicos verdes") un carácter dihidroxiperilenquinónico, de acuerdo con los productos obtenidos por destilación con Zn en polvo, y con el metabolismo de ciertas especies de hongos del suelo capaces de formar estos compuestos. En este sentido, especies pertenecientes a los generos *Cenococcum*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Clados-*

porium, *Daldinia* e *Hypoxylon* parecen ser responsables de la acumulación de fracciones extraíbles verdes en los suelos. (ALLPORT and BUL'LOCK, 1958; KUMADA and HURST, 1967; VOL'NOVA and MIRCHINK, 1972; SATO, 1976 b), aunque posiblemente el número de géneros fúngicos con capacidad de producir esta serie de pigmentos debe de ser muy superior.

Por otra parte, y aunque el contenido de compuestos verdes en los suelos puede llegar a ser considerable, sólo una proporción relativamente baja del pigmento parece encontrarse en forma libre, o al menos, fácilmente separable mediante procedimientos físicos, permaneciendo en gran parte asociado a los polímeros húmicos. Probablemente la naturaleza de los enlaces entre ambos tipos de compuestos sea de naturaleza predominantemente física, aunque KUMADA and SATO (1980), no descartan la posibilidad de que las perilenquinonas de origen fúngico entren a formar parte de los constituyentes de la moléculas de tipo húmico.

En cualquier caso, la separación de los ácidos húmicos de tipo P a través de Sephadex G-25 permite diferenciar otras fracciones cuantitativamente superiores a la de color verde puro, constituidas por una serie de moléculas húmicas en las que el pigmento fúngico ya no puede ser fácilmente separado.

El presente trabajo se orienta a dos aspectos problemáticos en el estudio de los ácidos húmicos acompañados por fracciones verdes: los referentes a la valoración cuantitativa de los pigmentos y al fraccionamiento preparativo de la muestra. Ambos procesos se encuentran condicionados por la citada tendencia de las fracciones perilenquinónicas de adsorberse sobre los polímeros de tipo húmico y, en general, sobre muchos tipos de superficies orgánicas e inorgánicas con grupos funcionales oxigenados (ALMENDROS *et al.*, 1983). Ante la imposibilidad de aislar la totalidad del pigmento verde, se adoptan procedimientos indirectos para su cuantificación. En cuanto a la separación de fracciones húmicas enriquecidas en pigmentos perilenquinónicos, podría facilitar las posteriores operaciones de aislamiento y purificación y, de cualquier forma, determinar su contribución a las características del total de los ácidos húmicos del suelo. En este sentido, y cuando los pigmentos verdes extraíbles se encuentran en proporción elevada, pueden ejercer una influencia apreciable en las propiedades fisicoquímicas del suelo, preferentemente en los procesos de intercambio de bases, adsorción de compuestos orgánicos simples y asociación con coloides minerales. Este grupo de propiedades, que se encuentran mucho más acentuadas en las fracciones derivadas de los pigmentos perilenquinónicos que en los ácidos húmicos, sugieren el interés del estudio de ambos tipos de compuestos.

MATERIAL Y METODOS

Material

Las muestras estudiadas (A y B) corresponden a dos ácidos húmicos

extraídos de suelos forestales bajo *Fagus sylvatica*. El primero de estos hayedos, desarrollado sobre un canchal en el Puerto de Quesera (Segovia, 1600 m.s.m.), fué descrito en publicaciones anteriores (IBAÑEZ *et al.*, 1982, ALMENDROS *et al.*, 1982 a). La segunda muestra (B) procede de un cambisol húmico sobre areniscas y pizarras en el Km. 22,5 de la carretera de Reinosa a Cabezón de la Sal (Santander, 800 m.s.m.). Ambos tipos de humus presentan características propias del *moder forestal*, correspondiendo las muestras recogidas a los 20 primeros cm. del perfil, una vez retirada la capa de hojarasca.

Métodos

a) *Extracción y análisis generales.*

La muestra de suelo, seca al aire y tamizada por 2 mm, es extraída con NaOH 0,1M por agitación rotativa en botellas con atmósfera de nitrógeno. Los ácidos húmicos son separados del extracto alcalino por precipitación con HCl, y purificados por ultracentrifugación a pH 12, tratamiento con HCl-HF 1% y electrodiálisis.

El análisis elemental orgánico se realizó a partir de 0,60 mg. de muestra liofilizada, en un microanalizador Hewlett-Packard 185 CHN; los espectros visibles, en soluciones en NaHCO₃ de 136 ppm C (KONONOVA, 1966), con un espectrofotómetro Shimadzu UV-240, y los espectros infrarrojos, en pastilla de BrK con 1,50 mg. de muestra, con espectrofotómetro Perkin Elmer 580 B.

Para la filtración a través de Sephadex G-50 se siguieron los criterios de DORADO (1969). Las curvas de elución a 450 nm fueron obtenidas en registrador Kipp-Zonen BD8 conectado a un espectrofotómetro Zeiss PMQII provisto de cubeta de flujo continuo.

Las hidrólisis con HCl 6N de los ácidos húmicos se llevó a cabo según HAWORTH (1971), y la determinación de su capacidad de cambio catiónica a pH 7, de acuerdo con HARADA and INOKO (1980), pero prescindiendo del tratamiento ácido de la muestra.

b) *Valoración del contenido en pigmento verde.*

El método utilizado se basa en la proporcionalidad entre el contenido en compuestos verdes y la amplitud de la banda a 615 nm en el primera derivada del espectro visible de las correspondientes muestras.

Con este fin, los ácidos húmicos de tipo P son previamente fraccionados en columna de Sephadex G-25, ($V_t = 150$ cc), que permite separar una fracción de color marrón, otra marrón verdosa, y una pequeña fracción de color verde esmeralda. Se utilizó NaOH 0,05 N como eluyente, desechándose la totalidad del eluato con excepción de los 25 primeros mililitros (1^{er} eluato) y los 30 últimos (2^o eluato). En estas condiciones, el espectro visible confirma que el primer eluato no presenta las bandas propias del pigmento verde, que alcanzan su máxima intensidad en el segundo. El hecho de que el contenido en compuestos verdes no pueda ser directamente estimado a partir de la valoración de las distintas fracciones obtenidas por la filtración a través de gel, es debido a la presencia de proporciones variables de dicho pigmento en todas las fracciones cromatográficas (incluso en la excluida), si bien su contenido se

incrementa en el sentido de las fracciones con K_{av} más elevado, de tal forma que el mayor grado de pureza suele alcanzarse en la "cola" de la fracción retenida.

Los dos eluatos son precipitados con HCl, dializados, liofilizados, y utilizados para la preparación de soluciones standard a igualdad de concentración en peso. Aunque se utilizó la concentración recomendada por KONONOVA (1966) para la medición de la extinción específica de los ácidos húmicos (136 ppm C), se comprueba que los valores inferiores hasta un 25% también resultan adecuadas para estos fines, en función de la extinción específica de otros tipos de muestras.

Suponiendo ambas soluciones como representativas de ácidos húmicos con 0% y 100% de pigmento verde, respectivamente, se preparan mezclas proporcionales a partir de alícuotas de las mismas que constituyen los puntos intermedios de la recta (fig. 1), en la que se relacionan los correspondientes porcentajes con la amplitud de la banda a 615 m μ . (A_6) de la primera derivada del espectro de visible (fig. 6). Aunque la segunda derivada permite una interpretación más inmediata que la primera (por coincidir los máximos en vez de las inflexiones con los picos del espectro original), suele resultar, en función el aparato utilizado, menos adecuada para fines cuantitativos, por requerir una mayor expansión de escala y venir afectada por un mayor ruido de fondo. El espectro sin derivar no es ningún sentido adecuado para valoraciones cuantitativas por la escasa definición de los picos en la mayor parte de las muestras.

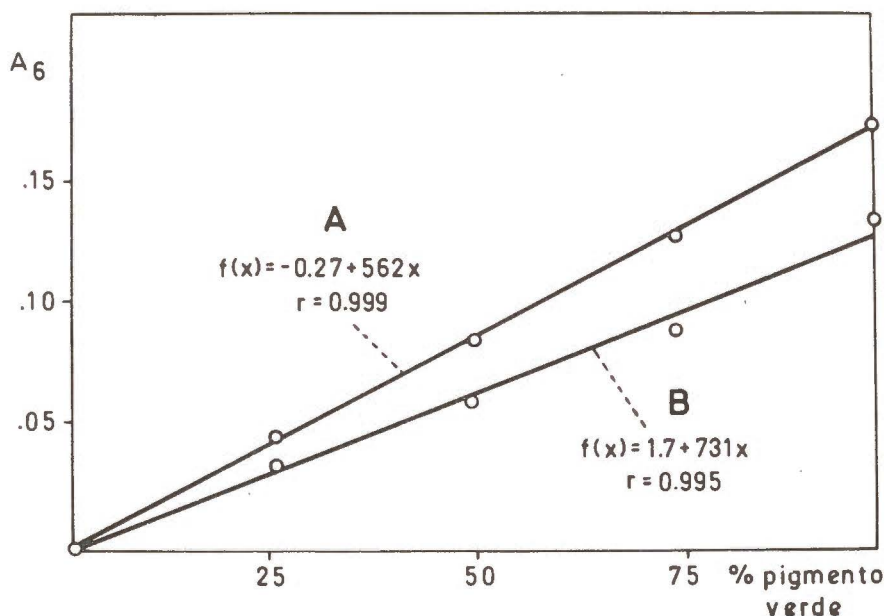


FIG. 1.— Rectas de regresión entre el porcentaje de pigmento verde y la amplitud de la banda a 615 nm en la primera derivada del espectro visible.

Las funciones definidas para cada uno de los suelos (fig. 1) presentan elevados coeficientes de correlación lineal, y permiten obtener una aproximación adecuada al porcentaje de pigmentos verdes en el ácido húmico total o sus distintas fracciones. De hecho, la preparación de las mezclas con proporciones variables de pigmento no presenta otra utilidad que la de comprobar la linealidad de la función a la concentración utilizada, pues en este caso su determinación no aumenta la precisión de los valores interpolados. Por esta razón, los procesos descritos se prestan, en la práctica, a todo tipo de simplificaciones, y el porcentaje de pigmento puede ser directamente calculado en función de la amplitud de la banda en la fracción de color verde puro.

c) *Fraccionamiento en columna de sepiolita.*

La separación de los ácidos húmicos de tipo P en columna con diferentes tipos de relleno mineral parece ser debida a la adsorción entre las moléculas húmicas y el pigmento verde, que se absorbe a su vez sobre la superficie inorgánica.

La cromatografía descendente se llevó a cabo en columna Wright GA 2,2x90 cm. ($V_t = 250$ cc) rellena con sepiolita de granulometría comprendida entre 300 y 600 μm , procedente del yacimiento de Vicálvaro (Madrid). El mineral es previamente tamizado en húmedo para eliminar la turbidez, y empaquetado en suspensión acuosa en la columna. La elución se llevó a cabo con NaOH 0,02 M a razón de 4 ml/min, pudiendo ser utilizado el mismo relleno para sucesivas separaciones después de pasar por la columna un volumen de agua del orden de 8Vt (en caso contrario, disminuye la eficiencia del fraccionamiento). La determinación del %C de la sepiolita, después de muchas separaciones, demuestra que este material no retiene irreversiblemente apreciables cantidades de materia orgánica. Las curvas de elución son obtenidas por un procedimiento similar al indicado para la filtración a través de gel.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la fig. 2 se muestran las curvas de elución correspondientes al fraccionamiento de los dos ácidos húmicos en columna de sepiolita, así como los valores estimados para cada una de las fracciones. En ambos casos se consigue una eficiente separación, aunque se observa un diferente comportamiento en los dos suelos: en el primer caso la fracción de mayor volumen de elución (A2) representa cerca del 80% de la muestra total, en tanto que en el suelo B se obtienen tres picos bien definidos, y la fracción B3 representa un 60% del total. Al repetirse la cromatografía varias veces para recoger suficiente cantidad de cada una de las fracciones se comprueba la reproductibilidad de las curvas de elución.

Los espectros visibles (fig. 3) muestran los máximos característicos del pigmento verde a 450, 570 y 615 nm. (KUMADA and SATO, 1962) más acentuados en las fracciones de mayor volumen de elución, que presentan, a su vez, una extinción específica más elevada (si bien en las dos primeras fracciones del ácido húmico B los valores son muy simila-

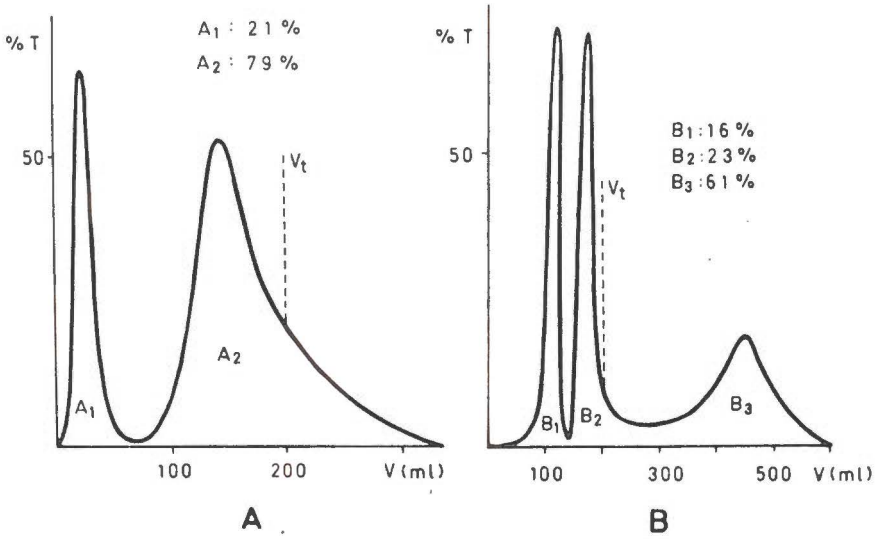


FIG. 2.—Curvas de elución de los ácidos húmicos a través de columna de sepiolita. Porcentajes de las correspondientes fracciones.

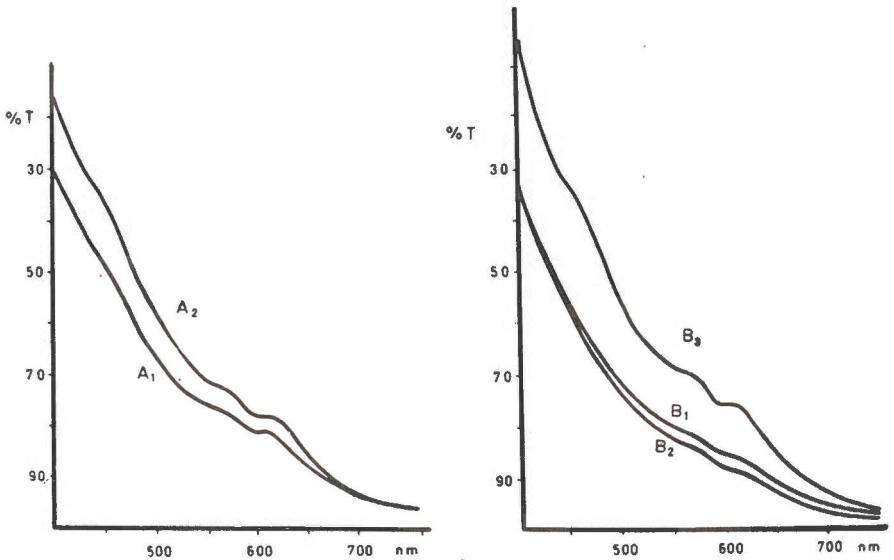


FIG. 3.—Espectros visibles de las distintas fracciones separadas.

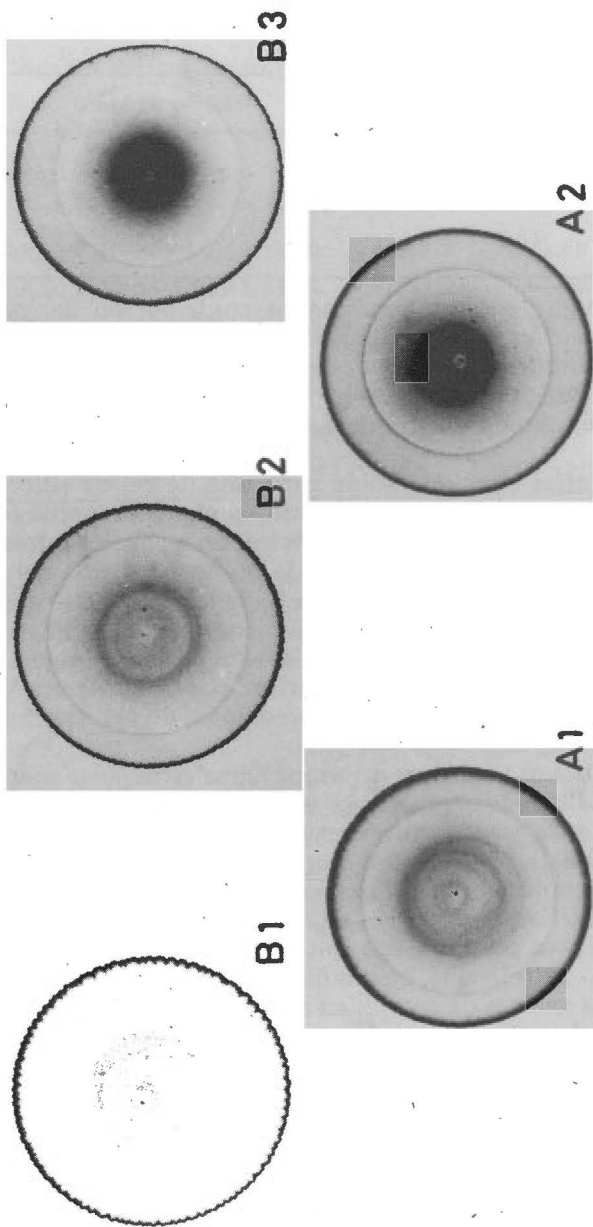


FIG. 4.—Cromatografías circulares de las distintas fracciones.

TABLA I

Filtración a través de Sephadex G-50 de las tres fracciones separadas.

Kav =	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
A1	47,4			13,2									39,5
A2	26,5			14,3							22,4		36,7
B1	61,1			11,1								27,8	
B2	27,3					31,8					40,9		
B3	35,3		15,7								23,5		25,5

res). Estos resultados sugieren una mayor contribución del pigmento verde en la composición de las fracciones con mayor volumen de elución, siendo característico de los compuestos verdes el presentar valores de extinción más elevados que las correspondientes de color marrón, indicando un superior grado de condensación molecular (ALMENDROS *et al.*, 1982 b).

Las cromatografías circulares sobre capa fina de gel de sílice (fig. 4) confirman e ilustran el diferente contenido en pigmento verde (concentrado en el punto de aplicación de la muestra) en las distintas fracciones. Esta proporción es relativamente baja en la primera fracción del suelo A y en las dos primeras fracciones del suelo B, de tal forma que el pigmento tiende a concentrarse en los ácidos húmicos más fuertemente retenidos por la sepiolita. La filtración a través de Sephadex (Tabla 1) indica que dichas fracciones también se caracterizan por su bajo tamaño molecular, de acuerdo con los reducidos porcentajes de las fracciones con $K_{av}=0$.

Otras características analíticas de las muestras estudiadas aparecen en la Tabla 2. El análisis elemental de las fracciones en que se concentra el pigmento no muestra grandes diferencias frente a las de menor volumen de elución, si bien tienden a presentar valores de H y N ligeramente, más bajos, de acuerdo con la composición elemental de los pigmentos verdes (KUWATSUKA *et al.*, 1978). Más significativos resultan los valores de pérdida de peso por hidrólisis con HCl y 6N y el porcentaje calculado de nitrógeno hidrolizable, que indican una mayor estabilidad en las formas de N. Los valores de capacidad de cambio, por su parte, aumentan en función del contenido en pigmento verde, con predominio de los correspondientes grupos funcionales (TSUTSUKI and KUWATSUKA, 1978) y de acuerdo con los espectros infrarrojos (Fig. 5), donde se observa una intensidad ligeramente más elevada en las bandas atribuibles a grupos oxigenados (3400 y 1720 cm^{-1}), una mayor proporción de constituyentes aromáticos y quinónicos (1620 cm^{-1}), y una menor intensidad de las bandas a 2920 cm^{-1} (vibraciones C-H alifáticas), y a 1030 cm^{-1} , a la que contribuyen las funciones alcohólicas de polisacáridos y los grupos OCH_3 de ligninas, aspectos todos que confirman una mayor similitud fisicoquímica con las propiedades de las fracciones verdes de origen fúngico.

TABLA II

Características analíticas generales de las tres fracciones separadas por cromatografía en columna de sepiolita.

Muestra	Análisis elemental orgánico (libre de cenizas)					% hidrolizable por HCl 6 N	% Nitrógeno hidrolizable	Capacidad de cambio a pH:7 (meq/100 g)
	%C	%H	%O	%N	C/N			
A1	58,01	6,78	30,88	4,33	13,40	40,33	71,89	238,4
A2	56,66	2,97	36,42	3,95	14,34	38,33	58,32	269,3
B1	58,10	6,11	32,12	3,67	15,83	35,67	66,87	228,4
B2	59,46	5,93	31,32	3,29	18,07	32,67	61,94	261,3
B3	57,15	5,87	33,82	3,16	18,09	31,67	58,92	426,2

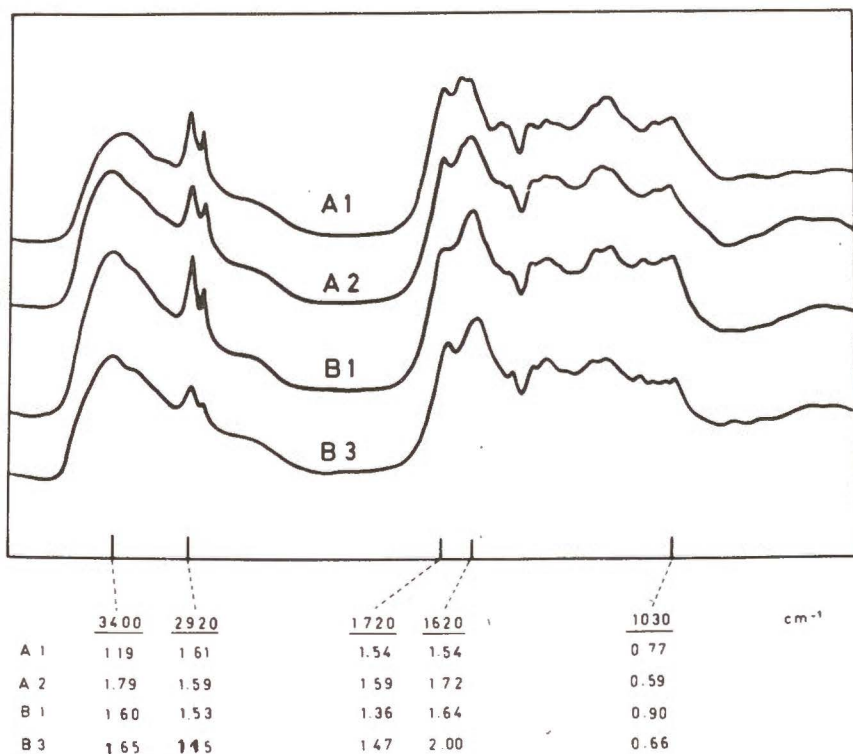


FIG. 5.— Espectros infrarrojos de las diferentes fracciones. Densidades ópticas relativas a la banda de C aromático a 1510 cm⁻¹.

TABLA III

Porcentaje y distribución del pigmento verde en los ácidos húmicos y en las fracciones separadas en sepiolita.

	% pigmento respecto a 100 g de muestra	% pigmento respecto a 100 g de AH total	% pigmento respecto al pigmento total
Acido húmico A	14,9	14,90	100,0
Fracción A1	19,1	2,53	17,1
Fracción A2	24,8	12,36	82,9
Acido húmico B	20,5	20,50	100,0
Fracción B1	17,2	1,62	7,9
Fracción B2	15,0	2,07	10,1
Fracción B3	45,7	16,8	81,9

Por último, la determinación cuantitativa del pigmento en función de la intensidad de las bandas de la derivada del espectro visible (fig. 6 y Tabla 3) permitió estimar el contenido total en pigmentos verdes en los ácidos húmicos de los suelos A y B en un 15 y 20%, respectivamente. Las dos primeras fracciones del suelo B no muestran gran diferencia en este sentido, en tanto que la fracción B3 presenta un elevado valor, del 46%, en comparación con el 25% de la fracción retenida del suelo A.

Al referir los valores a 100 g del ácido húmico total se observa que menos del 3% del pigmento verde se encuentra en las fracciones de menor volumen de elución (débilmente adsorbidas), de forma que más del 80% del pigmento total pasa a formar parte de las fracciones retenidas por la sepiolita.

CONCLUSIONES

La separación preparativa de los ácidos húmicos de tipo P por cromatografía en columna de sepiolita puede resultar, en función de los tipos de suelo, una técnica útil para la obtención de fracciones húmicas enriquecidas en pigmento verde. Mientras en el suelo A la segunda fracción presenta una magnitud considerable, y un contenido relativamente bajo de pigmento (aunque más elevado que en el suelo total), la fracción B3 representa sólo el 60% del total y contiene el 82% del pigmento. El fácil desarrollo experimental y la rápida velocidad de elución de la cromatografía a través de silicatos con granulometría adecuada resulta particularmente ventajoso para la separación de grandes cantidades de muestra respecto al empleo de otros medios de separación más costosos; y que pueden incorporar compuestos orgánicos a la muestra.

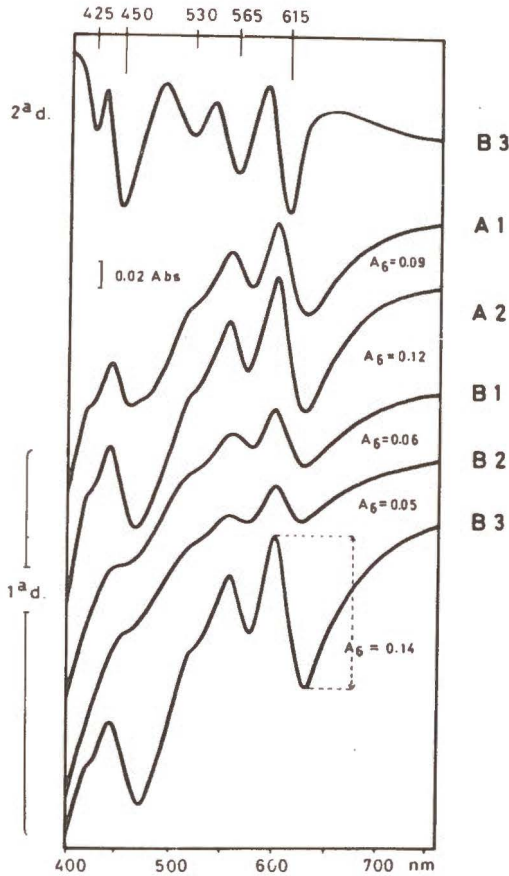


FIG. 6.— Segunda derivada del espectro visible de la fracción B3. Primeras derivadas de los espectros visibles de las cinco fracciones separadas.

Aunque esta separación parece tener lugar en virtud de una doble afinidad por parte del pigmento verde hacia los ácidos húmicos y la superficie del silicato, también deben influir otros procesos, cuya naturaleza no puede asegurarse mediante los análisis realizados en este estudio, y que son responsables de la separación de las fracciones B1 y B2, que presentan similar proporción de pigmento. Puede que en este caso, la separación tenga lugar en función del grado de condensación estructural, el tamaño molecular y el contenido en funciones oxigenadas, sin que necesariamente estos parámetros vengán influidos por la proporción de compuestos verdes, tal y como sugieren los resultados obtenidos. En los demás casos, las características diferenciales de las fracciones de mayor volumen de elución pueden ser siempre adscritas a una mayor contribución cuantitativa de estos pigmentos de origen fúngico.

RESUMEN

Se han fraccionado dos ácidos húmicos de tipo P mediante cromatografía de elución en columna rellena con sepiolita. Por medio de esta técnica, las muestras fueron respectivamente separadas en dos o en tres fracciones bien definidas, con diferente composición y propiedades. En ambos casos, los compuestos fuertemente adsorbidos sobre la sepiolita presentan valores más elevados de extinción específica, capacidad de intercambio catiónico y grado de condensación y aromaticidad, así como valores más bajos de tamaños moleculares y nitrógeno hidrolizable. Estas diferencias entre las fracciones son atribuidas a la distinta concentración en pigmentos verdes de origen fúngico, cuya proporción tiende a incrementarse en el sentido del volumen de elución, y son determinados cuantitativamente en función de la magnitud de la banda a 615 nm en la primera derivada de los correspondientes espectros visibles.

Instituto de Edafología y Biología Vegetal (C.S.I.C.).

BIBLIOGRAFIA

- ALLPORT, D. C. and BU'LOCK, J. D. (1958). The pigmentation and cell wall material of *Daldinia* sp. *Journal of the Chemical Society*, 4090-4094.
- ALMENDROS, G., IBÁÑEZ, J. J. y POLO, A. (1982a). Contribución al estudio del subsistema edáfico en los ecosistemas climáticos del Sistema Central (España). II. Caracterización fisicoquímica del humus en los ecosistemas del Puerto de la Quesera (Macizo de Ayllón). *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 19, 151-162.
- ALMENDROS, G., POLO, A. y DORADO, E. (1982b). Aislamiento y caracterización de dos fracciones verdes a partir de los ácidos húmicos extraídos de un podsol. *Agrochimica*, 26, 519-529.
- ALMENDROS, G., IBÁÑEZ, J. J. y POLO, A. (1982c). Contribution a l'étude du sous-système pédologique des écosystèmes forestiers montagnards du massif du Moncayo (Chaîne Ibérique). II. Caractéristiques générales de l'humus dans le transect étudié. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 20, 143-153.
- ALMENDROS, G., POLO, A. y LOBO, C. (1983). Aplicación de diversas técnicas de cromatografía en columna al fraccionamiento de un ácido húmico de tipo P. *An. Edaf. Agrobiol.* XLII, 955-961.
- DORADO, E. (1969). Estudio de ácidos húmicos. Fraccionamiento por gel filtración. *An. Edaf. Agrobiol.*, 28, 269-283.
- HARADA, Y. and INOKO, A. (1980). The measurement of the cation exchange capacity of compost for the estimation of the degree of maturity. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 26, 127-134.
- HAWORTH, R. D. (1971). The chemical nature of humic acid. *Soil Sci.* 111, 71-79.
- IBÁÑEZ, J. J., ALMENDROS, G. y POLO, A. (1982). Contribución al estudio del subsistema edáfico en los ecosistemas climáticos del Macizo Central (España). I. Características generales de los ecosistemas del Puerto de Quesera (Macizo de Ayllón). *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 19, 135-149.
- KONONOVA, M. M. (1966). *Soil Organic Matter*. Pergamon Press, London, 450 pp.
- KUMADA, K. (1955). Absorption spectra of humic acids. *Soil and Plant Food*, 1, 29-30.
- KUMADA, and HURST, H. M. (1967). Green humic acids and its possible origin as a fungal metabolite. *Nature*, 214, 631-633.
- KUMADA, K. and SATO, O. (1962). Chromatographic separation of green humic acid from podsol humus. *Soil Sci. Plant Nutr.* 8, 31-33.
- KUMADA, K. and SATO, O. (1980). Characteristics of the green fraction of P-type humic acid. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 26, 309-316.
- KUWATSUKA, S., TSUTSUKI, K. and KUMADA, K. (1978). Chemical studies on soil humic acids. I. Elementary composition of Humic acids. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 24, 337-347.
- LOWE, L. E. and TSANG, W. C. (1970). Distribution of a green humic acid component in forest humus layers of British Columbia. *Can. J. Soil. Sci.*, 50, 456-457.

- ORLOV, D. S. (1972). Adsorption and distribution spectra of P-type humic acids in USSR soils. *Soviet Soil Sci.*, 1384-1393.
- SATO, O. (1976a). The chemical nature of components of Pg (green fraction of P type humic acid). *Soil. Sci. Plant. Nutr.*, 22, 485-488.
- SATO, O. (1976b). A green pigment similar to the Pg fraction of P type humic acids and related compounds by litter-decomposing fungi. *Soil Science and Plant Nutrition*, 22, 269-275.
- TSUTSUKI, K. and KUWATSUKA, S. (1978). Chemical studies on soil humic acids. Composition of oxygen-containing functional groups of humic acids. *Soil Sci. Plant. Nutr.*, 24, 547-560.
- VOL'NOVA, A. I. and MIRCHINK, T. G. (1972). Formation by dark-colored fungi of a green pigment similar to the Pg fraction of P-type humic acids. *Soviet Soil Sci.*, 690-695.

Recibido para publicación: 10-V-84.

**SUELOS AC SOBRE GRANITOS DE GALICIA (N.O. DE ESPAÑA)
CON ESPECIAL REFERENCIA AL RANKER ATLANTICO.
IV. PROPIEDADES FISICAS**

Por

CARBALLAS, M.*, GUITIAN OJEA, F.*, CARBALLAS, T.**

SUMMARY

**AC SOILS OVER GRANITE, WITH SPECIAL REFERENCE TO ATLANTIC
RANKERS. IV. PHYSICAL PROPERTIES**

A study of the physical properties of ten soils with AC profiles grouped in toposequences in four granitic areas of Galicia (NW Spain) has show them to be sandy, with a very high sand content in some subhorizons, low bulk and real densities and very variable porosity. Some of the profiles exhibit clear physical signs of colluviation, such as the inversion of the distribution of grain size, low density (1.15 g/cc) and porosities varying widely from one subhorizon to another.

INTRODUCCION

Los suelos AC desarrollados sobre granito son extraordinariamente frecuentes en todo Galicia (N.O. de España). En general todos ellos responden bien al concepto de Ranker (Kubiena, 1953) presentando un horizonte A que se forma directamente sobre la roca dura o bien sobre un horizonte C₁, aunque existen algunos en los que puede haber un B incipiente, de pocos centímetros de espesor.

La morfología de todos estos suelos (Carballas et al., 1983a) es muy homogénea, diferenciándose en principio unos de otros sólo por la profundidad del horizonte A; por otra parte, los factores de formación son igualmente muy parecidos para todos ellos (Carballas et al., 1983a) apareciendo únicamente la topografía como factor diferenciador que hace que los suelos menos profundos se situen en las laderas con fuerte pendiente y los más profundos (Ranker atlántico, Franz, 1956) en replanos o talwegs de la ladera en donde la pendiente es casi nula.

El estudio de las propiedades químicas de estos suelos (Carballas et al., 1983b) indican que todos ellos son suelos ácidos, con un elevado contenido en materia orgánica de tipo mull ácido o moder-mull,

* Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia, Santiago de Compostela.

** Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC. Santiago de Compostela.

es decir con una baja relación C/N, alta capacidad de cambio y muy desaturados.

Por otra parte, se ha puesto de manifiesto (Carballas et al., 1983a y b) que existen en algunas de sus características morfológicas y en sus propiedades químicas, índices de que dentro de estos Ranker se pueden diferenciar dos subtipos según su génesis: suelos poco profundos, autóctonos y suelos con caracteres alóctonos (más profundos) formados a partir de los materiales de arrastre de los suelos menos profundos, carácter que ya había sido citado por otros autores (Guitian Ojea y Carballas, 1968; Mücher et al., 1972) para algunos perfiles de Ranker atlántico.

Con el objeto de seguir caracterizando estos suelos, se estudian en el presente trabajo, las propiedades físicas de los mismos.

MATERIAL

Se seleccionaron para este estudio diez suelos de perfil AC agrupados en secuencias topográficas en cuatro zonas graníticas de Galicia, diferentes geográficamente por su altitud y proximidad al mar:

—Secuencia Cabo Silleiro (Pontevedra) formada por los perfiles 1441, 1439 y 1440, situados entre 3 y 240 m. de altitud.

—Secuencia Barbanza (La Coruña) formada por los perfiles 1318, 1317 y 1347, situados entre los 485 y los 560 m.

—Secuencia Xiabre (Pontevedra) formada por los perfiles 1299 y 1311, situados entre 330 y 450 m. y

—Secuencia Cañizo (Orense) formada por los perfiles 1424 y 1425, situados a 1440 y 1425 m.

Las tres primeras secuencias se encuentran al borde del mar mientras que la cuarta se sitúa en el SE de Galicia y, por lo tanto, muy alejada del mar.

Las características morfológicas detalladas se indicaron en otra publicación (Carballas et al., 1983a) por lo que se incluye aquí únicamente una breve descripción de los perfiles.

Perfiles 1441 y 1318: suelos situados en una ladera con fuerte pendiente, con un horizonte A de aproximadamente 30 cm. de espesor, bastante uniforme, negro, arenoso, con estructura migajosa y abundantes gravas y piedras de granito sin alterar.

Perfil 1424: situado en una penillanura, con un horizonte A de 45 cm. de espesor y características parecidas a las de los perfiles anteriores excepto la de poseer un horizonte C₁ de granito alterado que conserva la estructura de roca y tiene las diaclasas rellenas de materia orgánica.

Perfiles 1439, 1317, 1299 y 1311: situados en pequeños replanos de la ladera, con un horizonte A muy profundo (entre 98 y 200 cm.) muy uniforme, negro, en general arenoso, y con estructura migajosa o en bloques, y abundantes gravas; en alguno de estos perfiles se puede distinguir un horizonte A/C o un C₁, ambos de poco espesor.

TABLA I

Características físicas de los suelos de la secuencia Cabo Sillero

Perfil	Hor.	Análisis granulométrico				Textura
		2 - 0,2 mm.	0,2 - 0,02 mm.	0,02 - 0,002 mm.	<0,002 mm.	
1441	Au1	47.42	35.70	10.72	6.16	A. franco
	Au2	31.38	42.83	14.28	11.51	franco A.
1439	Au1	37.18	44.46	11.44	6.92	A. franco
	Au2	44.99	40.33	9.12	5.56	A. franco
	Au3	44.10	39.56	10.65	5.69	A. franco
	A/C	40.18	38.52	12.67	8.63	franco A.
1440	Au1	39.70	34.63	11.30	14.37	franco A.
	II Au1	16.05	56.97	11.51	15.47	franco A.
	III Au1	54.36	32.99	7.81	4.84	A. franco

Densidad y porosidad

Perfil	Hor.	Densidad real	Densidad aparente	Porosidad %
1441	Au1	1.43	0.61	57
	Au2	2.16	0.89	59
1439	Au1	1.38	0.87	37
	Au2	1.37	0.89	35
	Au3	1.37	0.86	37
	A/C	2.49	1.30	48
1440	Au1	2.49	0.72	71
	II Au1	1.58	0.78	51
	III Au1	1.38	0.78	43

Perfiles 1347 y 1425: situados en talwegs, con un horizonte A muy profundo (aproximadamente 150 cm.) con características parecidas a los perfiles anteriores pero apreciándose una estratificación de los materiales en bandas paralelas a la superficie del suelo y manteniendo un alto grado de humedad por estar situados al lado de cursos de agua, a pesar de lo cual no presentan caracteres gléicos.

TABLA II

Características físicas de los suelos de la secuencia Barbanza

Perfil	Hor.	Análisis granulométrico				Textura
		2 - 0,2 mm.	0,2 - 0,02 mm.	0,02 - 0,002 mm.	< 0,002 mm.	
1318	Au1	55.00	25.28	9.39	10.33	A. franco
	Au2	54.00	23.70	10.67	11.63	franco A.
1317	Au1	47.50	12.13	25.87	14.50	franco A.
	Au2	42.10	29.49	9.29	19.29	franco A.
	Au3	40.00	22.89	10.79	26.32	franco Pa.
	Au4	56.50	32.12	8.00	3.38	A. franco
	C	64.00	21.09	9.52	5.39	A. franco
1347	Au1	29.21	52.91	11.61	6.27	A. franco
	Au2	35.83	48.36	9.63	6.16	A. franco
	Au3	26.80	55.37	12.14	5.69	A. franco
	Au4	34.53	51.51	6.98	6.98	A. franco
	C	74.08	21.28	2.74	1.90	Arena
	2C	91.80	4.37	2.06	1.77	Arena

Densidad y porosidad

Perfil	Hor.	Densidad real	Densidad aparente	Porosidad %
1318	Au1	2.16	0.59	72
	Au2	2.24	0.78	65
1317	Au1	2.14	0.76	64
	Au2	2.24	0.73	67
	Au3	2.26	0.89	60
	Au4	2.44	1.35	45
	C	2.53	1.38	45
1347	Au1	2.47	0.68	72
	Au2	2.39	0.77	68
	Au3	2.31	0.68	71
	Au4	2.39	0.93	61
	C	2.60	1.08	58
	2C	2.61	1.47	44

TABLA III

Características físicas de los suelos de la secuencia Xiabre

Perfil	Hor.	Análisis granulométrico				Textura
		2 - 02 mm.	0,2 - 0,02 mm.	0,02 - 0,002 mm.	< 0,002 mm.	
1299	Au1	50.81	31.81	11.61	5.77	A. franco
	Au2	43.57	33.33	7.89	15.21	franco A.
	Au3	48.89	32.23	6.55	12.33	A. franco
	Au4	51.27	28.81	7.21	12.71	A. franco
	Au5	47.83	32.24	5.71	14.22	A. franco
	A/C	54.42	30.83	8.31	6.44	A. franco
	C	52.37	29.48	12.00	6.15	A. franco
1311	Au1	51.40	31.60	12.50	4.50	A. franco
		53.70	27.30	14.50	4.50	A. franco
	Au2	53.30	33.70	10.50	2.50	Arena
		51.40	38.60	8.50	1.50	Arena
	Au3	63.00	25.00	9.50	2.50	Arena
		60.90	26.10	9.50	3.50	Arena
	A/C	66.00	24.50	8.00	1.50	Arena
		69.00	22.50	7.00	1.50	Arena

Densidad y porosidad

Perfil	Hor.	Densidad real	Densidad aparente	Porosidad %
1299	Au1	2.31	0.96	58
	Au2	2.47	0.73	70
	Au3	2.26	0.80	65
	Au4	2.29	0.81	64
	Au5	2.36	1.20	49
	A/C	2.32	1.06	54
	C	2.32	1.34	42
1311	Au1	2.14	0.86	60
		2.36	0.99	58
	Au2	2.62	1.08	59
		2.40	1.30	46
	Au3	2.60	0.97	63
		2.61	1.20	54
	A/C	2.56	1.31	49
		2.40	1.37	43

TABLA IV

Características físicas de los suelos de la secuencia Cañizo

Análisis granulométrico						
Perfil	Hor.	2 - 0,2 mm.	0,2 - 0,02 mm.	0,02 - 0,002 mm.	<0,002 mm.	Textura
1424	Au1	33.26	33.12	19.57	14.05	franco A.
	Au2	47.48	28.32	12.21	11.99	franco A.
	Au3	55.34	28.71	5.67	10.28	A. franco
	C	65.97	24.93	3.59	5.51	Arena
1425	Au1	51.56	32.14	9.25	7.05	A. franco
	Au2	38.64	30.65	16.82	13.89	franco A.
	Au3	58.08	25.75	8.62	7.55	A. franco

Densidad y porosidad				
Perfil	Hor.	Densidad real	Densidad aparente	Porosidad %
1424	Au1	1.65	0.60	64
	Au2	2.27	0.92	59
	Au3	2.31	1.22	47
	C	2.46	0.98	60
1425	Au1	2.35	0.93	60
	Au2	2.12	1.08	49
	Au3	2.32	1.34	42

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS PERFILES

Método de estudio

El análisis granulométrico se realizó por el Método Internacional, siguiendo, al igual que para la determinación de las densidades real y aparente, los métodos descritos por Guitián y Carballas (1976).

La textura de los suelos se determinó siguiendo los criterios de la Soil Taxonomy (1975).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se expresan en las Tablas I-IV. El análisis granulométrico (Figs. 1-4) muestra que todos los suelos tienen

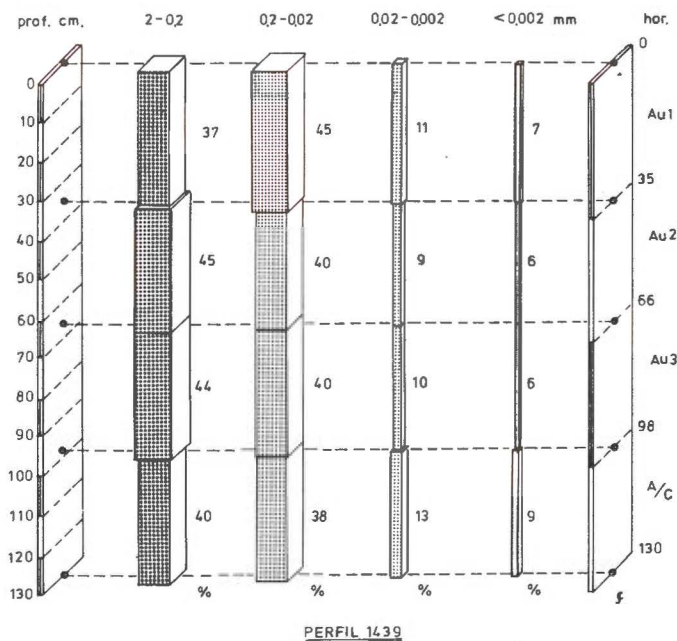
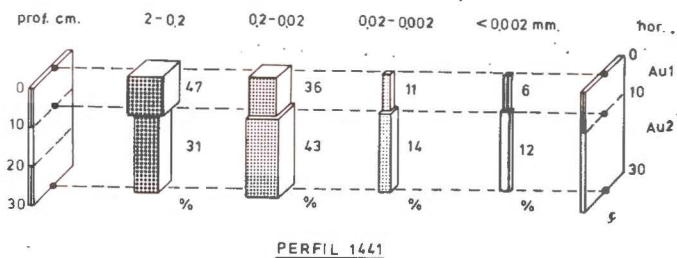


FIG. 1.—Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Cabo Silleiro.

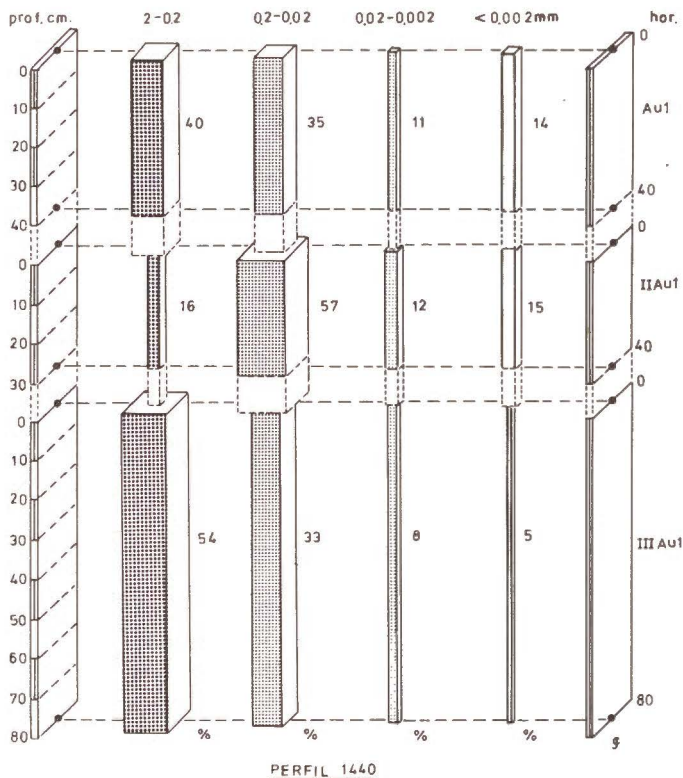


FIG. 1. (Cont.)—Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Cabo Silleiro.

contenidos bajos en arcilla y limo, estando constituidos en su mayor parte por arenas, ya que todos ellos presentan cantidades superiores al 60%, alcanzándose en algunos horizontes el 90% o más. Se observa una cierta tendencia a que la cantidad de arena se incremente en profundidad aunque existen horizontes intermedios que no siguen esta norma. Por otra parte, no existe tampoco una clara relación entre los contenidos de arena gruesa y arena fina, que presentan grandes variaciones dentro de los horizontes de un mismo suelo y de unos suelos a otros.

El análisis textural indica que se trata de suelos arenosos, por tanto faltos de cohesión y con drenaje excesivo, por lo que no pueden retener agua de reserva y tienen tendencia a sufrir sequía rápidamente.

Considerando los suelos por secuencias, se puede observar que en tres de ellas (Cabo Silleiro, Barbanza y Cañizo), los perfiles situados en la posición más alta de la ladera presentan una distribución normal de las distintas fracciones, mientras que los suelos que ocupan posiciones

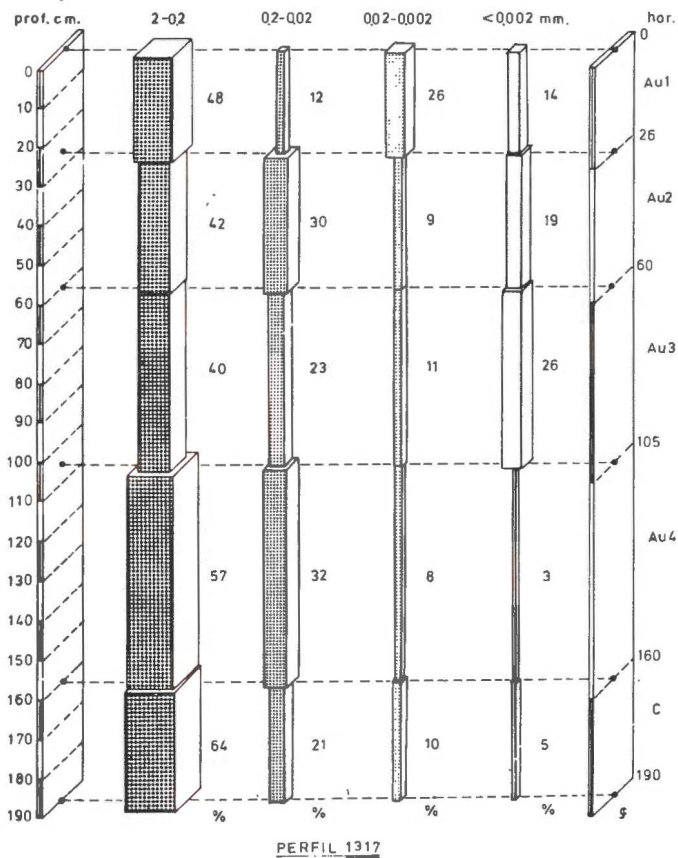
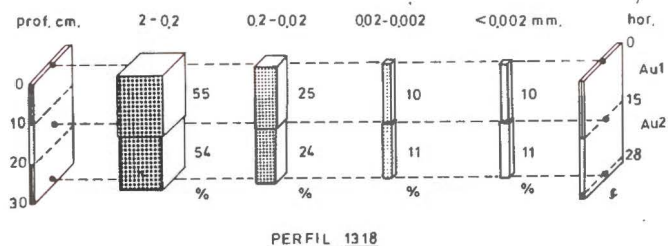


FIG. 2.— Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Barbanza.

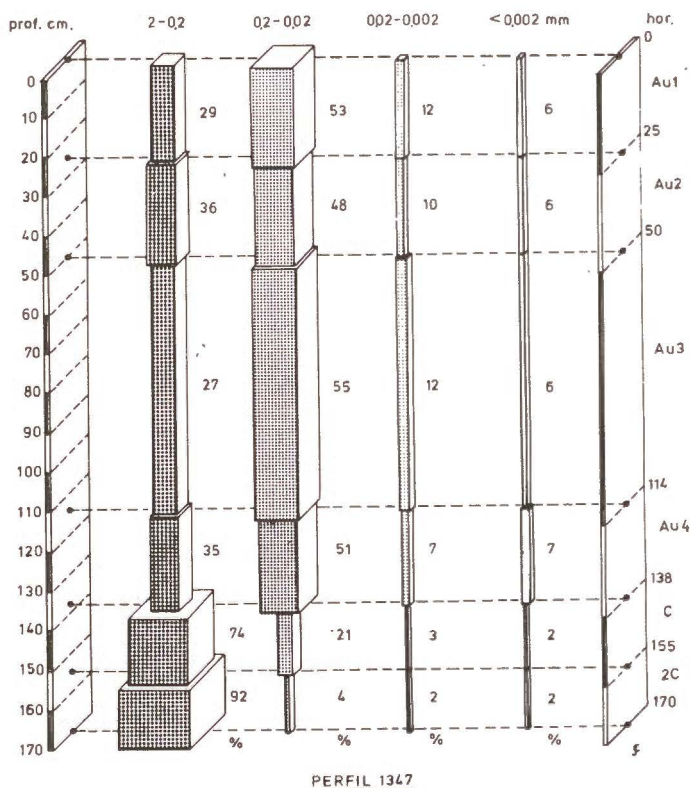
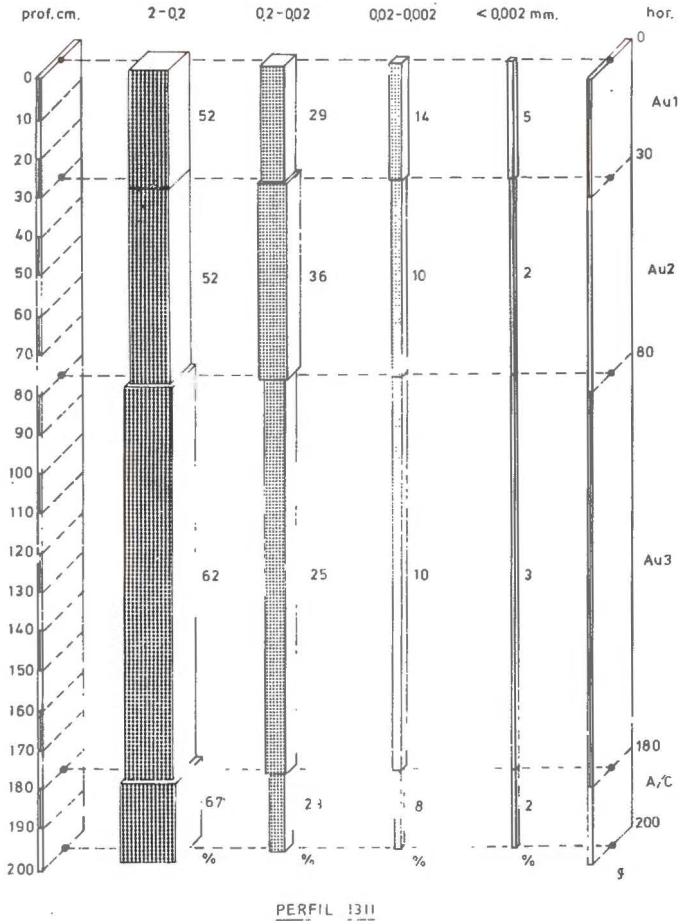


FIG. 2. (Cont.)—Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Barbanza.

medias o bajas presentan claras discontinuidades texturales en sus horizontes; asimismo, en la catena Xiabre, los dos suelos presentan también discontinuidades en la textura de sus horizontes, más claras en el perfil 1299 que en el 1311. En la mayoría de estos suelos estas discontinuidades se traducen en una inversión del perfil granulométrico, tal como lo describe Souchier (1971) al estudiar la evolución de los suelos sobre rocas cristalinas (granitos): “Disminución de las fracciones arenosas y gruesas de A hacia B/C aumentando luego hacia C”, quien lo define como uno de los índices físicos de coluvionamiento, junto con una porosidad fuerte y una densidad aparente débil (igual o inferior a 1,15).

Estas discontinuidades texturales corroboran otras encontradas por los autores en anteriores estudios sobre estos mismos suelos (Carballas et al., 1983a y b) e indican que los perfiles que ocupan las posiciones media y baja de las laderas se formaron por deposición de sucesivos tipos de materiales y, por tanto, tienen un origen alóctono, confir-



PERFIL 1311
 FIG. 3.—Perfiles granulométricos
 de los suelos de la secuencia
 Xiabre.

mándose la hipótesis de Guitian Ojea et al., (1968) y Múcher et al., (1972).

Según De Leenheer (1967) los valores de la densidad real, en la mayoría de los suelos, están próximos a 2,65, que es la densidad del cuarzo, cuando no existen carbonatos en cantidad importante o minerales pesados como limonita, hematita, etc. Este mismo autor indica que para suelos que contienen más de un 1% de materia orgánica hay que efectuar la corrección, $d = 2,65 - (0,02 \times \% M. O.)$.

Los valores experimentales obtenidos para los suelos estudiados (Tablas I-IV) oscilan entre 1,37 y 2,61 g/cc, estando los valores más frecuentes entre 2,20 y 2,61 g/cc. Estos valores no concuerdan con los obtenidos a partir de la expresión de De Leenheer; sin embargo, este mismo autor (De Leenheer y van Ruymbeke, 1960) indica que esta

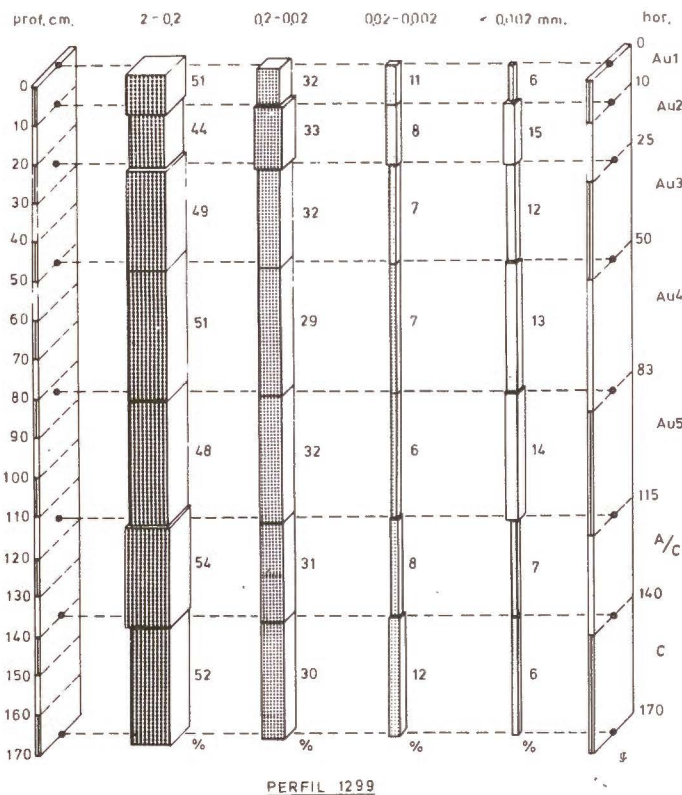


FIG. 3. (Cont.).—Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Xiabre.

relación no se cumple cuando el contenido en materia orgánica es superior al 5^o/o.

Por otra parte, todos los valores obtenidos concuerdan con los dados por Díaz-Fierros (1968) para horizontes ricos en materia orgánica de varios tipos de suelos de Galicia, entre ellos un perfil de Ranker atlántico.

Los valores de la densidad aparente (Tablas I-IV) obtenidos para los horizontes más ricos en materia orgánica son inferiores a 1 g/cc, mientras que en los horizontes profundos, en los que hay un menor porcentaje de materia orgánica y una mayor cantidad de arena, son superiores a 1 g/cc, llegando, en algunos horizontes clasificados texturalmente como arena, a ser muy elevados (1,37 g/cc).

En todos los suelos se observa un aumento de la densidad aparente desde los horizontes superficiales a los profundos; sin embargo, este incremento no es gradual en todos los perfiles sino que, en algunos, se produce una alternancia que no concuerda con el compor-

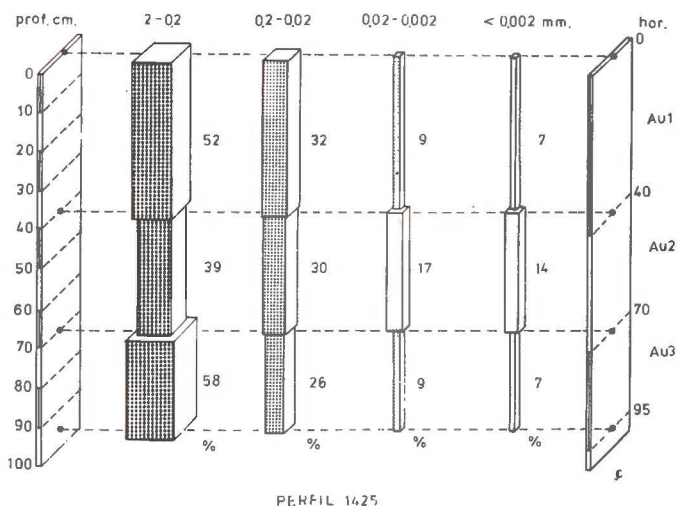
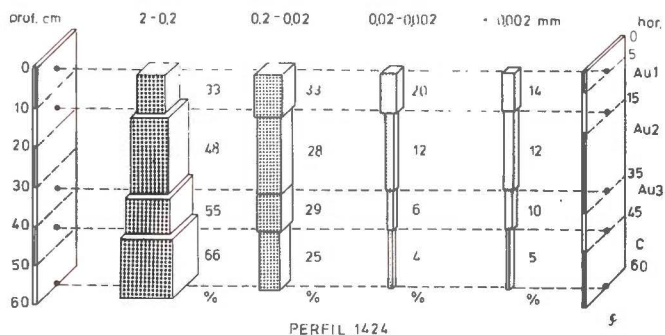


FIG. 4.—Perfiles granulométricos de los suelos de la secuencia Cañizo.

tamiento considerado como típico por diversos autores, entre ellos Díaz-Fierros et al. (1968) para quien la densidad aparente aumenta regularmente en profundidad por efecto de la mayor compactación y la disminución de la materia orgánica.

La relación entre la densidad real y la densidad aparente, es decir, la porosidad total de los suelos (Tablas I-IV) es muy variable entre los distintos horizontes oscilando entre 42% en los horizontes situados inmediatamente sobre la roca y 72% en los más superficiales, es decir, los que contienen más restos vegetales. Los valores más frecuentes se sitúan entre 50 y 70%, observándose una disminución de la porosidad en profundidad, pero no de una manera gradual, sino

que, como ocurría con la densidad aparente, esta disminución se produce de una forma alternante en la mayoría de los perfiles.

Si consideramos que la porosidad es un método indirecto de medir el tipo y estado de la estructura, según Bonneau et al. (1979), estos suelos tendrían una estructura grumosa estable que permite la circulación del aire y del agua fácilmente, favoreciendo además la vida de las raíces y la actividad biológica, estructura de la que hay que responsabilizar al humus, al Al^{+3} , catión que al unirse fuertemente a los coloides y estar poco hidratado provoca su floculación anulando sus cargas negativas, y al H^+ de la solución del suelo que favorece la floculación de los coloides electronegativos (Bonneau et al., 1979).

Al no haber efectuado medidas de pF no podemos conocer los valores de la porosidad capilar y no capilar; sin embargo, dado que todos los suelos poseen textura arenosa hay que pensar que la macroporosidad supera a la microporosidad, debido a la forma irregular de los granos de arena y a su disposición poco apretada.

Finalmente, creemos necesario destacar nuevamente el hecho del aumento de la densidad aparente en profundidad, de una manera totalmente irregular en algunos perfiles, que hay que relacionar con el origen alóctono de algunos de los suelos estudiados puesto que el fenómeno se produce en los suelos situados en las posiciones media y baja de todas las secuencias estudiadas. A esto habría que añadir que los valores obtenidos para la densidad aparente son, en estos suelos, inferiores a 1,15 g/cc y que la porosidad es bastante elevada, características que Souchier (1971) considera también como un índice físico de coluvionamiento, tal como indicamos anteriormente.

CONCLUSIONES

Las características físicas de los suelos estudiados indican que todos son arenosos (Tablas I-IV), con una cantidad de arena gruesa y arena fina superior al 60% que alcanza en algunos horizontes, el 90%; con poca arcilla y algo más de limo; son, por tanto, suelos faltos de cohesión, con drenaje excesivo, por lo que tienden a secarse rápidamente.

Los valores de la densidad real y de la densidad aparente son bajos y la porosidad variable, pero siempre bastante elevada, característica que algunos autores consideran, junto con las oscilaciones que experimentan estos valores, como un índice físico de coluvionamiento.

El efecto de coluvionamiento se puede constatar igualmente en el análisis granulométrico ya que, en todos los suelos profundos (perfiles 1439, 1440, 1317, 1347, 1299, 1311 y 1425) aparecen claras discontinuidades y, en general, se presenta una inversión del perfil granulométrico, es decir, disminución de la fracción arena de A hacia B/C y aumento de B/C hacia C_1 , fenómeno considerado también como un índice físico de coluvionamiento.

RESUMEN

Del estudio de las propiedades físicas de diez suelos de perfil AC, agrupados en secuencias en cuatro zonas graníticas de Galicia (N. O. de España), se deduce que son suelos arenosos, con un elevado contenido de arena en algunos subhorizontes, baja densidad real y aparente y porosidad muy variable.

Finalmente se deduce que algunos de los perfiles estudiados presentan, en sus propiedades físicas, claros índices de coluvionamiento, tales como la inversión del perfil granulométrico, densidad aparente baja (inferior a 1.15 g/cc) y porosidad muy variable entre los distintos subhorizontes.

BIBLIOGRAFIA

- BONNEAU, M., LEVY, G., 1979. Assemblage et organisation physique des particules. In: M. Bonneau et B. Souchier, *Pedologie* 2. Masson et cie. (editeurs), Paris, 459 pp.
- CARBALLAS, M., GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS, T., 1983a. Suelos AC sobre granitos de Galicia con especial referencia al Ranker Atlántico. I. Factores de formación y morfología. *An. Edafol. Agrobiol.* XLII, 1067-1100.
- CARBALLAS, M., GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS, T., 1983b. Suelos AC sobre granitos de Galicia (N. O. de España) con especial referencia al Ranker Atlántico. II. Propiedades químicas. *An. Edafol. Agrobiol.* XLII, 1485-1497.
- DE LEENHEER, L., 1967. Considerations critiques sur la valeur des resultats de la determination de la porosité totale et la distribution des pores du sol. *Pedologie*, 17: 123-152.
- DE LEENHEER, L., VAN RUYMBEKE, M., 1960. Monografie der Zeepolders. *Medelingen Landbouwhogeschool Ghent*, 25: 1-416.
- DIAZ-FIERROS, F., GUITIAN OJEA, F., 1968. Propiedades físicas de los principales tipos de suelos gallegos. *An. Edafol. Agrobiol.*, 27: 533-546.
- FRANZ, H., 1956. Drei Klimabedingte Ranker-subtypen Europas. VI.eme Congr. Int. Sci. du Sol Paris, E: 135-141.
- GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS, T., 1968. Suelos de la zona húmeda española. III. Ranker Atlántico. *An. Edafol. Agrobiol.*, 27: 57-73.
- GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS, T., 1976. Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela (2.ª edición). 228 pp.
- KUBIENA, W. L., 1953. Claves sistemáticas de suelos. CSIC, Madrid, 382 pp.
- MUCHER, H. J., CARBALLAS, T., GUITIAN OJEA, F., y otros, 1972. Micromorphological analysis of effects of alternating fases of landscape stability and inestability on two profiles in Galicia, NW Spain. *Geoderma*, 8: 242-265.
- SOUCHIER, B., 1971. Evolution des sols sur roches cristallines a l'etage montagnarde (Vosges). *Memoire du Service de la Carte Geologique d'Alsace et Lorraine, CNRS, Strasbourg*, 131 pp.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil Taxonomy. Soil conservation service. Agriculture Handbook. n.º 436. Washintong DC. 754 pp.

Recibido para publicación: 18-VII-83.

FERTILIDAD DEL SUELO

EVALUACION DEL POTENCIAL FERTILIZANTE DE UN COMPOST DE BASURA URBANA. EFECTO SOBRE GERMINACION Y RENDIMIENTOS SECUENCIALES EN COSECHA.

Por

R. NOGALES*, M. A. ZAMORA, M. GOMEZ y F. GALLARDO-LARA

U.E.I. de Química Agrícola y Fisiología Vegetal, Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.). Granada.

SUMMARY

ASSESSING THE FERTILIZER VALUE OF A TOWN REFUSE COMPOST. EFFECT ON SEED GERMINATION AND SEQUENTIAL HARVESTS

The work reported here was conducted to examine: (1) the effect of applied city refuse compost on seed germination and (2) the effect of added compost and other mineral complements on the yield response of ryegrass sequentially harvested.

Regarding the first objective extracts from soil with increasing rates of compost additives, were assayed on seed germination. A depressive effect on germination was recorded, showing the following increase order of sensibility: barley ryegrass-bean-tomato.

Concerning the second objective, compost application promoted an increase of yield of ryegrass, and the extent of the same was 36% as compared with the control. The fertilizer effect of compost was improved by added nitrogen complements.

INTRODUCCION

Tradicionalmente la explotación agraria ha ido unida a la ganadera y ello ha supuesto que muchos suelos de cultivo han visto potenciada su fertilidad a través de la utilización de estiércol, principalmente por la capacidad de este producto para aportar macro y micronutrientes (Atkinson et al. 1958; Garner, 1966), así como materia orgánica (Kolebrander, 1974). Sin embargo, la escasez de éste producto es cada vez mayor y ello plantea la necesidad de buscar sustitutivos del mismo, principalmente en regiones como la nuestra, donde frecuentemente los niveles de materia orgánica en suelo son muy bajos. En la Estación Experimental del Zaidín, desde hace tiempo, se viene trabajando sobre este problema, prestándole atención a diferentes productos tales como turba, paja abono verde y compost de basuras urbanas (Gallardo-Lara et al., 1979-80; Nogales et al., 1982).

El interés de este último subproducto, contrariamente al de los otros

* Departamento de Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.

mencionados, radica en el carácter inagotable y bajo costo de su materia prima, así como en el obtener un beneficio de residuos de alto poder contaminante.

Aunque en ocasiones la evaluación de la capacidad fertilizante de los composts de basura urbana queda reducida a simples determinaciones analíticas que únicamente dan una idea acerca de su composición en nutrientes, materia orgánica y otras características de fertilidad (Ganapini et al., 1979; Juste, 1980; Clairon et al., 1982), es más frecuente, sin embargo, estudiar la mayor o menor eficiencia de estos materiales mediante la realización de ensayos de germinación, o bien ensayos de invernadero o campo con objeto de evaluar los rendimientos de cosecha obtenidos. Bajo este punto de vista, generalmente los resultados han sido positivos, obteniéndose incremento de cosecha en una gran variedad de cultivos: patatas (Trenel, 1961; Fioromanty y Marty, 1966); tomates (Vlamiš y Williams, 1971); tabaco (Duggan, 1973); maíz (Zobac y Vana, 1974); remolacha (Schneider, 1974); col (Wong et al., 1983).

Esta serie de circunstancias, nos han inducido a realizar el presente trabajo que tiene un doble objetivo: por una parte, estudiar el efecto de un compost de basuras urbanas sobre la germinación de cuatro especies vegetales; y, por otra, estudiar el efecto de la aplicación de dicho compost, bien solo o suplementado con diversos complementos minerales, sobre los rendimientos en cosecha de un cultivo de ryegrass. El material vegetal recolectado será posteriormente analizado con objeto de determinar su contenido en macro y micronutrientes, y establecer la repercusión que tienen estos subproductos sobre la disponibilidad de nutrientes para la planta.

MATERIAL Y METODOS

Material orgánico y suelo utilizado.

El material empleado en las experiencias fué compost de basura urbana de la ciudad de Granada obtenido en la planta transformadora que "SERCONSA" tiene en las inmediaciones de nuestra ciudad. Las determinaciones analíticas del mismo se expresan a continuación: pH: 7,1; C org.: 25,52%; N: 1,40%; P: 0,38%; S: 0,26%; K: 0,65%; Ca: 8,72%; Mg: 0,80%; CE_{25} : 31,50 mMhos/cm; Humedad: 41%.

Se utilizó el horizonte Ap de un Fluvisol calcáreo de la vega alta del Genil, con las siguientes determinaciones analíticas y texturales: pH: 7,5; M.O.: 1,64%; N: 125,30 mg/100 g; P_2O_5 : 43,51 mg/100 g; K_2O : 18,75 mg/100 g; Carbonatos: 15,75%; CE_{25} : 1 mMhos/cm; CEC($AcNH_4$): 9,74 meq/100 g; Arena 41,10%; Limo: 42,20%; Arcilla: 16,70 g%.

Las determinaciones anteriormente mencionadas se realizaron de acuerdo a la metodología descrita por Lachica et al., 1965-73, Jackson, 1970 y Cadahia, 1971.

Experimento de germinación.

Se prepararon ocho tratamientos (Tabla I) constituidos por: suelo, compost y mezclas de ambos materiales, obteniéndose posteriormente los correspondientes extractos de saturación, que fueron las soluciones empleadas en los ensayos de germinación. Un tratamiento con agua destilada se utilizó como testigo (T).

TABLA I
Composición de los tratamientos efectuados.

	Tratamientos								
	T	S	S-10C	S-15C	S-20C	S-25C	S-50C	S-75C	C
% de compost adicionado.	—	—	10%	15%	20%	25%	50%	75%	100%
CE ₂₅ (mMhos/cm)	—	1	6,75	6,95	9,25	11,30	16,25	24,20	31,50

Las especies vegetales ensayadas fueron las siguientes: Judía (*Phaseolus vulgaris*, L. cv. Garrafal); Ryegrass (*Lolium perenne*, L. cv. Argo); Cebada (*Hordeum vulgaris*, L. cv. Monlon) y Tomate (*Lycopersicon sculentum*, L. cv. Marglobe).

El ensayo de germinación se realizó en placas petri de 9 cm. de diámetro, provistas en el fondo de un papel Watzman n.º 1, sobre el que se adicionó una determinada cantidad de extracto. A continuación, se colocaron un número adecuado de semillas de la correspondiente especie vegetal, que se recubrieron con otro papel humedecido con el extracto correspondiente. Para cada uno de los tratamientos se efectuaron tres repeticiones. Las placas petri fueron colocadas en una estufa de incubación a 28.º C hasta que se efectuó la lectura de resultados.

En la Tabla II se exponen esquemáticamente detalles relativos al número de semillas por placa, cantidad de líquido adicionado y tiempo de lectura de resultados para cada una de las especies vegetales estudiadas.

TABLA II
Detalles del planteamiento experimental.

	Especies vegetales.			
	Judía	Ryegrass	Cebada	Tomate
N.º de semillas por placa	10	50	25	50
Volumen adicionado por placa (ml)	8	4	3	4
Lectura de resultados (días)	9	7	4	7

Experimento de fertilidad.

Se efectuaron 19 tratamientos que se especifican a continuación: 1(T): suelo; 2(C): suelo + compost de basura urbana de la ciudad de Granada; 15 tratamientos más, en los que además del suelo y compost, se aplicaron complementos minerales de N, P, K, y S, bien considerados individualmente o en sus distintas combinaciones. Finalmente, se prepararon 2 tratamientos sin compost que, respectivamente, consistieron en suelo adicionado de los cuatro nutrientes minerales, en un caso, y, de los mismos más Ca y Mg en el otro. De cada tratamiento se efectuaron seis repeticiones.

El compost de basura urbana es aplicado al suelo en una dosis equivalente a 60 Tm/Ha, por haberse comprobado que ésta cantidad es sumamente eficiente (Gallardo-Lara et al., 1979).

Los nutrientes minerales añadidos lo fueron en cantidad equivalente al contenido de éstos en el compost.

La experiencia se llevó a cabo empleando macetas troncocónicas de PVC (baja densidad) de 2,5 l de capacidad, que tenían un drenaje y dispositivo para recoger las pérdidas por percolación. Dichas macetas se dispusieron según bloques de parcelas al azar. Cada maceta contenía 3 Kg de suelo, que se mezcló homogéneamente con la correspondiente dosis de compost o fertilizantes minerales y sin que se hiciera ninguna fertilización complementaria durante el desarrollo del experimento. Antes de sembrar cada una de las macetas ya preparadas, se cubren con 90 g de arena de cuarzo. Sobre esta capa se lleva a cabo la siembra a razón de 1000 semillas de ryegrass (*Lolium perenne*, L. cv. Argo) por maceta que a su vez se cubren con 190 g de arena. Se eligió el ryegrass por su facilidad para brotar después de sucesivos cortes

TABLA III

Condiciones de temperatura y humedad relativa durante el periodo de cultivo

	Temperatura °C		% Humedad relativa	
	Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna
Diciembre	24 ± 2	16 ± 1	60 - 70	80 - 90
Enero	25 ± 2	16 ± 1	60 - 70	80 - 90
Febrero	26 ± 1	16 ± 1	60 - 80	75 - 80
Marzo	24 ± 2	18 ± 1	60 - 80	75 - 80
Abril	26 ± 2	17 ± 2	60 - 80	75 - 80
Mayo	26 ± 3	17 ± 2	40 - 60	70 - 80
Junio	28 ± 2	18 ± 2	35 - 40	70 - 80
Julio	28 ± 2	18 ± 2	35 - 40	70 - 80

(Chaminade, 1966), así como por su tolerancia al compost, comprobada previamente en el experimento de germinación.

El riego con agua desionizada se hizo por subirrigación y únicamente durante los primeros estadios del experimento, hasta la germinación que se verificó entre los 7 y 9 días después de la siembra, se regó ligeramente la capa de arena con objeto de mantener la humedad.

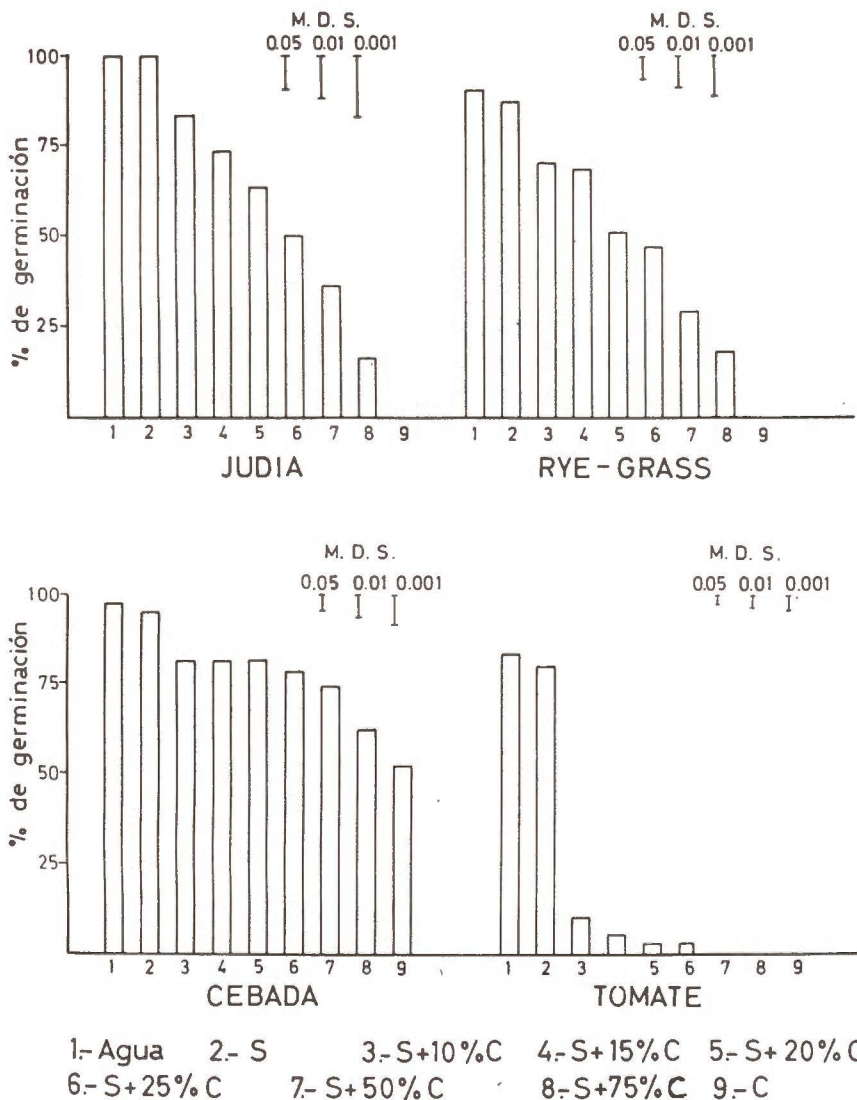


FIG. 1.— Evolución del índice de germinación.

El cultivo se efectuó bajo condiciones controladas de temperatura y humedad, siendo recolectado mensualmente hasta obtener un total de seis recogidas.

Las muestras vegetales recolectadas, correspondientes a cada tratamiento y repetición, se pesaron, obteniéndose el peso húmedo de ellas, e inmediatamente fueron secadas en estufa de corriente de aire forzado a 65.º C durante 24 horas y, posteriormente, se determinó el peso seco.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento de germinación.

En la Figura 1 se recoge la evolución del índice de germinación de las diversas especies vegetales ensayadas para cada uno de los tratamientos efectuados.

A la vista de los resultados expuestos en ella, se observa una respuesta variable para cada uno de los cultivos ensayados. Así, tanto la judía como el ryegrass muestran una tendencia similar, consistente en un descenso gradual del índice de germinación a medida que la cantidad de compost adicionada era mayor. Dicho descenso se hace especialmente significativo cuando se aplica un 25% de compost al suelo, inhibiéndose completamente la germinación cuando se emplea compost puro.

Por el contrario, la cebada presenta un grado de sensibilidad menor frente a dosis crecientes de compost, ya que únicamente cuando se aplica dicho material al 75% o en estado puro, promueve descensos significativos del índice de germinación. Esta elevada tolerancia al compost por parte de la cebada coincide con la alta capacidad que tiene dicha especie vegetal a soportar una elevada salinidad (Donovan y Day 1969), lo que confiere una gran capacidad para poder ser empleada como cultivo en suelos con una conductividad en extracto superior a 8 mMhos/cm que es el valor indicado por Jackson (1958) a partir del cual solamente plantas tolerantes pueden crecer satisfactoriamente.

Por último, el tomate es de las cuatro especies vegetales ensayadas, la que presenta una mayor sensibilidad, ya que desde dosis pequeñas de compost (10%) se advierte una drástica y significativa reducción de la germinación, llegándose a inhibir completamente cuando la mezcla de compost y suelo era al 50%. Esta sensibilidad por parte de este cultivo ha sido igualmente observado por Pérez et al. (1980) que utilizaban diversas diluciones de alpechín y debe ser explicado en función a la escasa tolerancia que posee el tomate al contenido de sales en el suelo (Bernstein, 1958).

Globalmente, los resultados que venimos comentando, se encuentran en línea con los observados por otros autores (Hortenstine y Rothwell, 1969; Hunt et al., 1973; Volk et al., 1973) que empleaban compost de basura urbana aunque sus experiencias se llevaron a cabo con otras especies vegetales. Dichos resultados ponen de manifiesto el posible efecto perjudicial que puede ocasionar la fertilización con dosis elevadas y continuas de compost de basura urbana que, además de promover un incremento de elementos tóxicos en el suelo (Giordano y Mays,

1977; Mohr, 1979 a, b), puede aumentar su salinización, especialmente si en dicho suelo existe un mal sistema de drenaje (Stewart y Meek, 1977), tal como ha sido observado con otros abonos eminentemente orgánicos, como estiércol de vaca (Wallingford et al., 1977) y estiércol de cerdo (Shortall y Liebhardt, 1975).

Experimento de rendimiento en cosecha.

En la Tabla IV se recogen los resultados correspondientes a cosecha a lo largo de la experiencia para cada uno de los tratamientos ensayados.

TABLA IV

Crecimiento (cosecha) de parte aérea de ryegrass (lolium perenne L. cv. Argo) expresado en gramos de peso seco. Valor medio de seis repeticiones.

Tratamientos	Recogidas					
	1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	5. ^a	6. ^a
1 T	3,46	3,53	2,52	1,57	0,97	1,01
2 C	3,23	4,78	3,88	2,41	1,83	1,49
3 CN	4,27	5,08	5,55	5,76	2,52	1,43
4 CP	4,34	3,91	2,48	2,24	2,04	1,38
5 CK	3,91	3,45	1,88	1,78	1,79	1,48
6 CS	4,19	3,83	2,16	1,49	1,57	1,61
7 CNP	5,57	6,42	7,90	5,03	1,86	1,47
8 CNK	4,94	5,21	7,03	6,83	2,37	1,43
9 CNS	4,16	4,57	7,02	7,79	3,70	1,85
10 CPK	4,75	4,87	2,21	1,41	1,43	1,18
11 CPS	4,68	6,73	3,04	1,82	1,69	1,63
12 CKS	4,25	4,15	1,85	1,81	1,90	1,66
13 CNPK	5,52	7,19	6,51	3,11	2,11	1,77
14 CNPS	5,47	6,31	7,02	4,97	2,03	1,51
15 CNKS	4,35	5,92	6,61	4,74	2,11	1,58
16 CPKS	4,27	3,03	2,23	1,88	1,75	1,63
17 CNPKS	5,14	6,13	6,48	5,81	2,60	1,38
18 NPKS	5,02	5,78	6,49	3,52	1,70	1,55
19 NPKSCaMg	4,19	5,05	6,42	6,21	2,99	1,39
M.D.S. (0,05)	0,58	0,99	0,70	0,81	0,48	0,29

La adición exclusiva de compost (C) no provoca una respuesta positiva en el primer estadio del experimento, en relación al testigo (T), ya que incluso se observa una ligera depresión, aunque no significativa. Este mismo efecto, aunque de forma más ostensible, ha sido observado por otros autores al trabajar con materiales de esta naturaleza Horstentine y Rothwell, 1972; Purves y Mackenzie, 1974; Duggan y Wiles, 1976; Van Assche y Uyttbroeck, 1982).

En cambio, la aplicación de compost complementado por las diferentes combinaciones minerales sí da lugar a respuestas positivas frente al testigo, siendo significativas en la mayoría de las ocasiones. En este sentido destaca, de manera especial, la influencia de las combinaciones que llevan nitrógeno y fósforo, mostrándose esta apreciación en consonancia con lo encontrado por Grant et al. (1981) y Sartain y Dudeck (1982) en estudios de campo sobre pastizales de ryegrass.

Los tratamientos que llevan exclusivamente complementos minerales (NPKS) y (NPKSCaMg) superan significativamente tanto a (T) como a (C).

En recogidas posteriores, el tratamiento (C) supera significativamente a (T), lo que indica que dicho producto, tras un breve periodo de integración en el suelo, muestra una tendencia a promover un efecto de índole residual, atribuible a la gradual liberación de nutrientes asimilables.

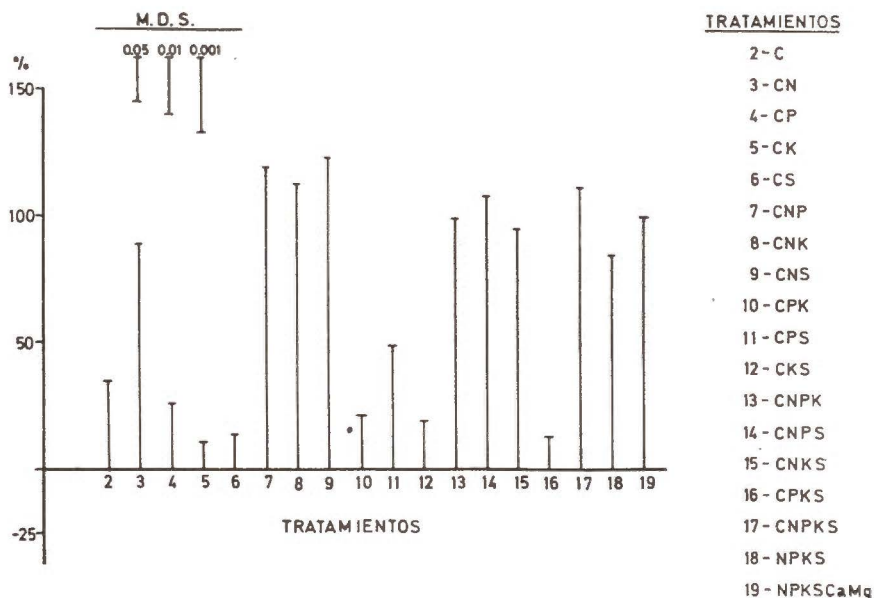


FIG. 2.— Incrementos porcentuales de cosecha respecto al testigo al final de la experiencia.

Los restantes tratamientos que llevan compost muestran dos tendencias claramente diferenciadas: de un lado, los que incluyen nitrógeno, provocan efectos significativamente positivos frente a (T) en todas las recogidas, y frente a (C) en la 2.^a, 3.^a y 4.^a, mientras que en las dos últimas los valores son similares o superan a (C) ligeramente. Estos hechos ponen de manifiesto que el nitrógeno resulta ser el principal factor limitante en este experimento, observación concordante con la experiencia que se posee acerca de que dicha especie vegetal responde significativamente a éste nutriente (Bartholomew y Chestnutt, 1977; Whitehead et al., 1978; Morrison, 1980; Sibma y Alberda, 1980).

Por otra parte, los tratamientos desprovistos de suplementos minerales nitrogenados, producen, salvo alguna excepción, (tratamiento CPS) en la 2.^a recogida, valores de cosecha inferiores a los del tratamiento (C) y en algunos casos respecto a (T).

Los tratamientos exclusivamente minerales, siguen una evolución similar a los tratamientos que llevan compost y nitrógeno, ya que superan a (T) en la 1.^a, 2.^a, 3.^a, 4.^a y 5.^a recogida y a (C) en la 1.^a, 3.^a y 4.^a, mientras que dan valores más elevados, en la mayoría de las recolecciones, que aquellos tratamientos que llevan compost y complementos minerales desprovistos de nitrógeno.

Finalmente, se han considerado, para cada uno de los tratamientos, los datos de cosecha acumulativa a lo largo de las seis recogidas, y en función de éstos, se han obtenido los incrementos porcentuales respecto a (T), tal como se muestra en la Figura 2.

El análisis de los resultados, desde esta perspectiva, coincide con los comentarios anteriores y así queda claramente reflejado que el tratamiento (C) promueve un incremento de cosecha de un 36%, que es significativo frente a (T).

Igualmente, los tratamientos que llevan compost y nitrógeno superan, de manera significativa, al tratamiento (C) y, en algunas ocasiones (CNP) y (CNS), a los exclusivamente minerales. Otra observación a destacar es que los suplementos a base de potasio, fósforo y azufre, tienden a deprimir, aunque no significativamente, la cosecha respecto a (C), con la excepción de (CPS) que da lugar a un efecto contrario al anterior, pero igualmente no significativo.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo Superior de Investigaciones Científicas la subvención prestada a este trabajo, que forma parte del programa 33020: "Aprovechamiento de residuos, I. Residuos orgánicos. Su aplicación a la Agricultura". Este agradecimiento se hace extensivo al coordinador de dicho programa Dr. Eloy Dorado Bernal por su continuo apoyo y estímulo a nuestro trabajo, e igualmente a SERCONSA por proporcionarnos el compost utilizado en el estudio, y a D. Antonio Melgar Porcel por su contribución al desarrollo experimental de invernadero.

RESUMEN

Se ha llevado a cabo el estudio de fertilidad centrado en un doble objetivo: De una parte, se ha analizado la influencia de un compost de basura urbana sobre la germinación de diferentes especies vegetales; y de otra, se ha investigado el efecto de su aplicación, solo ó complementado con fertilizantes minerales, sobre los rendimientos de cosecha de un ryegrass.

Extractos provenientes de mezclas de suelo y compost deprimen la germinación de las diferentes especies vegetales estudiadas, obteniéndose en orden creciente el siguiente grado de sensibilidad: Cebada-Ryegrass-Judfa-Tomate.

Por otra parte, la adición de este producto incrementa la cosecha de ryegrass, siendo dicho incremento de un 36% al final del experimento. Dicho efecto se ve potenciado cuando al compost se le suministran complementos minerales nitrogenados.

BIBLIOGRAFIA

- ATKINSON, H. J.; GILES, G. R. y DESJARDINS, J. G. (1958). Effect of farmyard manure on the trace element content of soils and of plants grown thereon. *Plant and Soil*, X, 1, 32-36.
- BARTHOLOMEW, P. W. y CHESTNUTT, M. B. (1977). The effect of a wide range of fertilizer nitrogen application rates and defoliation intervals on the dry-matter production, seasonal response to nitrogen, persistence and aspects of chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne*, cv. S. 24). *J. Agric. Sci. Camb.* 88, 711-721.
- BERNSTEIN, L. (1958). Salt tolerance of grasses and forage legumes. *U.S.D.A. Agr. Info. Bull.* 194.
- CADAHIA, C. (1971). Determinación semiautomática de azufre orgánico mineral en muestras agrícolas con aparato LECO. *Anal. Edaf. y Agrobiol.* XXX (7-8), 817-826.
- CLAIRON, M.; ZINSOU, C. y NAGOU, D. (1982). Etude des possibilites d'utilisation agronomique des composts d'ordures ménagères en milieu tropical. I. Compostage des ordures ménagères. *Agronomie* 2 (3), 295-300.
- DONOVAN, T. J. y DAY, A. D. (1969). Some effects of high salinity on germination and emergence of barley (*Hordeum vulgare*, L. emend Lam). *Agron. J.* 61, 236-238.
- DUGGAN, J. (1973). Utilization of municipal refuse compost. I. Field-scale compost demonstrations. *Compost Sci.* 14 (3).
- DUGGAN, J. C. y WILES, C. C. (1976). Effects of municipal and nitrogen fertilizer on selected soils and plants. *Compost Sci.* 15 (1), 26-30.
- FIOROMANTI, S. y MARTY, J. R. (1966). Contribution a l'étude de compost obtenu par fermentation des ordures ménagères de la ville de Toulouse. *Bull. Science du Sol*, 18-43.
- GALLARDO LARA, F.; AZCON, M.; GOMEZ, M. y ESTEBAN, E. (1979). Poder fertilizante de un compost de basura urbana. I. Capacidad de suministro de macronutrientes. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, XXXVIII (9-10), 1747-1764.
- GALLARDO LARA, F.; VITORINO, B.; AZCON, M. y OCAMPO, J. A. (1980). Utilización de diversos residuos de leguminosas como abono verde. I. Efecto sobre los nutrientes N, P y S. *Anal. Edaf. y Agrobiol.* XXXIX (5-6), 923-934.
- GANAPINI, W.; PARIS, P. y RABOTTI, A. (1979). Produzione e verifica agronomica di compost da rifiuti solidi urbani e reflui ad elevato carico organico. En "Atti del Seminario Utilizzazione in Agricoltura dei prodotti di risulta degli impianti di trattamento urbani". 229-266. Ed. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Roma.
- GARNER, H. V. (1966). Comparisons of farmyard manure, sewage sludge, and other organic manures tested on potatoes and a succeeding cereal crops at Rothamsted. *J. Agric. Sci., Camb.* 67, 267-280.

- GRANT, D. A.; LUSCOMBE, P. C. y THOMAS, V. T. (1981). Responses of ryegrass, browntop, and an unimproved resident pasture in hill country, to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers. I. Pasture production. *New Zealand J. Exp. Agric.*, 9, 227-236.
- HORTENSTINE, C. C. y ROTHWELL, D. F. (1969). Evaluation of composted municipal refuse as a plant nutrient source and soil amendment on Leon fine sand. *Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, 29, 312-319.
- HORTENSTINE, C. C. y ROTHWELL, D. F. (1972). The use municipal compost in reclamation of phosphate-mining sand tailings. *J. Environ Quality*, 1 (4), 415-418.
- HUNT, P. G.; HORTENSTINE, C. C. y ENO, C. F. (1973). Direct and indirect effect of composted municipal refuse on plant seed germination. *Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, 32, 92-95.
- JACKSON, M. L. (1970). Análisis químico de suelos. Traducido por el Prof. Dr. José Beltrán Martínez. Ed. Omega, S.A. 662 pp. Barcelona.
- JUSTE, C. (1980). Avantages et inconvenients de l'utilisation des composts d'ordures ménagères comme amendement organique des sols on supports de culture. *Jornadas Internacionales sobre el compost*, 15 pp. Madrid.
- KOLEBRANDER, G. J. (1974). Efficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. *Trans. 10 th. Int. Congr. Soil Sci.*, 2, 129-136.
- LACHICA, M.; RECALDE, L. y ESTEBAN, E. (1965). Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, XXIV (9-10), 589-610.
- LACHICA, M.; AGUILAR, J. y YAÑEZ, J. (1973). Análisis foliar. Métodos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, XXXII (11-12), 1033-1047.
- MOHR, H. D. (1979a). Effect of garbage-sewage sludge compost on the heavy metal content of vineyard soils, grapevine organs and must. *Weinber Keller* 26 (8), 333-344.
- MOHR, H. D. (1979b). Which risks are connected with use of heavy metal containing composted household refuse in viticulture?. *Kali-Briefe* 14 (12), 781-789.
- MORRISON, J. (1980). The growth of lolium perenne response to fertilizer N in relation to seasonal and management. *En Proceeding of the XIII International Grassland Congress Leipzig*. Ed. E. Wojahn y H. Thöns. Vol. II 943-946. Akademie-Verlag, Berlin.
- NOGALES, R.; GALLARDO-LARA, F. y DELGADO, M. (1982). Aspectos físico-químicos y microbiológicos del compostaje de basuras urbanas. *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, XLI (5-6), 1159-1174.
- PÉREZ, J. D.; GALLARDO-LARA, F. y ESTEBAN, E. (1980). Aspectos a considerar en el empleo de alpechín como fertilizante. I. Evaluación de sus efectos fitotóxico e inhibidor de la germinación de semillas. *Cuad. Ciencias Biológicas*, 6-7, 59-67.
- PURVES, D. y MACKENZIE, E. J. (1974). Phytotoxicity due to boron in municipal compost. *Plant and Soil*, 40, 231-235.
- SARTAIN, J. B. y DUDECK, A. E. (1982). Yield and nutrient accumulation of timothy bermudagrass and overseeded ryegrass as influenced by applied nutrients. *Agronomy J.*, 74 (3), 488-491.
- SCHNEIDER, F. (1974). Wirkung unter verschiedlich gerteter stadkomposte auf die Pflanzenerträge bei periodischer anwendung als organischer Dünger. *Arch. Acker- u Pflanzenbau u. Bodenkd.*, 18 (10), 747-758.
- SHORTALL, J. G. y LIEBHARDT, W. C. (1975). Yield and growth of corn as affected by poultry manure. *J. Environ Quality* 4, 186-191.
- SIBMA, L. y ALBERDA, T. H. (1980). The effect of cutting frequency and nitrogen fertilizer rates on dry-matter production, nitrogen uptake and herbage nitrate content. *Neth. J. Agric. Sci.*, 28, 243-251.
- STEWART, B. A. y MEEK, B. D. (1977). Soluble salt considerations with waste application. *En Soil for management of organic wastes and waste waters*, 219-234. SSSA, ASA, CSSA, Madison, Wisconsin.
- TRENEL, M. (1961). Zur Bodenverbesserung durch Torf, verratteten Müll und Klärschlamm. *Albrecht-Thaer-Arch.*, 5, 199-215.
- VAN ASSCHE, C. V. y UYTTEBROECK, P. (1982). Demand, supply and application possibilities of domestic waste compost in agriculture and horticulture. *Agricultural wastes*, 4, 203-212.
- VLAMIS, J. y WILLIAMS, D. E. (1971). Utilization of municipal organic wastes as agricultural fertilizers. *California Agric.*, 25, 7-9.
- VOLK, B. G.; SNYDER, G. M.; GASHO, G. J. y HENDERSON, P. H. (1973). Cropland disposal of hydropulped municipal refuse. I. A greenhouse and growth chamber evaluation. *Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, 32, 95-99.
- WALLINFOR, G. W.; POWERS, W. L.; MURPHY, L. S. y MANGES, H. L. (1977). Salt accumulation in soil as a factor for determining application rates of beef-feedlot manure and la-

- goon water. En Land as a waste management alternative. Ed. R.C. Loehr. 713-726. Ann. Arbor Science, Michigan, Wisconsin.
- WHITEHEAD, D. C.; JONES, L. H. F. y BARNES, P. J. (1978). The influence of fertiliser N plus K on N, S and other mineral elements in perennial ryegrass at a range of sites. *J. Sci. Fd. Agric.*, 29, 1-11.
- WONG, M. H.; MOK, C. M. y CHU, L. M. (1983). Comparisons of refuse compost and activated sludge for growing vegetables. *Agricultural Wastes* 6, 65-76.
- ZOBAC, J. y VANA, J. (1974). The agronomical affectiveness of industrially produced compost in dependence on the technology of production. *Rostlinná Vyroba*, 20 (9), 931-939.

Recibido para publicación: 8-II-84.

METODOS RAPIDOS PARA LA CARACTERIZACION DEL PURIN DE VACUNO (1)

Por

M. C. VILLAR*, F. DIAZ-FIERROS**, A. CABANEIRO*, M. C. LEIROS**,
F. GIL SOTRES**, M. CARBALLAS*** y T. CARBALLAS*, con la
colaboración técnica de J. SALMONTE* y R. LOPEZ*

SUMMARY

QUICK METHODS OF ESTIMATING THE VALUE OF CATTLE SLURRIES AS FERTILIZER

Comparison of various quick methods of estimating the value of cattle slurries as fertilizer shows the best of those tried to be measurement of the density of the slurry and measurement of the proportion passing through a 1 mm mesh. For practical purposes, it seems sufficient to divide slurries in four classes on the basis of their dry matter content.

INTRODUCCION

El purín de vacuno, material utilizado actualmente como alternativa a la fertilización orgánica clásica a base de estiércol, presenta una extraordinaria heterogeneidad en su composición (Tunney, 1978; Leirós de la Peña et al., 1983), por lo que su adición al suelo sin ningún tipo de control o caracterización previa, presenta riesgos indudables que, con mucha frecuencia, se traducen en un despilfarro de fertilizantes o incluso en una inhibición del crecimiento de las plantas, y también en problemas de contaminación.

En general, tal como se puso de manifiesto en trabajos anteriores (Tunney, 1978; Villar Celorio et al., 1981; Leirós de la Peña et al., 1983), se pueden esperar variaciones en el contenido en sustancias fertilizantes del orden del 200%; es preciso, por lo tanto, realizar la caracterización de dicho producto antes de su adición al suelo para no incurrir en graves errores de dosificación. Un análisis completo del purín sería sin duda el método de elección; sin embargo, esto no siempre le resulta factible al agricultor y, por consiguiente, es necesario poner a su disposición, métodos sencillos que le permitan, con cierta seguridad y rapidez, conocer las unidades de fertilizante a añadir.

(1) Este trabajo forma parte del proyecto n.º 3365-79 "Aprovechamiento de materiales orgánicos residuales como fertilizantes en la agricultura gallega", subvencionado por la CAICYT.

* Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, del CSIC.

** Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia de Santiago.

*** Cátedra de Edafología de la Facultad de Biología de Santiago.

En principio se considera que el contenido en materia seca es el parámetro principal que controla la composición del purín, pudiendo relacionarse con éste, el contenido de los elementos fertilizantes (Tunney, 1978; Villar Celorio et al., 1981). Por otra parte, el contenido en materia seca se encuentra bien correlacionado con la densidad, y como la medida de este parámetro es sencilla y puede realizarse en el campo, fué propuesta por diferentes autores (Tunney et al., 1975; Villar et al., 1981; Leirós de la Peña et al., 1983) como un método adecuado para la caracterización del purín en el campo.

En el presente trabajo se comparan tres métodos rápidos de caracterización del purín, basados en este principio, aplicándolos a los purines procedentes de explotaciones ganaderas gallegas, cuya composición había sido estudiada previamente (Leirós de la Peña et al., 1983).

MATERIAL Y METODOS

Se recogieron purines de 42 explotaciones de ganado vacuno, realizando tres muestreos de los mismos a lo largo de un año (Leirós de la Peña et al., 1983).

Se determinó la densidad, siguiendo el método indicado por la F.A.O. (Vermes, 1980), con un densímetro graduado en milésimas, de 1,000 a 1,010. El purín se introduce en una probeta de 1.000 ml y se agita durante un minuto, procediendo a continuación a la medida. Cuando la densidad del purín es tan elevada que impide la penetración del bulbo del densímetro, es preciso realizar diluciones sucesivas, que después se tienen en cuenta en el cálculo.

La materia seca se determinó a 110° C, según preconiza la F.A.O. (Vermes, 1980), manteniendo el purín en una estufa a esta temperatura hasta peso constante, y se comparó con la materia seca determinada a 60° C, en estufa a esta temperatura durante 24 horas.

Se utilizó también el método indirecto de medida de la densidad citado por Van der Hoek (1978), que consiste en la tamización de 250 ml de purín a través de una malla de 1 mm, recogiendo el volumen de líquido que pasa por el tamiz, valor que está inversamente relacionado con la densidad de los purines.

Por último, se ensayó un método visual alternativo, que consiste en la estimación de la cantidad de material que queda retenido en el tamiz utilizado en el método anterior (*).

El contenido en nitrógeno total e inorgánico de las muestras se analizó por el método de Bremner (1965).

RESULTADOS

Fundamento de los métodos

Relación entre materia seca y elementos fertilizantes

Para dar una base científica a los métodos que se proponen, es necesario, en primer lugar, establecer la relación que existe entre materia

(*) Los resultados se refieren a un tamiz de 20 cm de diámetro

seca y elementos fertilizantes y, en segundo lugar, demostrar la relación entre materia seca y densidad.

En el primer caso, hemos elegido el nitrógeno como principal elemento fertilizante del purín y agrupando los datos por clases según su contenido en materia seca, los relacionamos (Fig. 1) con el contenido en nitrógeno inorgánico (responsable fundamental del valor fertilizante del purín a corto plazo) y con el nitrógeno total (responsable del comportamiento a largo plazo) (Sluijmans et al., 1976), expresados en porcentaje de materia seca. Tal como se observa en la figura, los resultados indican que existe una buena relación entre los valores de ambas formas de nitrógeno y el contenido en materia seca del purín. Por otro lado, si esos mismos resultados se expresan como cantidades de

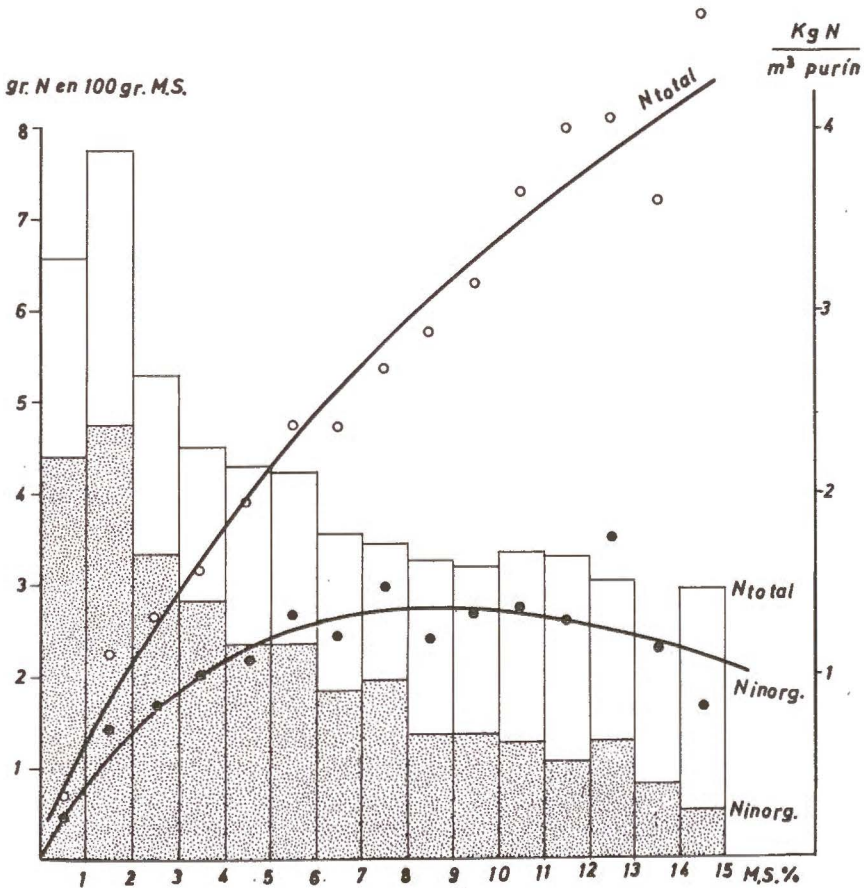


FIG. 1.— Relación entre las distintas formas de nitrógeno (total e inorgánico) y el contenido en materia seca en purines de vacuno de explotaciones ganaderas gallegas.

nitrógeno total o inorgánico por m^3 de purín, se obtienen las curvas trazadas en la misma figura, que reflejan igualmente las buenas correlaciones que se establecen con la materia seca. Otros autores (Tunney, 1978) demostraron también la relación que se establecía entre este parámetro y otros nutrientes. En consecuencia, parece demostrado el valor predictivo que presenta el contenido en materia seca de los purines y, por lo tanto, la importancia de su valoración.

La determinación de la materia seca a $60^{\circ} C$ es el método obligado cuando el material desecado va a ser utilizado para el análisis de otros elementos, fundamentalmente el carbono y sus derivados. En los demás casos, se aconseja su determinación a $110^{\circ} C$, temperatura única a la que se elimina toda el agua no constitucional del producto y supone, por lo tanto, un estado de referencia perfectamente caracterizado. No obstante, en las muestras analizadas, los contenidos en materia seca obtenidos con tratamientos a 60 y a $110^{\circ} C$, son (Tabla I), o bien coincidentes o las diferencias entre ambos son tan pequeñas que pueden considerarse equivalentes.

Relación entre materia seca y densidad

Esta relación fué establecida, entre otros, por Tunney et al (1975) para purines de cerdo y por Tunney (1978), quien, basándose en ella, propuso la medida indirecta de la materia seca mediante un densímetro que da directamente el % de materia seca.

En nuestro caso, la relación entre densidad y materia seca viene dada por una recta (Fig. 2), cuya pendiente es ligeramente diferente a la establecida por Tunney en 1978 (Fig. 2). El coeficiente de correlación entre los valores de ambos parámetros ($r = + 0,8240$, significativa al 1%), permite realizar la determinación de la densidad con un error de $\pm 30\%$ en el 94% de los casos, lo que justificaría la utilización de este método como una medida aproximada del contenido en materia seca del purín y, dada la sencillez de su determinación, la de su posible uso en el campo como medida predictora del valor fertilizante de los purines.

Análisis de los métodos que se proponen

Medida directa de la densidad

Se mide la densidad con el densímetro, tal como se indicaba anteriormente (o por el método de Tunney) y después de transformar este valor en materia seca (Fig. 2), se determinaría el contenido en nitrógeno (Fig. 1).

Este método tiene algunos inconvenientes: en primer lugar hay que realizar la medida inmediatamente después de agitar el purín, de tal forma que éste se encuentre perfectamente homogeneizado pero no presente corrientes de turbulencia que falseen la determinación, y, en segundo lugar, cuando la densidad del purín es superior a 1,030, el densímetro penetra con dificultad en el material, a causa de la viscosidad del purín, por lo que es necesario realizar diluciones que introducen una nueva fuente de error y variabilidad. De hecho, los puntos con

TABLA I

Valores del contenido en materia seca de purines de vacuno, determinados a 60 y a 110° C, y relación entre ambos.

Purín n.º	M.S. (60° C)	M.S. (110° C)	M.S. (60° C)/M.S. (110° C)
	%	%	
1	1,13	1,05	1,076
2	0,70	0,71	0,986
3	6,02	5,96	1,010
4	1,95	1,91	1,021
5	0,78	0,81	0,963
6	3,96	3,43	1,155
7	1,77	5,83	0,990
8	7,04	7,11	0,990
9	5,78	5,73	1,009
10	6,02	6,08	0,990
11	5,75	5,51	1,044
12	2,46	2,58	0,953
13	5,94	5,73	1,037
14	8,05	7,95	1,013
15	10,58	10,77	0,982
16	2,93	3,30	0,888
17	8,87	8,86	1,001
18	3,56	3,12	1,141

densidades medidas mediante dilución, presentan una mayor dispersión con relación a la tendencia general establecida.

No obstante, bajo ciertas precauciones de tipo experimental y a falta de otro método más exacto, puede aceptarse éste como un método aproximado de dosificación del purín.

Medida indirecta de la densidad por tamización

Tal como se explicó en el apartado de material y métodos, consiste en tamizar un volumen determinado de purín.

La valoración de la densidad puede hacerse entonces por dos procedimientos:

a) Medida del volumen del líquido que pasa a través del tamiz.

Es un método igualmente sencillo y, por lo tanto, puede ser también utilizado en el campo. Los valores obtenidos con este método en

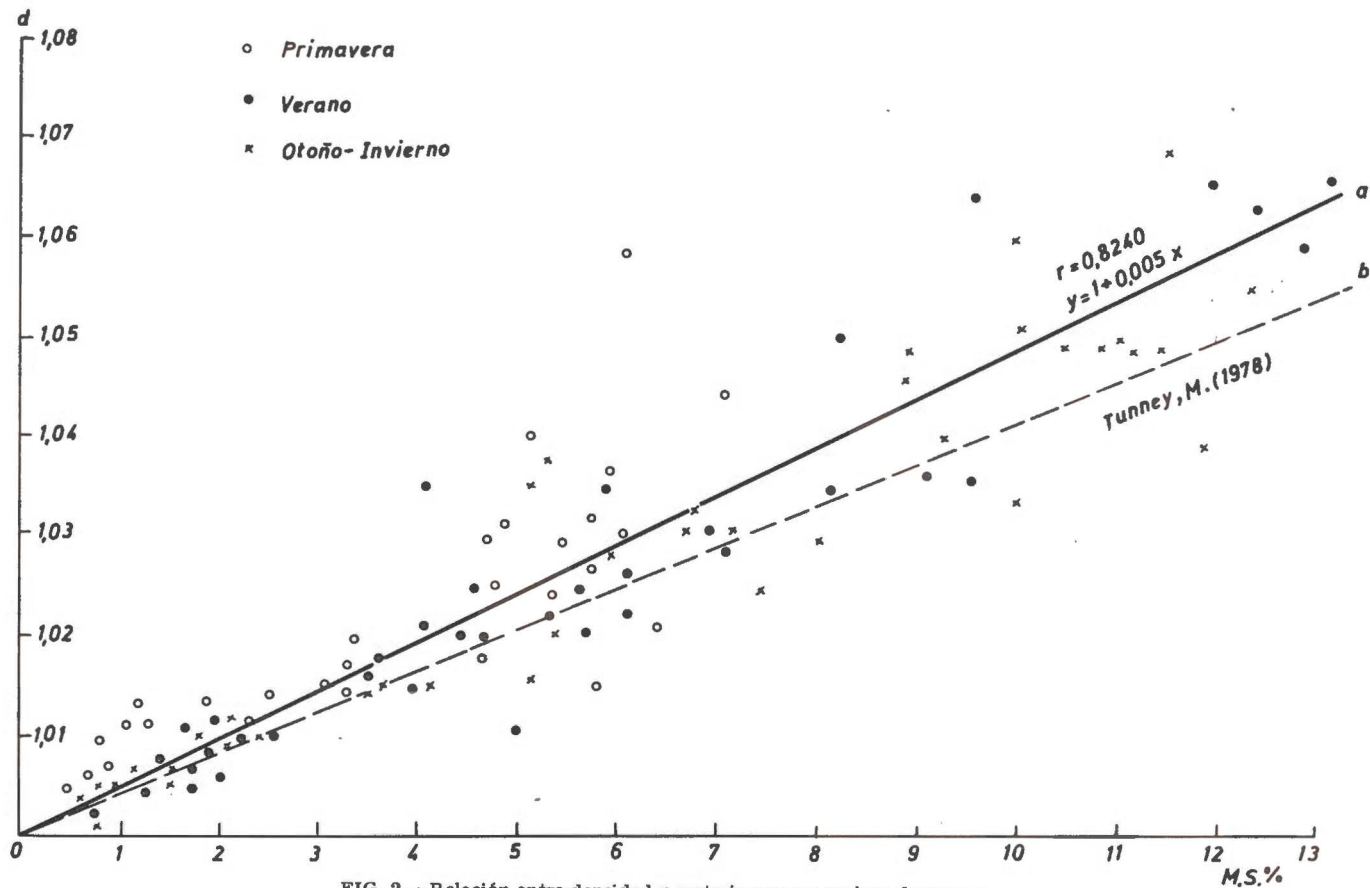


FIG. 2.— Relación entre densidad y materia seca en purines de vacuno procedentes de explotaciones gallegas.

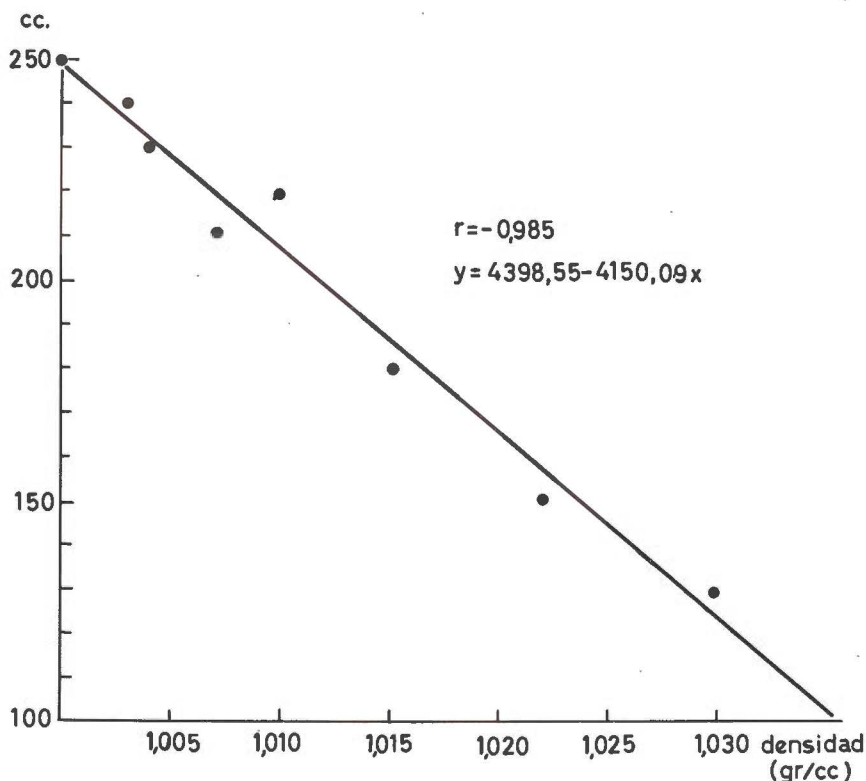


FIG. 3.— Relación entre la densidad y el volumen de líquido que pasa a través de un tamiz de 1mm de malla, cuando se tamizan 250 ml de distintos purines de explotaciones de ganado vacuno de Galicia.

algunos de los purines ensayados, presentan una buena correlación con la densidad ($r = -0,9850$, significativa al 1^o/100), tal como se puede apreciar en la Figura 3, por lo que parece igualmente aceptable para la determinación indirecta del contenido en materia seca (Fig. 2) y, en consecuencia, para calcular las dosis de purín (Fig. 1).

b) Estimación de la superficie del tamiz cubierta por el material retenido.

Se trata de efectuar una estimación visual de la superficie que ocupa el purín retenido en el tamiz de 1 mm, pudiendo utilizar fotografías de referencia, tales como las de la Figura 4, calibradas con purines de densidad conocida.

Este método puede ser igualmente útil en el campo para una valoración aproximada del purín.

CONCLUSION

Existen métodos sencillos para la determinación de la densidad del purín en el campo que permiten una estimación de su valor fertilizante

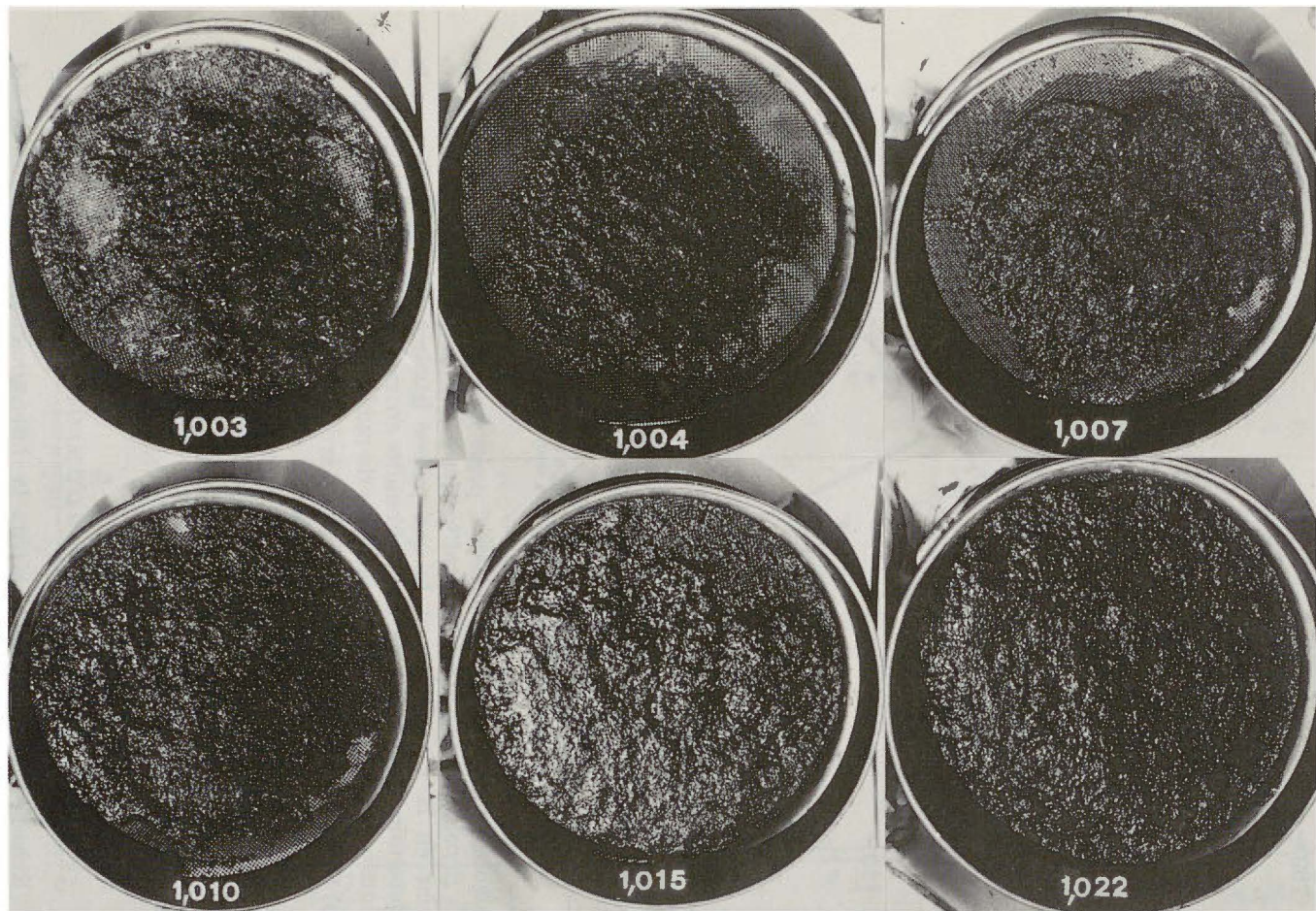


FIG. 4.— Material retenido en un tamiz de 1mm de malla, cuando se tamizan 250 ml de purines de vacuno de distinta densidad.
Fotografías de referencia.

y que, por lo tanto, facilitan un cálculo más ajustado de las dosis a añadir al suelo. Cualquiera de los métodos ensayados parece reunir condiciones adecuadas para su utilización, aún cuando el de tamización, empleado preferentemente por los autores holandeses, parece ser más aconsejable por estar expuesto a errores menores de manipulación.

En cualquier caso, parece suficiente, desde el punto de vista práctico, poder clasificar el purín en unas pocas clases, según su contenido en materia seca, y, de acuerdo con ellas, decidir las dosis de aplicación. Como una sugerencia sobre estas clases, se aporta la siguiente clasificación de los purines según su contenido en nitrógeno inorgánico, que es el principal parámetro responsable de su acción en el año siguiente a su adición al suelo.

Tipos de purín	M.S. %	Densidad	Vol. que pasa por el tamiz de 1 mm, en ml	Superficie de tamiz ocupada %	Contenido medio en N Kg/m ³
Muy ligeros	< 2	< 1,010	> 210	< 70	0,5
Ligeros	2-5	1,010-1,025	210-140	70-100	1,0
Medios	5-10	1,025-1,050	140-80	> 100	1,3
Gruesos	> 10	> 1,050	< 80	—	1,1

RESUMEN

Se comparan distintos métodos rápidos de caracterización del valor fertilizante del purín de vacuno. Se concluye que la medida de la densidad y del líquido que atraviesa un tamiz de 1 mm de malla, son métodos adecuados para dicha finalidad. Se considera igualmente que, a efectos prácticos, es suficiente poder clasificar los purines en cuatro clases según su contenido en materia seca.

Agradecimientos

Los autores agradecen a J. Caballo Rodríguez, Ayudante Diplomado de Investigación del C.S.I.C., la realización de las figuras de este trabajo.

*UEI de Génesis y Sistemática de Suelos del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, del C.S.I.C.
Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia de Santiago.
Cátedra de Edafología de la Facultad de Biología de Santiago.*

BIBLIOGRAFIA

- BREMNER, J. M., KEENEY, D. R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta*, 32, 485-495.
- GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS FERNANDEZ, T. 1976. *Técnicas de Análisis de Suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago, 288 págs.
- HOEK, K. W. van der. 1978. In: Tunney, H., 1978.
- LEIROS DE LA PEÑA, M. C., VILLAR CELORIO, M. C., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., DIAZ FIERROS, F., GIL SOTRES, F., GOMEZ IBARLUCEA, C. 1983. Caracterización y valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia. *An. Edaf. y Agrob.*, XLII, 753-768.
- SLUIJMANS, C. M. J., KOLENBRANDER, G. J. 1976. The nitrogen efficiency of manure in short and long term. *Stickstof*, 7 (83/84), 349-354.
- TUNNEY, J., MOLLOY, S. M. 1975. Field test for estimating dry matter and fertilizer value of slurry-preliminary report. *Irish J. Agric. Res.*, 14, 84-86.
- TUNNEY, H. 1978. Dry matter, specific gravity and nutrient relationships of cattle and pig slurry. In: *Engineering Problems with effluents from live stock*, J. C. Hawkins, ed., Luxembourg, 430-447.
- VERMES, L. 1980. Recommended analytical methods for the first priority components of liquid manure. *FAO European network on animal waste utilization. Subnetwork 4*, Budapest, 29 págs.
- VILLAR CELORIO, M. C., LEIROS, M. C., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., DIAZ-FIERROS, F., GIL SOTRES, F., GOMEZ IBARLUCEA, C. 1981. Composición media de los purines de vacuno en Galicia y su incidencia en la contaminación ambiental. *Actas del III Congreso Iberoamericano del medio ambiente*, Santiago de Compostela (en prensa) 15 págs.

Recibido para publicación: 9-III-84.

CARACTERIZACION DE LA FRACCION ORGANICA DEL PURIN DE VACUNO. I. DISTRIBUCION DEL CARBONO (1)

Por

T. CARBALLAS*, M. CARBALLAS***, F. GIL SOTRES**, M. C. LEIROS**,
A. CABANEIRO*, F. DIAZ-FIERROS**, M. C. VILLAR*

SUMMARY

CHARACTERIZATION OF THE ORGANIC FRACTION OF CATTLE SLURRY. I. DISTRIBUTION OF CARBON

The organic fractions of 10 cattle slurries have been studied by successive extraction with water, sodium pyrophosphate and sodium hydroxide. The main hydrosoluble fertilizing elements were also determined.

The major organic matter component is the insoluble fraction. The hydrosoluble fraction is also important, and contains practically all the inorganic nitrogen in the slurry. There is also a minor alkali-soluble fraction. The insoluble residue is proportional to the dry matter content ($r=0.7363$), the hydrosoluble fraction is negatively correlated with the percentage dry matter ($r=-0.8259$) and the humified fraction varies very little between different slurries.

The hydrosoluble fraction, whose C/N ratio is very low, determines the short term coefficient of mineralization of the slurry. The other fractions are more stable, are mineralized more slowly, and constitute a reserve of fertilizing elements.

INTRODUCCION

El uso del purín de vacuno como fertilizante agrícola exige, en primer lugar, conocer su contenido en elementos nutrientes, con el fin de poder realizar una dosificación correcta; sin embargo, para entender la acción de este abono sobre la productividad vegetal, esto no basta; es necesario también conocer la evolución del purín en el suelo y su efecto sobre las propiedades de éste, lo que dependerá en definitiva de la composición de las fracciones orgánica e inorgánica del purín y de la interacción entre los componentes del purín y del suelo.

En trabajos anteriores (Villar Celorio et al., 1981; Leirós de la Peña et al., 1983; Acea Escrich et al., 1983) hemos realizado la caracteri-

(1) Este trabajo forma parte del proyecto "Aprovechamiento de materiales orgánicos residuales como fertilizantes en la agricultura gallega", subvencionado por la CAICYT (n.º 3365-79 y programa n.º 260 10-06).

* Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, del C.S.I.C.

** Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia de Santiago.

*** Cátedra de Edafología de la Facultad de Biología de Santiago.

zación química, físico-química y microbiana de purines de vacuno procedentes de explotaciones ganaderas gallegas, iniciando ahora el estudio detallado de la fracción orgánica, cuya importancia se pone de manifiesto si consideramos que la materia orgánica, expresada en porcentaje de carbono sobre la materia seca, presenta un valor promedio de 42% en dichos purines (Leirós de la Peña et al., 1983). Se comienza este estudio analizando las diversas fracciones carbonadas: hidrosoluble y humificada, recomendada esta última por la F.A.O. (Vermees, 1980) como uno de los parámetros para la caracterización de este tipo de residuos orgánicos.

MATERIAL Y METODOS

Se seleccionaron un total de 10 purines de vacuno, cuyo muestreo y homogeneización se realizó tal como se describe en un trabajo anterior (Leirós de la Peña et al., 1983).

La selección se realizó en función del contenido en materia seca a 110° C, que varía entre 1,60 y 14,07%, teniendo en cuenta que quedarán representadas las cuatro clases en que se han clasificado los purines (Villar et al., 1984): muy ligeros (M.S. < 2%): purines 16 y 13, ligeros (M.S. 2-5%): purines P_I y 21, medios (M.S. 5-10%): purines 9, 12, P_B, 15 y 14 y gruesos: purín 22.

Todos los purines fueron caracterizados siguiendo los métodos indicados por la F.A.O. (Vermees, 1980), excepto el nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico que fueron determinados por los métodos descritos por Guitian Ojea y Carballas Fernández (1976) y Bremner y Keeney (1965), respectivamente.

El estudio de la fracción orgánica se realizó mediante el fraccionamiento de sus componentes por diversos reactivos, según el método simplificado de Duchaufour y Jacquín (1966), que utiliza sucesivamente como extractantes pirofosfato sódico a pH 10,2 e hidróxido sódico a pH 12,4, después de extraer la fracción hidrosoluble (dos extracciones sucesivas con agua fría). Se utilizó una relación purín: extractante de 1:100 en materia seca. Este método, que habitualmente se usa para el estudio de la materia orgánica del suelo, será utilizado en el estudio de la humificación del carbono del purín en el suelo, lo que justifica su aplicación en el análisis de la propia fracción orgánica del purín. El fraccionamiento se realizó siempre en la muestra fresca, excepto en el purín 21 que se efectuó también en la materia seca a 110° C.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características principales de los purines estudiados se indican en la tabla I: la discusión general de los caracteres químicos y físico-químicos de los purines de vacuno de explotaciones gallegas se realizó

TABLA I

Características principales de los purines estudiados

Muestra n.º	Densidad	M.S. %	C %	N _t %	C/N	N _{inorg.} %	NNH ₄ %	N _{org.} %
16	1,010	1,60	38,44	3,56	11	1,58	1,58	1,98
13	1,012	1,63	35,52	7,54	5	5,51	5,52	2,02
P _I	1,016	3,62	38,43	4,64	8	2,42	2,31	2,22
21 (f)	1,023	3,90	33,42	6,82	5	5,26	5,26	1,56
21 (s)	—	3,90	31,45	n.d.	—	n.d.	n.d.	n.d.
9	1,025	5,48	42,70	4,05	11	1,44	1,48	2,57
12	1,032	7,28	45,53	2,48	18	1,36	1,36	1,14
P _B	1,022	7,91	49,95	2,07	24	n.d.	n.d.	n.d.
15	1,048	8,02	44,87	2,56	18	0,96	0,96	1,60
14	1,054	9,40	38,94	2,83	14	1,07	1,08	1,86
22	1,195	14,07	37,73	3,05	12	0,26	0,27	2,78

TABLA II

*Distribución del carbono del purín de vacuno
(en % de materia seca)*

Muestra n.º	Carbono soluble en:			Residuo insoluble
	H ₂ O	Na ₂ P ₂ O ₇ pH 10,2	NaOH pH 12,4	
16	12,30	3,13	3,65	19,36
13	14,39	3,30	3,96	13,87
P _I	8,16	2,92	5,23	22,13
21 (f)	12,53	3,49	2,44	14,95
21 (s)	9,64	2,85	1,69	17,28
9	6,07	3,12	4,37	29,14
12	5,84	3,61	3,93	32,15
P _B	2,09	2,84	4,74	40,28
15	3,63	2,17	3,53	35,54
14	7,35	2,81	3,49	25,29
22	2,24	3,13	5,40	26,96

en otro artículo (Leirós de la Peña et al., 1983), al cual remitimos al lector para la interpretación de estos datos, por no ser esta la finalidad del presente trabajo y ser totalmente aplicables a estos purines las consideraciones que se hacen en dicho artículo.

En las tablas II y III y en la figura 1 se indican los resultados del fraccionamiento de la materia orgánica de los purines, es decir, la distribución del carbono en las distintas fracciones consideradas, así como los valores característicos que indican el grado de polimerización y de humificación.

La fracción predominante está constituida por un residuo insoluble en el agua y en los reactivos alcalinos, aunque su proporción varía en gran medida en los distintos purines (fig. 1). Esta fracción, que representa más del 40% del carbono total en los purines menos densos, puede llegar al 80% en los más densos (tabla III), siendo proporcional al contenido en materia seca (coeficiente de correlación: $r = 0,7363$, significativo al 2%). Aunque no se identificaron los productos que componen esta fracción, dada la naturaleza de los purines puede suponerse que estará constituida por tres subfracciones (utilizando la nomenclatura que se usa para la materia orgánica del suelo): humina residual, formada sobre todo por restos de lignina no asimilada a su paso por el aparato digestivo del ganado, humina microbiana, constituida por la abundante flora microbiana de este material y productos de su me-

tabolismo (n° total de microorganismos del purin, según Acea Escrich et al., 1983, comprendido entre $0,1669 \times 10^9$ y $0,2210 \times 10^{10}$ por g de purin seco) y compuestos insolubles. Las dos primeras son fracciones "humificadas" y deben de ser mayoritarias con respecto a la tercera que constituye la materia orgánica no humificada.

En general, desde el punto de vista cuantitativo, la siguiente fracción en importancia es la fracción hidrosoluble (fig. 1), que varía, en los purines estudiados, entre el 2 y el 14% de la materia seca (Tabla II), y representa del 4 al 41% del carbono total (Tabla III). Esta fracción

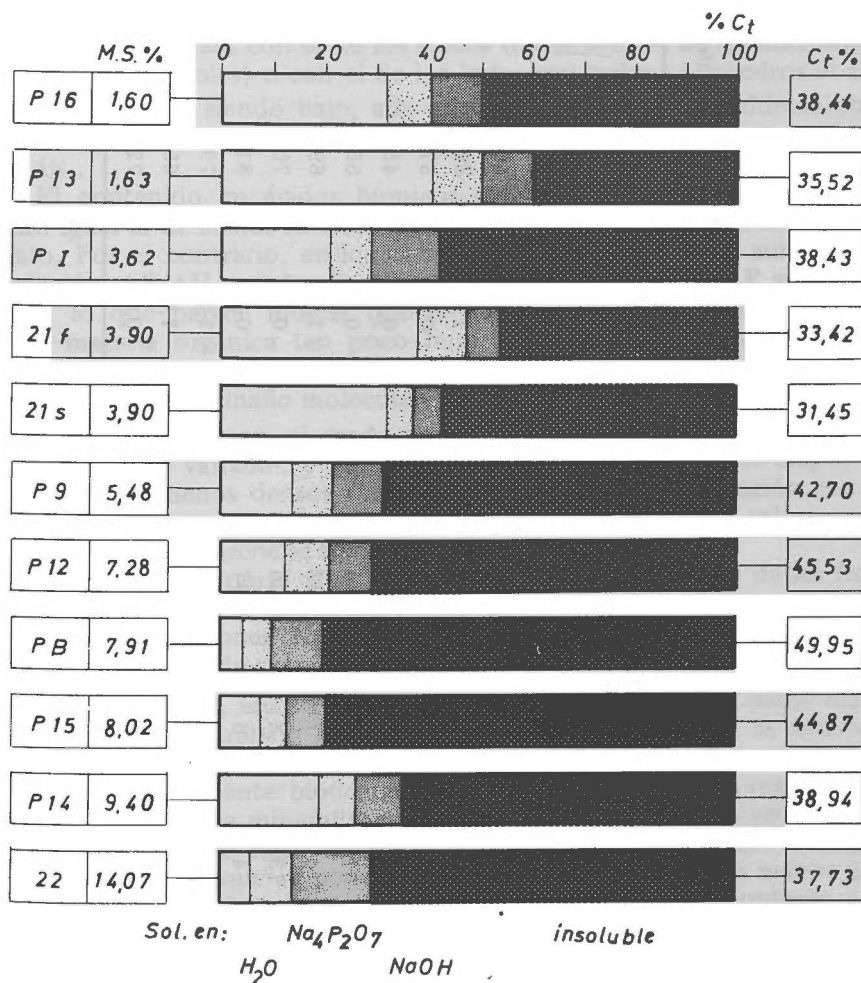


FIG. 1.— Distribución del carbono de purines en explotaciones ganaderas gallegas.

TABLA III

Valores relativos a la polimerización y a la humificación del purín de vacuno

Muestra n.º	Carbono soluble (% C _t) en:					Residuo insol. % C _t	% extracción		AF/AH II + III
	H ₂ O I	Na ₂ P ₂ O ₇ II	AF/AH	NaOH III	AF/AH		II + III	I + II + III	
16	32	8	0,97	10	1,43	50	18	50	1,19
13	41	9	0,94	11	1,29	39	20	61	1,12
P _I	21	8	0,52	14	0,55	57	22	43	0,54
21 (f)	38	10	0,22	7	0,57	45	17	55	0,35
21 (s)	31	9	0,98	5	0,01	55	14	45	0,46
9	14	7	0,34	10	1,43	69	17	31	0,82
12	13	8	0,26	9	0,82	70	17	30	0,50
P _B	4	6	0,97	9	0,65	81	15	19	0,76
15	8	7	0,47	8	1,20	79	13	21	0,85
14	19	7	0,36	9	1,04	65	16	35	0,67
22	6	8	0,01	14	0,69	72	22	28	0,36

es inversamente proporcional al contenido en materia seca (coeficiente de correlación: $r = -0,8259$, significativa al 5%) y presenta una gran importancia desde el punto de vista de su valor fertilizante, porque contiene entre el 30 y el 60% del nitrógeno total y practicamente todo el nitrógeno inorgánico del purin (70-90%) que, en general, es todo amoniacal (tabla IV). También contiene una gran cantidad de nutrientes (tabla IV), que corresponden a casi todo el sodio y potasio asimilables del purin, al 60% aproximadamente del magnesio y a una proporción muy variable (7-59%) del calcio.

Por último, la fracción soluble en los reactivos alcalinos (fig. 1) es siempre minoritaria y mas constante que las otras, especialmente la soluble en pirofosfato sódico (tablas II y III).

El tanto por ciento de extracción es siempre menor del 25%, muy bajo si se compara con el de los suelos (del orden del de los horizontes A_0 de los podsoles) o con el de los lodos residuales (Almendros et al., 1982), y sigue siendo bajo, aún añadiéndole la fracción hidrosoluble (tabla III), en los purines con un contenido en materia seca superior al 4%.

El contenido en ácidos húmicos (tabla III) es siempre superior o casi igual al de ácidos fúlvicos ($AF/AH < 1$) en los extractos de pirofosfato. Por el contrario, en los extractos de sosa, en general aumenta la relación AF/AH , predominando en bastantes casos los AF sobre los AH, lo que parece indicar que el hidróxido sódico, al actuar sobre una materia orgánica tan poco humificada, produjo la hidrólisis de este material, dando lugar a la neoformación de moléculas orgánicas de pequeño tamaño molecular.

En cualquier caso, el grado de polimerización es bajo y la relación AF/AH muy variable, y aunque parece que esta relación es mayor en los purines menos densos (tabla III), no existe una correlación con la materia seca y, por lo tanto, no se puede usar como un valor característico para diferenciar tipos de purines.

El secado del purin (fig. 1) favorece la insolubilización de las fracciones, aumentando por lo tanto el residuo insoluble a expensas de las otras dos fracciones (tabla II) y disminuyendo en consecuencia el tanto por ciento de extracción (tabla III).

En conclusión, estos resultados parecen indicar que, tal como suponíamos en un trabajo anterior (Carballas et al., 1983), la fracción hidrosoluble del purin, con una relación C/N siempre baja (tabla IV) es la más fácilmente biodegradable y, por lo tanto, sería responsable del coeficiente de mineralización del purín a muy corto plazo. Su mineralización tiene lugar en pocos días (Carballas et al., 1983) y por esta razón y porque su poder de infiltración en el suelo es mayor que el de las demás fracciones del purin, no permanece en contacto con estas durante mucho tiempo (Leirós de la Peña et al., 1983), quedando en la parte superficial del suelo las fracciones más pobres en nitrógeno y con una relación C/N más elevada y, por lo tanto, más difícilmente mineralizables.

La fracción humificada y la fracción insoluble del purin son pues frac-

TABLA IV

Contenido en nutrientes de la fracción hidrosoluble y relación C/N, en purines de vacuno

Muestra n.º	N-NH ₄	N-inorg.	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	N hidrosoluble		C/N
							% N _t	% N-inorg.	
% de materia seca									
16	1,12	1,17	0,35	0,53	0,72	0,12	33	74	11
13	4,54	4,65	0,36	4,30	0,48	0,41	62	84	3
9	1,13	1,13	3,26	5,17	0,93	1,29	28	76	5
12	0,92	0,97	0,73	4,93	0,55	0,52	39	72	6
15	0,71	0,78	0,49	1,94	0,37	0,40	30	81	5
14	0,97	0,97	5,07	6,55	0,98	0,62	34	90	8

ciones más estables, cuya mineralización se producirá a largo plazo, constituyendo una reserva de fertilizantes que se ponen a disposición de la planta lentamente y en un plazo mas o menos largo. Experiencias de mineralización a medio y largo plazo que se están realizando en este momento por el mismo equipo, permitirán sin duda verificar estas hipótesis.

RESUMEN

Se estudia la fracción orgánica de 10 purines de vacuno mediante extracciones con agua, pirofosfato sódico e hidróxido sódico sucesivamente, analizando además los principales elementos fertilizantes hidrosolubles.

La materia orgánica está constituida por una fracción mayoritaria insoluble, una importante fracción hidrosoluble, que contiene prácticamente todo el nitrógeno inorgánico del purín, y una fracción minoritaria alcalino-soluble. El residuo insoluble es proporcional al contenido en materia seca ($r=0,7363$), la fracción hidrosoluble es inversamente proporcional al % de materia seca ($r=-0,8259$) y la fracción humificada varía poco en los distintos purines.

La fracción hidrosoluble, con un C/N muy bajo, es responsable del coeficiente de mineralización del purín a muy corto plazo. Las demás fracciones, más estables, se mineralizan a largo plazo y constituyen una reserva de elementos fertilizantes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a J. Caballo Rodríguez, Ayudante Diplomado de Investigación del C.S.I.C., la realización de la figura de este trabajo.

UEI de Génesis y Sistemática de Suelos del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia, del CSIC.

Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia de Santiago.

Cátedra de Edafología de la Facultad de Biología de Santiago.

BIBLIOGRAFIA

- ACEA ESCRICH, M. J., CARBALLAS, T. 1983. Caracterización de la población microbiana de un purín de vacuno. An. Edaf. Agrobiol., XLII, 149-159.
- ALMENDROS, G., POLO, A., DORADO, E., 1982. Estudio de la materia orgánica de diversos tipos de lodos residuales de la provincia de Madrid. Agrochimica (en prensa).
- BREMNER, J. M., KEENEY, D. R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32, 485-495.
- CARBALLAS, T., CARBALLAS, M., GIL SOTRES, F., VILLAR, M. C., CABANEIRO, A., LEIROS, M. C., DIAZ-FIERROS, F. 1983. Biodegradation and humification of cattle slurry in the soil, "Studies about humus", Trans. of the VIIIth Intern. Symposium "Humus et Planta", 6 págs. (en prensa).
- DUCHAUFOR, Ph., JACQUIN, F. 1966. Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques, Bull. ENSAIA, 8, 1-24.

- GUITIAN OJEA, F., CARBALLAS FERNANDEZ, T. 1976. Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago, 288 págs.
- LEIROS DE LA PEÑA, M. C., VILLAR CELORIO, M. C., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., DIAZ-FIERROS, F., GIL SOTRES, F., GOMEZ IBARLUCEA, C. 1983. Caracterización y valor fertilizante de los purines de vacuno en Galicia. An. Edaf. Agrobiol. XLII, 753-768.
- VERMES, L. 1980. Recommended analytical methods for the first priority components of liquid manure, FAO European network on animal waste utilization. Subnetwork 4, Budapest, 29 págs.
- VILLAR CELORIO, M. C., LEIROS, M. C., CABANEIRO, A., CARBALLAS, T., DIAZ-FIERROS, F., GIL SOTRES, F., GOMEZ IBARLUCEA, C. 1981. Composición media de los purines de vacuno en Galicia y su incidencia en la contaminación ambiental. Actas del III Congreso Iberoamericano del medio ambiente, Santiago de Compostela, 15 págs. (en prensa).
- VILLAR CELORIO, M. C., DIAZ-FIERROS, F., CABANEIRO, A., LEIROS, M. C., GIL SOTRES, F., CARBALLAS, M., CARBALLAS, T. 1984. Métodos rápidos para la caracterización del purín de vacuno, An. Edaf. Agrobiol. (en prensa).

Recibido para publicación: 9-III-84.

COMPORTAMIENTO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS EN SUELOS FIJADORES DE P.*

Por

RAMOS HERNANDEZ, S.** y AGUILERA HERRERA, N.***

SUMMARY

THE BEHAVOIR OF PHOSPHATIC FERTILIZERS IN P - FIXING SOILS

Mechanisms of phosphate fixation were studied and evaluated on Andisols and Oxisolic on which phosphate fertilizers had been applied over acid volcanic soils from the coffee growing region of the Soconusco, state of Chiapas, Mexico.

The experimental results were carried out under green house conditions. Factorial statistical analysis was done using four levels of phosphate fertilizers and *Lactuca sativa* as indicative plant. The study included the following aspects:

- 1) Dry matter production, phosphorus and calcium absorbed by lettuce.
- 2) Effect on: pH, organic matter, cation exchange capacity, exchangeable cations and extractable aluminium.
- 3) Effect of P fertilizers on Total-P, Organic-P, Inorganic-P, Al-P, Fe-P, Ca-P, Fixed-P and Available-P on the soil.

The P₂O₅ levels applied on lettuce show a high correlative increase of dry matter as well as the P and Ca absorption.

The interaction and effect of the different levels of P applied indicate that the precipitation of this element is dependent on physical and chemical soil properties.

The phosphorus precipitation on these soils follow this order:

Andisol	I:	Org-P >	Inorg-P >	Occl-P >	Al-P >	Fe-P >	Ca-P
Andisol	II:	Org-P >	Inorg-P >	Occl-P >	Al-P >	Fe-P >	Ca-P
Oxisolic	III:	Inorg-P >	Org-P >	Occl-P >	Fe-P >	Al-P >	Ca-P

The average Total-P content of these soils ranges from 770 to 1780 mg P/Kg. These values are conditioned by the composition of parental material, weathering ratio, organic matter content and pH of soils. The higher percentage of Total-P were on Andisols.

The percentages of Organic-P varies from 44.02 to 60.43% and the Inorganic - P ranges from 39.56 to 56.64%. The Organic fractions are higher than Inorganic fractions on Andisols I and II, and decreases in the Oxisolic III. The occluded, iron and aluminium phosphates are higher than calcic fractions.

The fixing phosphorus capacity is very high on Andisols and medium on Oxisolic soils. These results indicate that the availability of phosphorus is conditioned by the mechanisms of precipitated phosphorus and solubility as well as the way P fertilizers are applied on different types of soils.

* Investigación realizada en el Departamento de Edafología del Instituto de Geología y Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

** Becaria de Posgrado del Instituto de Geología, UNAM y estudiante de Posgrado de la facultad de Ciencias, UNAM.

*** Profesor Investigador, Jefe del Laboratorio de Investigación de Edafología, Facultad de Ciencias, UNAM.

INTRODUCCION

Las características biológicas, físicas y químicas que parecen ser comunes a todos los suelos derivados de cenizas volcánicas son: un bajo contenido de P disponible para los cultivos, escasa solubilidad, y, el proceso de fijación de P cuando es adicionado como fertilizante, debido a la actividad fisicoquímica de varias fracciones orgánicas e inorgánicas del suelo. La superficie de los minerales como óxidos e hidróxidos amorfos de Fe, Al, y Si, contienen iones no completamente coordinados y por ello la superficie está cargada eléctricamente. Además otros materiales se comportan en forma similar debido a mecanismos de formación de cargas semejantes (arcilla tipo 1:1, alofano y otros materiales amorfos). Como consecuencia hay baja asimilabilidad de P por las plantas, siendo por consiguiente un factor limitante en la productividad agrícola. El fósforo es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas por lo que éste es uno de los elementos que mayor atención ha recibido en las investigaciones de suelos.

En el sector agropecuario, los suelos derivados de cenizas volcánicas desempeñan un papel importante pues gran parte de los cultivos de clima tropical y templado, como café, maíz, caña de azúcar, algodón, cacao, hortalizas y pastizales se desarrollan sobre estos suelos. Esto significa que es indispensable la utilización de fertilizantes fosfatados en dosis altas, para asegurar cosechas económicas, pues debido al fenómeno de fijación, sólo una fracción del P agregado es utilizado por las plantas.

El presente trabajo pretende ser una contribución al estudio del efecto de los fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas del sureste de México. En esta región se encuentra la zona cafetalera de Soconusco, cuyos suelos derivados de cenizas volcánicas presentan una gran variabilidad en cuanto a su grado de meteorización y por consiguiente en sus propiedades físicas, químicas y de fertilidad.

Considerando lo antes expuesto, se llevó a cabo un estudio bajo condiciones de invernadero y laboratorio, con el objeto de valorar el grado de fijación de fósforo y la eficiencia del fertilizante fosfatado en suelos Andisólico y Oxisólico, a través de un experimento factorial sobre:

1. materia seca y absorción de P y Ca, usando como planta indicadora *Lactuca sativa* var Great Lakes 407.
2. pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, bases cambiables y aluminio extraíble.
3. Formas de fósforo: P-total, P-orgánico, P-inorgánico, P-A1, P-Fe, P-Ca, P-ocluido, P-fijado y P-aprovechable.

REVISION DE LITERATURA

Es frecuente clasificar al fósforo como un macronutriente aunque las plantas lo contienen en menor cantidad que al nitrógeno, potasio y calcio. Sin embargo, con la posible excepción del nitrógeno, ningún

otro elemento es tan importante y decisivo para el crecimiento de las plantas como el fósforo. En contraste con ciertas formas inorgánicas combinadas del nitrógeno poco estables en el suelo y que se pierden fácilmente por volatilización y lavado, el fósforo es estable y no se pierde con facilidad.

Recientemente se ha descubierto que el fósforo actúa como acumulador de energía mediante procesos de fosforilación fotosintética en los que es posible que participen también el potasio y el magnesio además de las vitaminas B, C y K. Esta energía acumulada se consume en las reacciones endotérmicas de síntesis de polimerización, reducción, además en los procesos respiratorios en donde parte de esa energía es empleada para absorber cationes y aniones aún contra las condiciones de equilibrio de Donnan. (op cit. Turrent, 1960).

Una carencia de este elemento es nociva puesto que evita que las plantas aprovechen otros nutrimentos. Su alta estabilidad (pero baja solubilidad) en el suelo es la razón de su deficiencia para las plantas.

Dentro de las funciones más importantes en las plantas, el Fósforo contribuye favorablemente sobre las siguientes:

1. División celular, crecimiento y formación de albúminas.
2. Floración, fructificación y formación de semillas.
3. Maduración de las cosechas.
4. Desarrollo de las raíces, particularmente de las raicillas laterales y fibrosas.
5. Robustecimiento de la paja en los cultivos de cereales, ayudando a prevenir el encamado.
6. En la calidad de la cosecha, sobre todo en forrajes y hortalizas.
7. Resistencia a ciertas enfermedades (Buckman y Brady, 1977).

En general, en una planta cultivada, el contenido en fósforo varía de 0,2 a 0,3% sobre el peso seco; de tal valor, de un 60 a 75% es soluble en agua. El fósforo proveniente de las semillas son particularmente altos, la mayor parte de los cuales proceden de la fitina (hexafosfato cálcico y magnésico de mioinositol) una forma corriente de almacenar los fosfatos. (Buckman y Brady, 1977).

El fósforo es empleado también en la elaboración de compuestos orgánicos que aparecen en todas las células vivas, entre éstos se tiene a los fosfolípidos de los cuales la Lecitina es la más abundante.

Un gran número de plantas afectadas por deficiencias fosfóricas presentan su sistema radicular raquítrico, acompañado de síntomas generales de perturbación en su crecimiento. Las hojas y tallos de las plantas deficientes son, por lo general, pequeños y muestran una coloración verde-rojiza, purpúrea o bronceada. Si la deficiencia es muy aguda suelen presentarse quemazones irregulares en los borde de las hojas. Asimismo, la floración y la madurez son retardadas, produciéndose semillas y frutos pequeños, disminuyendo los rendimientos. (López y López, 1978).

Los suelos derivados de cenizas volcánicas y la fijación de fósforo.

La retención de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas resultan ser acentuadamente mayores que los que se presentan en otros tipos de suelos. Es así como en la literatura se encuentra información sobre la gran capacidad de fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas de Hawai, Nueva Zelanda, Chile, Costa Rica, Colombia y otros.

En México, los suelos derivados de cenizas volcánicas cubren grandes áreas que se estiman en 35.000.000 ha. Algunos de ellos están clasificados como suelos de Ando. En el Sistema de Clasificación Americana USDA, se les ubica dentro del Suborden Andept, en FAO UNESCO, se les conoce como Andosoles. En Chile y Argentina se les denomina Trumaos, en México Charandas. (Aguilera, 1969, Birrel 1962 y Swindale 1969).

La gran afinidad de los suelos del Grupo Ando por el fósforo es una consecuencia del alofano que ellos contienen. Wada (1959) encontró que el fosfato de amonio reacciona con el alofano, formando un fosfato insoluble (taranakita sustituida con amonio). Esta reacción tiene lugar muy rápidamente a pH 4, pero es más lenta a pH 7.

En términos generales, la fijación de fósforo consiste en el paso de los fosfatos aplicados al suelo como fertilizante a formas menos solubles o insolubles en el suelo. El fertilizante fosfatado al aplicarse se disuelve pasando a la solución del suelo; los iones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} resultantes pueden ser absorbidos por las plantas pero al mismo tiempo son objeto de numerosas reacciones e interacciones con las fases sólidas y líquidas del suelo. Por un lado las cargas electropositivas del complejo coloidal del suelo absorben iones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} en la superficie de los mismos y por otro, debido a la presencia de iones Al^{3+} , Fe^{3+} y Ca^{3+} en la solución del suelo se produce la precipitación de fosfatos simples o complejos de baja solubilidad. Por los resultados en numerosos trabajos se indica que la fijación presenta correlación con varias características del suelo como la materia orgánica, las arcillas, aluminio libre y el intercambiable, óxidos e hidróxidos de Fe y Al y alofano. Estos son en principio los factores que gobiernan la fijación del P en los suelos. (Bornemisza e Igue, 1967 y Fassbender 1966, 1968, 1969 y 1975).

La reacción entre el suelo y los fosfatos en la solución continúa durante cierto tiempo. La primera etapa es una reacción de superficie y sucede rápidamente. El fosfato de aluminio que se forma se separa de la superficie de las partículas y cambia gradualmente hasta llegar a una fase cristalina estable. Se puede considerar que el coeficiente de sorción del fósforo representa el fosfato sorbido en la superficie de la arcilla en la primera etapa. Esto desde luego no representaría el monto total del fósforo que podría sorber el suelo (Fassbender, 1966, 1968).

En relación a la naturaleza del fenómeno de fijación, la mayoría de los investigadores concuerdan en que intervienen dos procesos: la adsorción física y la precipitación química. Hsu (1965), señala que

la fijación se debe principalmente a fenómenos de naturaleza química (precipitaciones). Igualmente Fassbender (1969) concluye en un amplio estudio sobre la fijación del fósforo en suelos de América Central, que la precipitación del fosfato es más importante que su adsorción.

Kobo y Ohba, citados por Egawa (1980) investigaron la relación entre el tipo de material parental, el grado de intemperización y la capacidad de sorción de fósforo. En su investigación sugieren que el carácter mineralógico de las cenizas puede tener gran importancia sobre la sorción de fósforo, pero de todas maneras, ésta se incrementa con el grado de intemperización en los tres primeros estudiados y también con el contenido de arcilla.

En cuanto a la magnitud y las formas de fijación, se ha encontrado que en latosoles del Brasil se retuvieron entre 26,83 y 41,89% del P añadido, Fassbender (1969), en tanto que en suelos andisólicos de Costa Rica fijaban un promedio de 86,4%. Asimismo, Fassbender (1969) y otros autores han encontrado que bajo condiciones de acidez, la retención ocurre predominantemente como precipitación hacia fosfatos de aluminio y hierro, representando entre 60,0 y 95,0% de la retención total, en tanto que la precipitación hacia la fracción de P-Ca y la adsorción, sólo representó un escaso porcentaje.

En la fijación de fosfatos, los fosfatos de aluminio y hierro tienen mayor importancia al aumentar la acidez de los suelos, los de calcio, en cambio son más importantes en suelos menos ácidos, como lo corrobora Fassbender (1969) en adisoles de Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, demostrando que predominaban los fosfatos inorgánicos (55%) sobre los fosfatos orgánicos (43,5%). Estas relaciones son explicables en base a la solubilidad de los fosfatos, Fassbender (1978), también observó que para los horizontes A, B y C de Inceptisoles y Ultisoles el porcentaje de P ocluido (insoluble) era de 47, 69 y 76% respectivamente y que el porcentaje en Oxisoles era de 40, 69 y 87%, dominando los fosfatos de hierro.

La fijación de fósforo se reconoce como el principal obstáculo para el desarrollo agrícola de los suelos de ceniza volcánica en Hawai, en los cuales puede necesitarse más de 1340 kg de fósforo por hectárea para satisfacer la capacidad de fijación de fósforo, Younge y Plucnett (1966). La fijación es especialmente veloz e intensa en los suelos oxidisólicos (ferralíticos) con alto contenido de goetita de Africa Occidental. Dabin cit. Olson y Engelstad (1975).

En la mayor parte de las regiones tropicales húmedas se obtienen buenas respuestas a los fertilizantes fosfatados, lo que demuestra que en la mayoría de los suelos existen deficiencias de fósforo para la producción de casi todos los cultivos. Las cantidades aplicadas de fósforo de acuerdo a Olson y Engelstad (1975) indican buenos resultados sobre cultivos para consumo de 10 a 20 kg/ha, pero en ciertas localidades se indican cifras que van de 160 a 1200 kg/ha, para obtener rendimientos elevados. Esta disparidad aparentemente, es una consecuencia de la amplia variedad existente en los suelos tropicales. Las proporcio-

nes elevadas se necesitan especialmente en los Oxisoles y Ultisoles y los suelos formados con materiales madre de cenizas volcánicas.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos utilizados en el presente estudio fueron colectados en los municipios de Tapachula y Unión Juárez de la Zona Cafetalera de Soconusco, Estado de Chiapas.

Las muestras de suelo fueron colectados a una profundidad de 0-30 cm, colocados en bolsas de polietileno y trasladados al invernadero.

Los suelos corresponden a los siguientes órdenes: Inceptisoles y Oxisoles según el sistema de Clasificación de Suelos de la Séptima Aproximación USDA (1960 y 1975). En la Tabla I, se describen las características físicas y químicas de los mismos. Ramos (1979, 1982) y Ramos y Aguilera (1979).

Los Inceptisoles estudiados pertenecen al Suborden Andept. Dentro de este Suborden se clasificaron dentro del Gran Grupo Umbrandept y Ocrandept. Estos suelos se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas del Cuaternario y depósitos recientes. Cuando son muy recientes presentan perfiles AC, a menudo se encuentran sepultando suelos más evolucionados, pero con la presencia de un epipedón mólico o úmbrico, en cambiocuando son juveniles presentan perfiles A(B)C.

Los oxisoles pertenecen al Suborden Ustox y Gran Grupo Haplustox. Estos suelos de origen volcánico se encuentran muy intemperizados, manifestándose horizontes de acumulación de arcillas de tipo 1:1 y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Son suelos rojos, pardo rojizos, pardo amarillentos, plásticos, bien estructurados; a medida que aumenta la meteorización la estructura se desarrolla más, el color es más claro y/o más brillante y la textura más pesada. Tiene un horizonte B de un espesor considerable que aumenta a expensas del horizonte A.

Con estos suelos se condujeron tres experimentos: suelo Andisólico I "San Jerónimo", suelo Andisólico II "11 de Abril" y suelo Oxisólico III "Independencia".

La planta indicadora que se usó fue lechuga *Lactuca sativa* var. Great Lakes 407. Al momento de la siembra se dispusieron 15 semillas por maceta, posteriormente a los diez días de emergidas, se dejaron dos por maceta. Se utilizaron macetas de plástico de 2,5 a 3,0 kg. Se efectuaron cuatro repeticiones por tratamiento, variando el tipo de suelo y dosis de tratamiento, como se describe abajo:

EXPERIMENTO I: Se utilizó suelo Andisólico I con los siguientes tratamientos: 1. control, 2. aplicación de 0, 80, 160 y 240 ppm de P_2O_5 .

EXPERIMENTO II: Se utilizó suelo Andisólico II con los siguientes tratamientos: 1. control, 2. aplicación de 0, 80, 160 y 240 ppm de P_2O_5 .

EXPERIMENTO III: Se utilizó suelo Oxisólico III, con los siguientes

TABLA I
Características físico-químicas de los suelos.

Determinación		Andisólico I "San Jerónimo" (1)	Andisólico II "11 de Abril" (2)	Oxisólico III "Independencia" (3)
Color	Seco	10 YR 3/3	2.5 Y 4/2	5 YR 4/3
	Húmedo	Pardo obscuro 10 YR 3/3	Pardo grisáceo obsc. 10 YR 3/2	Pardo rojizo 5 YR 3/2
Textura	% Arc.	Pardo obscuro 12,2	Pardo grisáceo muy obscuro 16,0	Pardo rojizo obsc. 44,0
	% Limo	32,0	28,4	30,0
	% Arena	55,8	55,6	26,0
Porosidad %		Migajón arenoso 63,0	Migajón arenoso 64,80	Migajón arcilloso 61,60
D.A.	g/cc	0,76	0,88	0,90
D.R.	g/cc	2,10	2,50	2,33
	H ₂ O 1:2,5	5,2	5,2	4,6
pH	KCl 1:2,5	4,5	4,4	3,8
M.O.	%	9,8	5,7	4,3
ClCT	meq/100 g	20,7	18,40	13,6
Ca ⁺⁺	meq/100 g	5,5	5,0	2,0
Mg ⁺⁺	meq/100 g	2,1	2,0	0,8
K ⁺	meq/100 g	0,8	0,66	0,1
Al ⁺⁺⁺	meq/100 g	3,12	3,01	8,1
P-aprovechable	ppm	1,7	2,1	1,6
Alofano		4x	4x	4x

- (1) Andisólico I. Pequeña propiedad "San Jerónimo", Municipio de Unión Juárez, Chiapas. Material parental: cenizas volcánicas andesíticas, 780 msnm. Clima Am(")ig. Temperatura media anual 20.º C, precipitación anual 4280 mm. Uso actual: cultivo de café.
- (2) Andisólico II. Ejido "11 de Abril", Municipio de Unión Juárez, Chiapas. Material parental: cenizas volcánicas y rocas andesíticas, 800 msnm. Clima: Am(w")ig. Temperatura media anual 21.º C, precipitación anual 4100 mm. Uso actual: cultivo de café.
- (3) Oxisólico III. Finca "Independencia", Municipio de Tapachula, Chiapas. Material parental: rocas andesíticas, 550 msnm. Clima Am(w")ig. Temperatura media anual 24.º C, precipitación anual 3800 mm. Uso actual: cultivo de café.

tes tratamientos: 1. control, 2. aplicación de 0, 80, 160 y 240 ppm de P_2O_5 .

Las aplicaciones se hicieron en forma de polvo a 5 cm de profundidad en las macetas. Durante todo el periodo vegetativo se mantuvieron los suelos a su capacidad de campo mediante riego.

Como fertilizante fosfatado se utilizó el Fosfato Diamónico, con un contenido de 53% de P_2O_5 y 18% de N.

Las plantas se cosecharon a los 110 días de sembradas y la totalidad de la materia verde se secó en una estufa a 70.° C. El rendimiento se determinó como materia seca.

A los suelos que quedaron después de cosechar las plantas, se les secó a la temperatura ambiente, se mezclaron las repeticiones de cada tratamiento, se les tamizó y se efectuaron las siguientes determinaciones químicas en el laboratorio.

Análisis foliar. La materia seca fue molida en un molino Wiley, malla 20. La digestión de la materia seca se efectuó con una mezcla de ácido nítrico y perclórico en relación 5:1 según las recomendaciones descritas por Jackson (1964) y luego analizados los contenidos de P y Ca mediante espectrofotometría por absorción atómica, se usó el aparato Perkin Elmer Mod. 303.

Reacción del suelo (pH). Se determinó con solución salina de KCl 1N pH 7, usando la relación 1:2,5 en un potenciómetro Corning, con electrodos de vidrio y calomel.

Contenido de Materia orgánica. Fue estimado por el método de dicromato de potasio en el que se titula su exceso con sulfato ferroso. Walkey y Black (1947).

Capacidad de intercambio catiónico total. Se estimó por el método del Versenato 0,02 N, Jackson (1964), empleando $CaCl_2$ 1N pH 7, para saturar la muestra, luego lavado con alcohol etílico y eluyendo con NaCl 1N pH 7.

Bases cambiables. Extracción por el método de acetato de amonio 1N pH 7. El calcio y magnesio se titulan por el método del versenato. El potasio y sodio intercambiables se determinan en un flamómetro Coleman Junior.

Aluminio intercambiable. Por el método de aluminón, Smith et al (1949), en el cual se agita la muestra con KCL 1N pH 8, determinándose con aluminón a pH 4,8.

Para las determinaciones de las formas de fósforo inorgánicos en el suelo se utilizó la metodología de Chang y Jackson (1957), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (1962), en el sentido de extraer los fosfatos no apatíticos antes de la extracción de los fosfatos de aluminio. Las fracciones determinadas mediante esta metodología y los solventes utilizados fueron: fosfatos solubles: con ácido acético 0,5 N; fosfatos de calcio no apatíticos con ácido acético 0,5 N; fosfatos de aluminio con NH_4F 0,5 N pH 7; fosfatos de hierro con NaOH 0,1 N; fosfatos de calcio apatíticos con H_2SO_4 0,5 N.

El fósforo total por el método de fusión con carbonato de sodio, descrito por Jackson (1964).

El fósforo orgánico. Se determinó a partir del método de ignición de Saunders y Williams (1965) tratando el suelo residual con H_2SO_4 0,2 N. El fósforo inerte se calculó por diferencia entre el fósforo total y la suma de las fracciones inorgánica y orgánica. Sen Gupta y Cornfield (1962).

Fijación de Fosfatos. Se determinó empleando la recomendación de Fassbender e Igue (1967), determinándose el P coloriméricamente. Se pesan 0,5 g de suelo, se le agregan 25 ml de una disolución de KH_2PO_4 conteniendo 100 mg P/l, se agita durante 6 horas, se centrifuga y decanta. En el decantado se determina la fracción de P no fijado en el suelo.

Fósforo aprovechable. Por el método de Bray I, determinándose coloriméricamente en un colorímetro Leitz Mod. M, por el método de azul de molibdeno en un medio clorhídrico. Jackson (1964).

Análisis estadístico. Para el análisis estadístico se utilizó un tratamiento factorial 3^3 en parcelas divididas con cuatro repeticiones, de acuerdo al diseño del experimento. De esta manera se estimó el efecto de los niveles del fertilizante sobre las variables de respuesta de la materia seca en los diferentes suelos. Los resultados obtenidos en el experimento fueron sometidos a los Análisis de Varianza de acuerdo a Tuckey. Para este análisis estadístico se utilizó una computadora IBM 1620. Estos cálculos fueron realizados en el Departamento de Estadística del IIMAS, UNAM.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de las dosis de fertilizante fosfatado y las respuestas en el suelo y en la planta se discute en función de las variables:

1. materia seca, absorción de fósforo y calcio por la planta indicadora *Lactuca sativa* y pH del suelo.
2. pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico total, bases cambiables y aluminio extraíble y,
3. pH, P-total, P-orgánico, P-inorgánico, P-A1, P-Fe, P-Ca, P-ocluído, P-fijado y P-aprovechable.

1. Efecto de los niveles de P_2O_5 sobre las variables de respuesta materia seca, absorción de P y Ca por la planta indicadora *Lactuca sativa* y pH del suelo, en tres suelos derivados de cenizas volcánicas de México.

En la Tabla II se indican los efectos de las dosis del fertilizante fosfatado sobre la materia seca y absorción de fósforo por la planta en los suelos experimentales Andisólico I, Andisólico II y Oxisólico III. La gran deficiencia en fosfatos de los suelos utilizados se refleja en la escasa cosecha que se alcanzó en ausencia del fertilizante fosfatado cuyas producciones sólo llevaron a 0,01, 0,1 y 0,1 g de materia seca/maceta para los tres suelos respectivamente. (Figura 1). Las plantas de éstas macetas mostraron síntomas visibles de deficiencia de fósforo, siendo sin duda la falta de éste elemento un factor limitante para la productividad. (Lámina 1).

MATERIA SECA vs. FERTILIZANTE FOSFATADO.

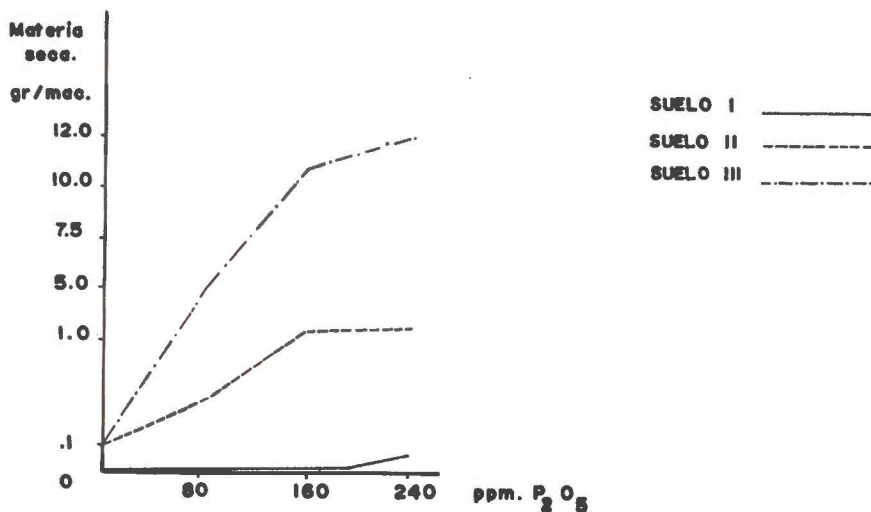


FIG. 1.- Efecto del fertilizante fosfatado sobre la materia seca de la planta indicadora *Lactuca sativa* en tres suelos derivados de cenizas volcánicas.

ABSORCION DE P vs FERTILIZANTE FOSFATADO.

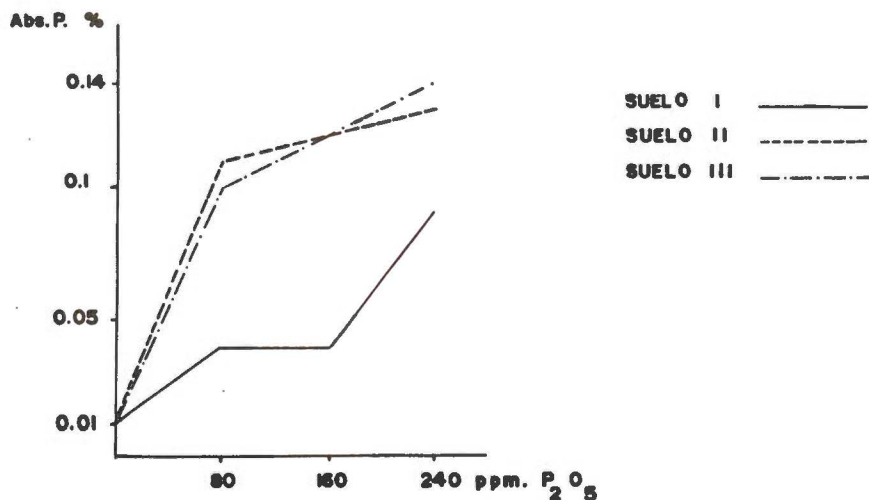


FIG. 2.- Efecto del fertilizante fosfatado sobre la absorción de P en tejidos foliares de la planta indicadora *Lactuca sativa* en tres suelos derivados de cenizas volcánicas.

TABLA II

Efecto del fertilizante fosfatado sobre la producción de materia seca y absorción de P y Ca²⁺ por la planta indicadora Lactuca sativa en tres suelos derivados de cenizas volcánicas.

Suelo	Dosis fertilizante fosfatado ppm P ₂ O ₅	pH	Producción materia seca (g/maceta).	Absorción	
		KCl 1:2,5		P (%)	Ca ²⁺ (%)
Andisólico I	0	4,40	0,01 N.S.	0,01	0,10
	80	4,35	0,02 N.S.	0,04	0,44
	160	4,35	0,02 N.S.	0,04	0,44
	240	4,45	0,75 **	0,09	0,70
Andisólico II	0	4,40	0,10 N.S.	0,01	0,10
	80	4,35	0,45 N.S.	0,10	0,63
	160	4,32	1,90 N.S.	0,12	0,64
	240	4,32	2,40 **	0,13	0,69
Oxisólico III	0	4,40	0,10 N.S.	0,015	0,14
	80	4,30	5,25 **	0,10	0,57
	160	4,37	10,73 **	0,12	0,57
	240	4,30	11,98 **	0,14	0,57

N.S. No significativo.

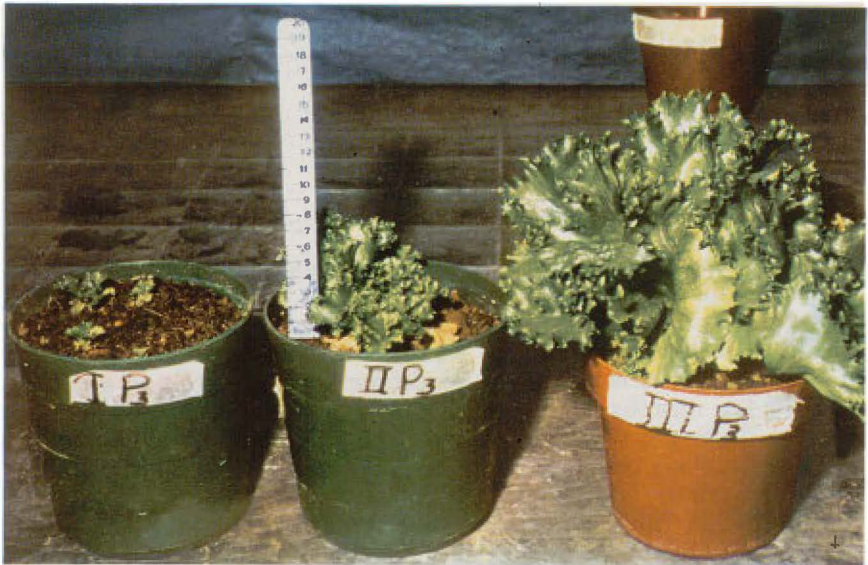
** Diferencias altamente significativas al 1%.

En este experimento, la respuesta a las aplicaciones ascendentes de P₂O₅ en forma de fosfato diamónico indican incrementos progresivos de producción de materia seca y absorción de P y Ca por las plantas de lechuga en forma altamente significativa para los tres suelos, con una considerable variación entre los diferentes suelos debido a la naturaleza de los mismos, indicado por la respuesta en el crecimiento y absorción de P y Ca por las plantas, siendo notable el que la fijación del P agregado sea responsable de las diferencias observadas en la producción (Figura 2).

La limitación fué mayor en el suelo Andisólico I, ya que en éste se alcanzó en promedio el menor rendimiento, fue media en el andisólico II y menos notable en el Oxisólico III. En el caso del Andisólico I es recomendable el uso de mayores dosis para elevar los rendimientos (lámina 2).



LAMINA I.—En ausencia de fertilizantes fosfatados en los suelos testigos I, II y III se produjo escaso crecimiento.



LAMINA II.—La máxima adición de P (240 ppm P_2O_5 a los tres suelos, incrementaron significativamente los rendimientos, no así al suelo Andosólico I con alta capacidad de fijación.

TABLA III
*Efecto de fertilización fosfatada sobre el pH, M.O., C.I.C.T., bases cambiables y aluminio extraíble
 de tres suelos derivados de cenizas volcánicas.*

Suelo	Dosis fertilizante fosfatado ppm P ₂ O ₅	pH KCl 1:2,5	M.O. %	C.I.C.T.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺
					miliequivalentes/100 g				
Andisólico I	0	4,40	6,98	18,40	7,0	2,1	0,85	0,50	1,86
	80	4,35	7,11	18,42	7,6	1,9	0,85	0,51	1,86
	160	4,35	7,13	18,50	7,8	1,8	0,84	0,52	1,85
	240	4,45	7,31	18,75	7,9	1,6	0,80	0,53	1,85
Andisólico II	0	4,40	5,21	18,2	5,0	1,40	0,30	0,15	3,55
	80	4,35	5,70	18,3	5,0	1,38	0,28	0,14	3,54
	160	4,32	5,80	18,4	5,2	1,38	0,23	0,15	3,54
	240	4,32	5,84	18,7	5,6	1,37	0,22	0,15	3,51
Oxisólico III	0	4,40	4,34	14,8	3,5	2,0	0,25	0,17	6,50
	80	4,30	4,34	15,0	3,8	2,18	0,23	0,17	6,48
	160	4,37	4,46	15,6	4,0	2,16	0,22	0,18	6,47
	240	4,30	4,48	15,8	4,2	2,15	0,20	0,18	6,41

TABLA IV

Efecto del fertilizante fosfatado sobre las formas de P y retención de fosfatos en tres suelos derivados de cenizas volcánicas

Suelo	Dosis fertilizante fosfatado ppm P_2O_5	pH KCl 1:2,5	P-total		P-Org		P-Inorg		P-Al		P-Fe		P-Ca		P-Ocl		P-Fij. P-aprov	
			ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	%	ppm
Andisólico I	0	4,40	1380	834	60,43	546	39,56	137	9,93	105	7,60	15	1,08	289	20,94	96	3,81	
	80	4,35	1387	838	60,49	548	39,51	138	9,95	105	7,57	15	1,08	291	20,98	94	14,87	
	160	4,35	1392	842	60,49	550	39,51	140	10,05	105	7,54	15	1,08	290	20,83	93	16,67	
	240	4,45	1400	849	60,64	551	39,35	140	10,00	105	7,50	20	1,43	291	20,78	90	18,83	
Andisólico II	0	4,40	1160	640	55,17	520	44,82	112	9,65	100	8,62	10	0,86	298	25,68	96	2,97	
	80	4,35	1250	690	55,20	560	44,80	124	9,92	110	8,80	15	1,20	311	24,88	96	16,85	
	160	4,32	1280	708	55,31	572	44,68	128	10,00	116	9,06	16	1,25	312	24,37	96	18,05	
	240	4,32	1310	725	55,34	585	48,77	134	10,22	119	9,08	18	1,37	314	23,96	94	20,18	
Oxisólico III	0	4,40	770	346	44,35	435	55,64	70	9,09	115	14,93	15	1,95	238	29,49	90	2,78	
	80	4,30	790	341	43,16	449	56,83	72	9,11	118	14,93	15	1,90	244	30,88	88	16,75	
	160	4,37	795	345	43,39	450	56,60	73	9,18	120	15,09	15	1,88	242	30,44	84	18,95	
	240	4,30	805	350	43,48	455	56,52	75	9,31	125	15,52	16	1,99	239	29,68	80	20,95	

En los casos de los suelos Andisólico I y II, no se logró llegar a la cosecha máxima a pesar de la dosis de 240 ppm de P_2O_5 pues sólo incrementaron la materia seca en 0,75 y 2,40 g/maceta respectivamente, por el contrario la misma dosis llevó a la máxima producción posible al suelo Oxisólico III con 11,98 g/maceta. Estos resultados reflejan el comportamiento diferente de los suelos experimentales en la capacidad de fijación de fosfatos (Tabla IV) reteniendo la mayor parte del fertilizante aplicado, el cual no puede ser utilizado por las plantas. En un papel intermedio se sitúa el Andisólico II.

Con respecto a lo anterior, de acuerdo con Wada (1959), el alofano y haloisita, al reaccionar con los iones fosfato, forman las llamadas taranakitas, que concuerdan con las apreciaciones de Gamboa y Blasco (1976); éstos autores encontraron que los suelos que contenían alofano retenían mayores cantidades de fósforo que los suelos con altos contenidos de goethita, hematita y apreciables cantidades de óxidos hidratados de hierro.

Cuando se aplican fertilizantes fosfatados a un suelo ácido, según Fassbender (1975), prácticamente la fracción que no es absorbida por la planta reacciona con el Al^{3+} y el Fe^{3+} para formar precipitados cristalinos o amorfos de menor solubilidad. Estas evidencias norman el criterio para tomar en cuenta a los agentes de retención o fijación como los sesquióxidos, arcillas, materia orgánica y alofano.

La absorción de Ca se encuentra asociado al existente en el suelo; el Oxisólico III es deficiente en dicho elemento, no así los Andisólicos I y II los cuales tienen mayores contenidos. En cuanto a la absorción de P, la limitación mayor se observó en el suelo Andisólico I y menor en el Oxisólico III.

En resumen la respuesta a las adiciones de P por la planta indicadora fué:

Materia seca (g/maceta):

Oxisólico III (11,98) > Andisólico II (2,40) > Andisólico I (0,75).

Absorción de Fósforo (%):

Oxisólico III (0,14) > Andisólico II (0,13) > Andisólico I (0,09).

Estadísticamente se encontró que 240 ppm del fertilizante fosfatado fué la dosis que elevó los rendimientos, sobre todo en el suelo Oxisólico III.

2. Efecto de los niveles de P_2O_5 sobre las respuestas a pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico total, bases cambiables y aluminio extraíble, en tres suelos derivados de cenizas volcánicas de México.

La materia orgánica aumenta ligeramente en los tres suelos a medida que hay un mayor crecimiento, probablemente debido al aporte de residuos de raíces. La materia orgánica es muy alta en el Andisólico I, media en el Andisólico II y baja en el Oxisólico III. (Tabla III).

La CICT y bases cambiables aumentan ligeramente. El K^+ y Na^+ disminuyen ligeramente por el efecto probable de consumo durante el crecimiento de la planta. El aluminio disminuye sólo ligeramente, pues al no haber grandes cambios en la reacción del suelo no hay disminución de éste ión.

3. Efectos de los niveles de P_2O_5 en las formas de P-total, P-orgánico, P-inorgánico, P-Al, P-Fe, P-Ca, P-ocluido, P-fijado y P-aprovechable en tres suelos derivados de cenizas volcánicas de México.

En la Tabla IV se puede observar que la fuente fosfatada incrementó la cantidad de P-total del suelo, produciendo efectos detectables sobre el P-aprovechable, suministrado por el fertilizante fosfatado. Como ya se observó hay efectos favorables sobre la producción de materia seca y absorción de P por la planta, comprobándose que la aplicación del fertilizante fosfatado produce incrementos sostenidos de los cultivos.

El estudio de la intensidad con que los diferentes fosfatos del suelo contribuyen a la precipitación del P se presenta en el mismo cuadro.

Por lo que se refiere a las formas de P y las adiciones de fertilizante se observaron variaciones en la precipitación de éstos. Para el caso del suelo Andisólico I, se observó un incremento considerable del P-total debido a la adición del fertilizante fosfatado y a la cantidad de materia orgánica, normalmente elevada de éstos suelos, mientras que las cantidades de P-inorgánico son menores. Asimismo, las formas de P-Al y P-Ca aumentaron, lo cual indica que parte del P adicionado en el fertilizante fué rápidamente retenido en estas formas, mientras que los P-Fe disminuyen probablemente debido a una menor cantidad de Fe libre en éste suelo. La fijación se reduce en un escaso porcentaje.

Se aprecia también un considerable aumento del P-total para el suelo Andisólico II por la adición del fertilizante fosfatado, y la alta cantidad de materia orgánica. Hay un aumento del P-inorgánico en las fracciones de P-Al, P-Fe y P-Ca. Las formas de P-ocuidas disminuyen ligeramente. En este suelo el P-fijado disminuye sólo un 2%. El P-aprovechable sin embargo, es alto por la presencia del fertilizante fosfatado.

En el suelo Oxisólico III hay un aumento importante de P-total asociado con el alto contenido de P-aprovechable adicionado como fertilizante. El P-orgánico disminuye ya que éstos suelos contienen bajos contenidos de materia orgánica y las fracciones de P-inorgánicas son más importantes debido a los altos contenidos de Fe^{3+} , Al^{3+} y arcillas de tipo 1:1. La precipitación se llevó a cabo de manera especial sobre los P-Fe y P-Al, y solo una pequeña fracción del P se encontró en forma de P-Ca. Los P-ocuidos no tienen una tendencia definida a aumentar o disminuir.

En resumen, los fosfatos del suelo se precipitaron en el siguiente orden:

Suelo	P-org.	(60,43%)	>	P-inorg.	(39,56%)	>	P-ocl.	(20,94%)
Andisólico I:	P-Al	(9,93%)	>	P-Fe	(7,60%)	>	P-Ca	(1,08%)
Suelo	P-org.	(55,14%)	>	P-inorg.	(44,82%)	>	P-ocl.	(25,68%)
Andisólico II:	P-Al	(9,65%)	>	P-Fe	(8,62%)	>	P-Ca	(0,86%)
Suelo	P-inorg.	(55,64%)	>	P-org.	(44,35%)	>	P-ocl.	(29,49%)
Oxisólico III:	P-Fe	(14,93%)	>	P-Al	(9,09%)	>	P-Ca	(1,95%)

Para el caso de la precipitación de las diferentes fracciones inorgánicas varió entre límites relativamente amplios, como sigue:

Suelos Andisólicos: P-Al > P-Fe > P-Ca

Suelos Oxisólicos: P-Fe > P-Al > P-Ca



LAMINA III.—Efecto del fósforo sobre el crecimiento radicular. Las raíces de las plantas de lechuga no desarrollaron en ausencia de fertilización fosfatada (derecha), en tanto que las plantas que recibieron las máximas dosis de P (izquierda), incrementaron su crecimiento.

En relación a los resultados obtenidos para los tres suelos, los fosfatos de aluminio fueron los que más correlación tuvieron con la retención de P por la planta en los suelos I y II, en cambio para los suelos Oxisólicos III tuvieron más importancia los fosfatos de hierro, lo que implica la dominancia en estos suelos de altas cantidades de hierro activo. Los fosfatos de calcio contribuyeron en un porcentaje muy bajo indicando que ésta forma de fosfatos no aportó a la nutrición de la planta en la medida que lo hacen las otras fracciones. Esto es explicable por cuanto la solubilidad de las apatitas es mucho más baja que la correspondiente a los otros factores.

El papel de la materia orgánica en la fijación de fósforo ha sido indicada por otros autores. La presencia de cargas electropositivas lleva a la

adsorción de los iones $H_2PO_4^-$. Al considerar los suelos estudiados se encontró que ésta es más elevada en el caso de los Andisoles y por consiguiente la fijación en éstos. Para los suelos Oxisólicos la asociación es menor.

La importancia de la materia orgánica se destacó así en Andisoles y será un factor decisivo en la limitación de la producción agrícola cuando se acumule en el horizonte superficial sin mineralizar.

Para los suelos respectivos se ha encontrado que los procesos de fijación predominan notablemente en el siguiente orden:

Suelo Andisólico I > Suelo Andisólico II > Suelo Oxisólico

La determinación de la fijación de fosfatos en los suelos estudiados es muy alta y presenta un rango que varía entre el 80 y 96% del P agregado (Lámina 3).

Las relaciones entre la absorción de P por la planta y las fracciones de P-aprovechable fueron prácticamente constantes en todos los tratamientos. Se incrementó en los tres suelos conforme a las dosis del fertilizante, lo que significa que en éstas condiciones los suelos requieren de considerables aportes de P como fertilizante y que en relación a los cultivos que se practiquen, tiene que tenerse en cuenta los siguientes cuidados: dosis, solubilidad del fertilizante, tamaño del gránulo, forma y época de aplicación.

Estos resultados están en correlación con los encontrados en suelos ácidos por otros investigadores, no obstante hay que tener en cuenta que el esquema aquí obtenido es con adición intensa de fertilizante fosfatado.

Asimismo se pudo comprobar la importancia de la naturaleza del suelo y el comportamiento de las diferentes fracciones de fósforo en relación al suministro de P como fertilizante.

CONCLUSIONES

Se investigaron la naturaleza de la fijación de P en suelo Andisólicos y Oxisólicos de la región cafetalera de Soconusco, Estado de Chiapas, México y los efectos del fertilizante fosfatado, a través de la planta indicadora *Lactuca sativa*.

La gran deficiencia en fosfatos de los suelos utilizados se refleja en la escasa cosecha que se alcanzó en ausencia de fertilizantes fosfatados cuyas producciones de materia seca sólo llevaron a 0,01, 0,1 y 0,1 g por maceta para los suelos Andisólico I "San Jerónimo", Andisólico II "11 de Abril" y Oxisólico III "Independencia", respectivamente.

Las plantas de estas macetas mostraron síntomas visibles de deficiencia de fósforo, siendo sin duda la falta de éste elemento un factor limitante para la productividad. La limitación fué mayor en el suelo Andisólico I, ya que éstos alcanzaron en promedio el menor rendimiento, fue media en el Andisólico II y menos aguda en el Oxisólico III.

Los niveles de P_2O_5 incrementaron significativamente y en forma lineal la materia seca y absorción de P por las plantas. El testigo, según análisis foliar, incorporó la menor cantidad de tal elemento.

Los suelos Andisólicos I y II presentaron las mayores concentraciones de P-total (1380 ppm de P_2O_5) duplicando las correspondientes al suelo Oxisólico III.

La contribución de las formas de fósforo en los diferentes suelos y la absorción del P por la planta presenta la siguiente secuencia:

Andisoles: P-org. > P-inorg. > P-ocl. > P-Al > P-Fe > P-Ca.
 Oxisólicos: P-inorg. > P-org. > P-ocl. > P-Fe > P-Al > P-Ca.

Los resultados indicaron que gran parte del P añadido al suelo como fertilizante se precipitó hacia las diferentes formas.

RESUMEN

En suelos volcánicos ácidos de la región cafetalera de Soconusco, Edo. de Chiapas, México, se estudió y evaluó el fenómeno de la fijación de fósforo en Andisoles y suelos Oxisólicos, usando fertilizantes fosfatados.

Los resultados de los experimentos pueden resumirse como sigue:

Bajo condiciones de invernadero se llevó a cabo un experimento de tipo factorial usando cuatro niveles de fertilizantes fosfatados, evaluándose sobre la planta indicadora *Lactuca sativa*, a través de:

1. efecto sobre producción de materia seca y absorción de P y Ca por la planta indicadora,

2. efecto sobre pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, bases cambiables y aluminio extraíble,

3. efecto sobre formas de fósforo: P-total, P-orgánico, P-inorgánico, P-Al, P-Fe, P-Ca, P-ocluído, P-fijado y P-aprovechable.

Las dosis de P_2O_5 incrementaron significativamente tanto la producción de materia seca como la absorción de P y Ca por la planta.

El efecto de la interacción de las diferentes dosis aplicadas indica que el fenómeno de precipitación del P adicionado dependió de las propiedades fisicoquímicas del suelo empleado.

Las formas de fósforo precipitados opera para estos suelos con el siguiente orden:

Andisólico I : P-org. > P-inorg. > P-ocl. > P-Al > P-Fe > P-Ca.

Andisólico II : P-org. > P-inorg. > P-ocl. > P-Al > P-Fe > P-Ca.

Oxisólico III : P-inorg. > P-org. > P-ocl. > P-Fe > P-Al > P-Ca.

El contenido de P-total en los suelos oscilaron entre 770 y 1780 mg P/kg de suelo. Estos valores resultaron estar condicionados por la composición del material parental, grado de intemperismo, materia orgánica y pH del suelo. Los suelos Andisólicos presentaron los porcentajes más altos.

La proporción de P-orgánico varió entre 44,02 y 60,43%, mientras que los inorgánicos variaron de 39,56 a 56,64%. Las fracciones orgánicas dominaron sobre las inorgánicas en los suelos andisólico I y Andisólico II, mientras que en el suelo Oxisólico III disminuyó. Los fosfatos de hierro, aluminio e inertes predominaron sobre las fracciones cálcicas.

La capacidad de fijación de fósforo es muy alta en Andisoles y mediana en los Oxisólicos. Los resultados obtenidos indican que gran parte del P-aprovechable que se puede encontrar en los suelos dependen en gran medida de los fenómenos de precipitación de fósforo, solubilidad del fertilizante fosfatado empleado, forma de aplicación y el suelo empleado en el experimento.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, H.N. 1969. Geographic distribution and characteristics of volcanic ash Soils in Mexico. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, 1.6.1-12.
- AGUILERA, H.N. 1965. Suelos de Ando, Génesis, Morfología y Clasificación. Serie de Investigaciones No. 6. E.N.A. Colegio Posgraduados, Chapingo, México.
- BIRREL, K.S. 1964. Some properties of volcanic ash soils. FAO. World Soil Resources. Report No. 14:74-81.
- BLACK, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. of Agronomy 2-9.
- BORNEMISZA, E. e IGUE, K. 1967. Oxidos libres de hierro y aluminio en suelos tropicales. Turrialba 17 (1):359-364.
- BUCKMAN y BRADY. 1967. El abastecimiento y aprovechamiento de fósforo y potasio. In Naturaleza y propiedades de los Suelos. Ed. Montaner y Simon, S.A. Barcelona, p. 450-466.
- BRAY, H.R. y KURTZ, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59 (1):39-45.
- CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84 (2): 133-144.
- CHANG, S.C. y JUO, S.R. 1963. Available phosphorus in relation to forms of phosphorus in soils. Soil Science 95:91-96.
- FASSBENDER, H.W. 1966. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos usando las isotermas de Langmuir. Fitotecnica Latinoamericana, 3:203-216.
1966. Phosphate retention and the different chemical forms under laboratory conditions from 14 Costa Rican Soils Agrochimia 12(6):512-521.
1969. Deficiencias y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica. B.4.1-10.
- FASSBENDER, H.W. 1969. Estudios del fósforo en suelos de América Central. IV. Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Turrialba 19(4):497-505.
1975. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina, San José, IICA p. 268-307.
- e IGUE, K. 1967. Comparación de métodos radiométricos y colorimétricos en estudios sobre retención y transformación de fosfatos en suelos. Turrialba 19(3):368-374.
- GAMBOA, J. y BLASCO, L.M. 1976. Dinámica del fósforo en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas. Turrialba 26(2):150-155.
- HSU, P.H. 1965. Fixation of phosphate by aluminium and iron in acid Soils. Soil Sci. 99 (6):398-402.
- JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Barcelona. Omega. 662 p.
- LOPEZ R. y LOPEZ M.J. 1978. Deficiencias minerales. El diagnóstico de suelos y plantas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 248-249.
- RAMOS H. S.G. 1979. Estudios edafológicos de una zona cafetalera de Soconusco, Edo. de Chiapas. Tesis Biólogo, Facultad de Ciencias UNAM.
- RAMOS H. S.G. 1982. Comportamiento de fertilizantes fosfatados y el uso de enmiendas calcáreas y silicatadas en suelos fijadores de fósforo. Tesis Maestro en Ciencias, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias, UNAM.
- y AGUILERA, H.N. 1980. Estudios edafológicos de una zona cafetalera de Soconusco, Edo. de Chiapas. XIII Congreso Nacional de la Ciencia de Suelo. Tomo I. p. 258-277.
- SEN GUPTA, M.B. y CORNFIELD, A.H. 1962. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. Journal of the Sci. of Food and Agric. 13(4):652-655.
- SYERS, J.K., WILLIAMS, J.D.H., WALKER, T.H. and CHAPMAN, S.A. 1970. Mineralogy and forms of inorganic phosphorus in a gray wacke soil rock weathering sequence. Soil Sci. 11(2):110-116.
- TURRENT, F.A. 1960. Determinación de los coeficientes de absorción de fósforo de diferentes fuentes por plántulas de sorgo. Tesis Ing. Agrónomo. E.N.A. Chapingo, Méx.
- WADA, K. 1959. Reaction of phosphate with allophane and halloysite. Soil Science 110(1) 13-17.

EVALUACION DE LA SOLUBILIZACION DEL FOSFORO MINERAL EN SUELOS CALIZOS POR *Bacillus cereus*. ENSAYOS DE INVERNADERO

Por

FERNANDEZ HERRERA, M.; CARPENA ARTES, O. Y
CADAHIA LOPEZ, C.

SUMMARY

EVALUATION OF THE SOLUBILISATION OF THE MINERAL PHOSPHORUS IN LIME SOILS BY BACILLUS CEREUS. EXPERIMENTS IN A GREENHOUSE

In the present work, the solubilisation of P is studied by experiences in a greenhouse, starting from the results obtained in experiences "in vitro", from which we could isolate 4 lines of *Bacillus cereus*, that can dissolve bi and tricalcium phosphates. This solubilization is evaluated by electro-ultrafiltration method.

We planned the experiences with a plant and without it in a pot with the same substrate, so we could interpretate the results more exactly and could eliminate the effect of absorption of the plant. The indicator plant was the gramineous "*Lolium multiflorum*".

The action of *B. cereus*, produces increase from 40 to 44% of the phosphate taken by the plant.

INTRODUCCION

El fósforo disponible en suelo para las plantas suele ser muy bajo debido a la fácil inmovilización de este elemento por formación de fosfatos insolubles. Por otra parte y como consecuencia del cultivo intensivo de los suelos agrícolas, se ha procedido a realizar abonados cada vez más intensos con fertilizantes fosfóricos, fosfatos naturales e incluso residuos de altos hornos ricos en fósforo, para aumentar la disponibilidad de este elemento en el suelo.

Debido a estos abonados intensos y a la rápida fijación del fósforo en el suelo, sobre todo en los suelos calizos, existe una gran reserva de fósforo inmovilizado.

En el presente trabajo se estudia la solubilización del fósforo, mediante experiencias "in vivo" en invernadero, y partiendo de los resultados obtenidos en experiencias "in vitro", donde conseguimos aislar 4 cepas de "*Bacillus cereus*", capaces de solubilizar fosfatos bi y tricálcico.

La inoculación de estas cepas bacterianas al suelo y su posterior cultivo ha resultado beneficiosa para paliar el grave problema de la fijación de fósforo en suelos calizos españoles, aportándose así una solución para aprovechar las elevadas cantidades de fósforo existentes en los suelos y dosificar adecuadamente los fertilizantes fosfóricos. Por otra parte,

y según demostramos en nuestro anterior trabajo (F. Herrera 1983), realizado "in vitro", es necesario utilizar nuevas metodologías para evaluar adecuadamente la eficacia de la acción bacteriana sobre el fósforo.

MATERIAL Y METODOS

Partimos de suelos calizos, cuyos análisis expresamos en la tabla I antes de comenzar las experiencias. Procedimos a someter al suelo a un abonado de sementera de N, P, K, según normas de la F.A.O., indicándose también en la tabla I, los análisis del suelo después de la fertilización.

Como planta indicadora utilizamos la gramínea del género: *Lolium multiflorum*. La fertilización expresada en mg/kg de suelo seco al aire correspondió a:

- 100 mg de N como NH_4NO_3 .
- 180 mg de K_2O como ClK .
- 100 mg de P_2O_5 como PO_4HCa .

Utilizamos tiestos de 1000 g, conteniendo 700 g de suelo y 300 g de grava. Por separado, para cada tiesto, homogeneizamos el suelo, la grava y el fertilizante. La mezcla se efectuó 30 días antes de proceder a la siembra de la gramínea, y durante este tiempo mantuvimos los tiestos con una humedad de 80% (capacidad de campo), con el fin de que el fósforo añadido en la fertilización se fijara en el suelo problema.

Transcurridos los 30 días procedimos a la siembra del *Lolium multiflorum*, aplicando 40 semillas por tiesto.

Se montaron dos experiencias paralelas, una con planta y otra sin ella, para una más correcta interpretación de los resultados, con los mismos bloques de tratamientos. Por tanto, la experiencia constó de 24 tiestos en total, 12 con planta y 12 sin ella. Cada bloque de 12 se distribuyó en 3 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos fueron: testigo (macetas con y sin plantas, fertilizadas pero sin añadir el inóculo bacteriano); CI , perteneciente a una variedad de género *Bacillus cereus*; y un tercer bloque inoculado con la variedad denominada por nosotros CII , perteneciente al mismo género de la CI .

TABLA I

Análisis del suelo original (S_I) y después de la fertilización ($S_I + F$)

Suelo	pH	%		ppm en suelo		P (E.U.F.) ppm			
		M.O.	CO_3Ca	P_{total}	P_{Olsen}	I	II	III	total
S_I	7,6	1,6	33	4687	10	3,6	5,5	3,4	12,5
$S_I + F$	—	—	—	4925	19	4,1	9,2	3,3	16,6

Estas dos variedades inoculadas del genero *Bacillus cereus*, en nuestras experiencias "in vitro" (F. Herrera 1983), habian proporcionado un alto poder solubilizador.

La parte experimental se efectuó en un invernadero automatizado, con calefacción de apoyo y un sistema de refrigeración para evitar un cambio brusco de la condiciones climáticas. Una vez inoculadas las macetas, el conjunto de 24 tiestos se distribuyó en bloques al azar.

La inoculación de las macetas se efectuó a partir de una suspensión de 10 ml de solución salina, sobre un tubo de agar inclinado donde se mantuvieron las cepas para conservarlas durante todo el período experimental.

A lo largo del ciclo de cultivo efectuamos 3 cortes, a intervalos de 4 semanas.

En los 3 cortes efectuamos un análisis foliar de fósforo (Lachica, 1973), y se determinó el peso fresco y el peso seco por muestra.

Entre el segundo y el tercer corte, procedimos a aplicar un abonado de cobertera, según las recomendaciones de la F.A.O. con:

—100 mg de K_2O .

—100 mg de N.

Por kilo de suelo añadimos 214,9 mg de NO_3K y 457,3 de $(NO_3)_2Ca$. H_2O .

En el primer corte tomamos muestra de suelo de cada maceta y analizamos el fósforo por el método de la electroultrafiltración (EUF), (Carpena y col. 1981). Se determinan las fracciones P_I , P soluble; P_{II} , reserva labil y P_{III} , capacidad buffer.

En los cortes 2.º y 3.º, además de todos los análisis anteriormente referidos, evaluamos el fósforo del suelo de cada una de las 24 macetas, por el método de Burriel y Hernando. (1947).

Las determinaciones analíticas de fósforo, tanto para los análisis foliares como para las extracciones de fósforo del suelo, se efectuaron en un autoanalizador *Technicon serie II* (Gárate 1979), y (Cadahia 1973).

Para el cálculo estadístico de los resultados, efectuamos un análisis de varianza, cuyo modelo matemático es:

$$X_{ij} + T_i + B_j + e_{ij} + M$$

en el cual la varianza total la hemos descompuesto en varianza debida al efecto de bloque y del muestreo (error) (Zornoza 1981).

RESULTADOS

En la tabla I se observa que al añadir fosfato bicálcico en la fertilización se produce el correspondiente incremento en las fracciones de P (EUF), lo que nos permite establecer una correlación entre la evolución de una fracción concreta de fósforo en el suelo y el fertilizante añadido. Por otra parte, es posible apreciar dicha adición en el valor del PO_{lsen} , aunque de una forma global, así como en los valores del fósforo total.

En el 1.º corte efectuado no se observan diferencias significativas en los análisis de suelo (P EUF), debido a una fijación acusada que sobre-

FRACCIONES P (E.U.F).

1º CORTE

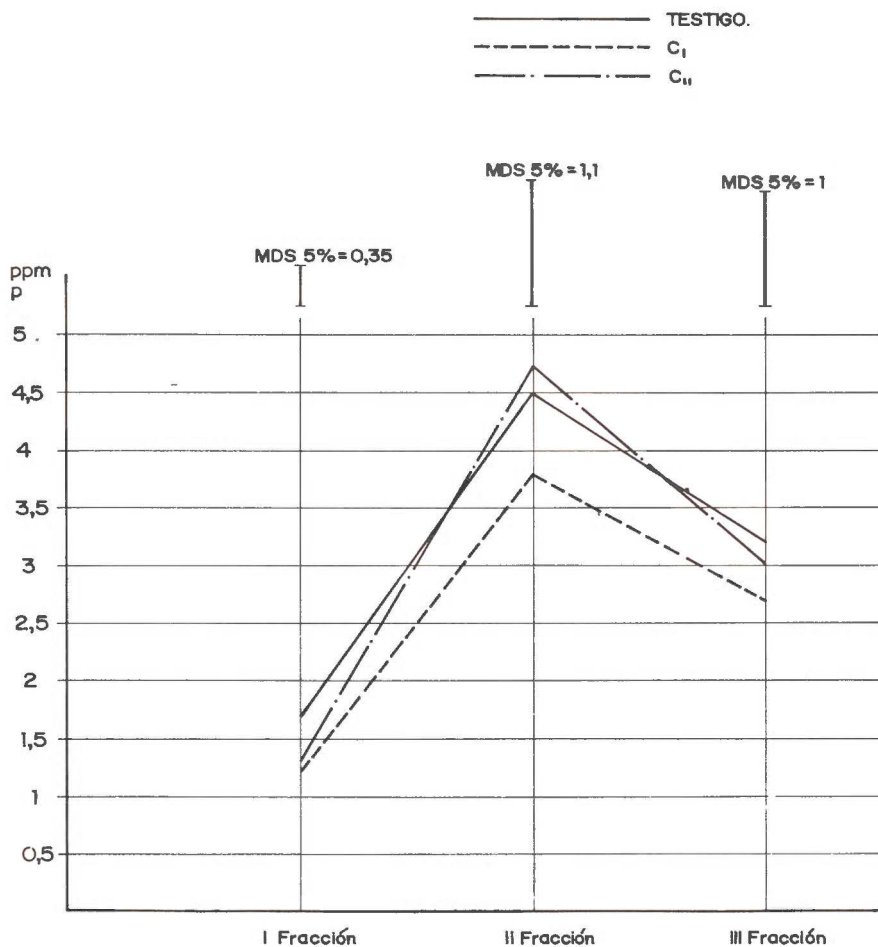
SUELO S₁ (calizo) con planta.

Fig. 1

FRACCIONES P (E.U.F.).

1^º CORTE

SUELO S₁ (calizo) sin planta.

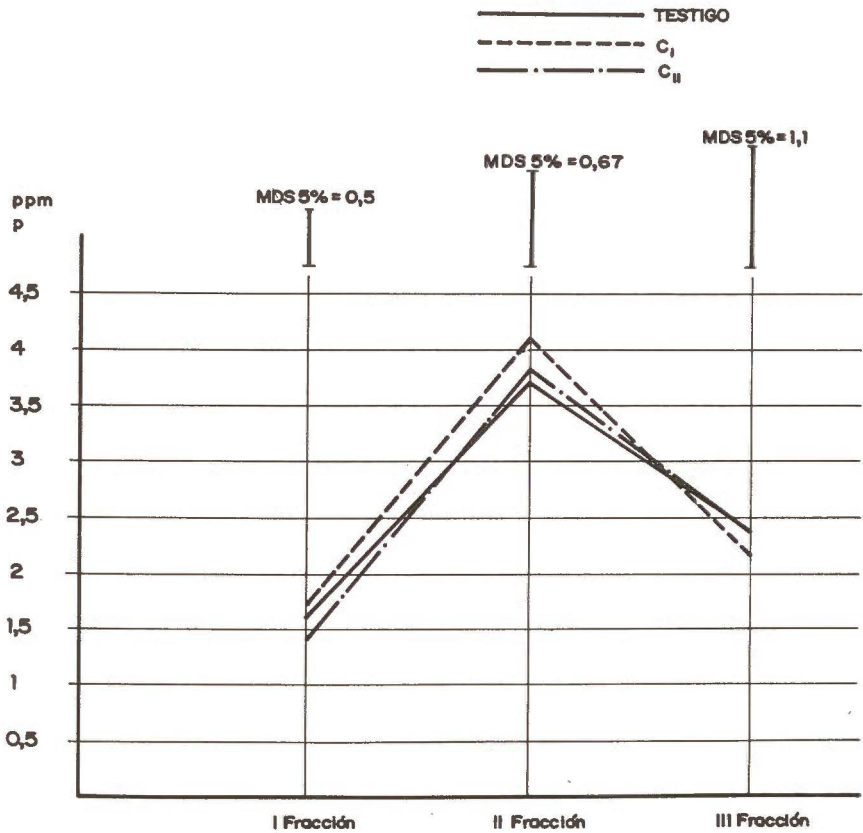


Fig. 2

EVOLUCION DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL
RENDIMIENTO FRESCO DE LA PLANTA (grs)

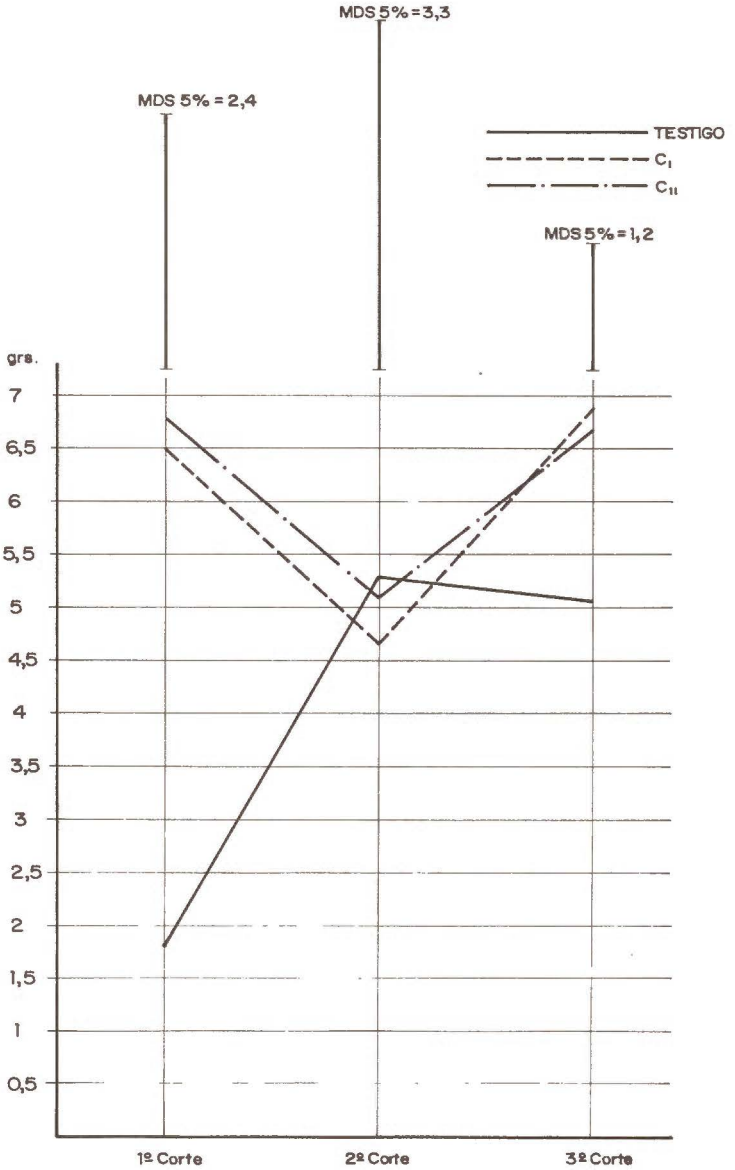


Fig. 3

EVOLUCION DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DE LA EXPORTACION DE FOSFORO POR LA PLANTA (mg.P/ tiesto).

SUELO S₁ (calizo).

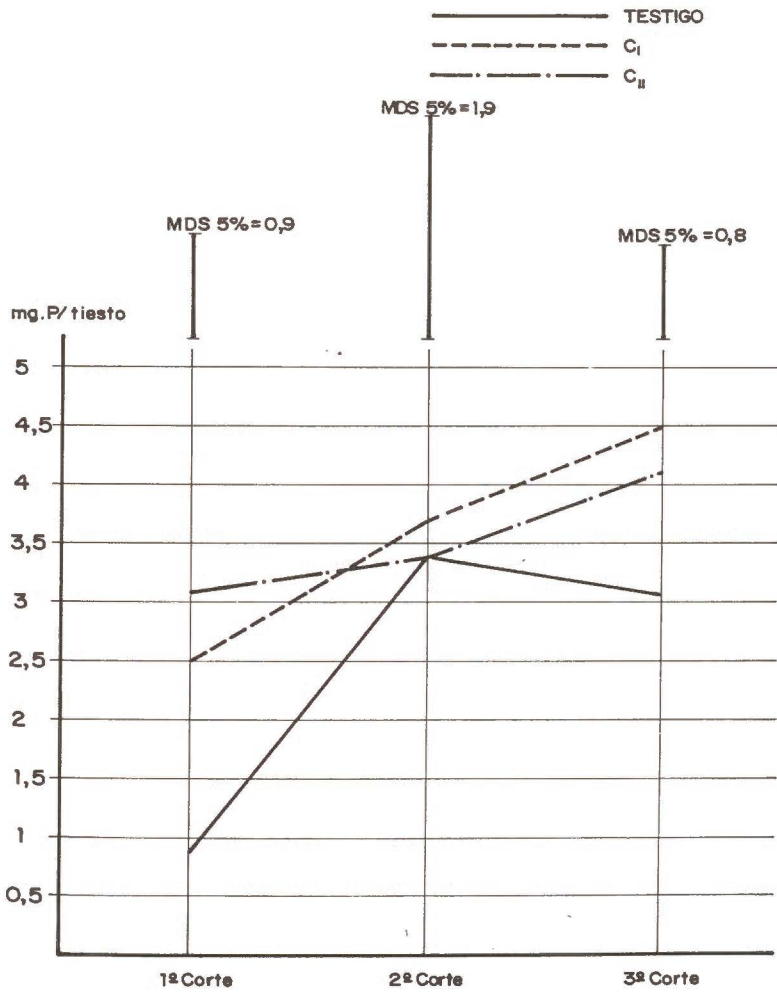


Fig. 4

FRACCIONES P (E.U.F.).

2º CORTE

SUELO S₁ (calizo), sin planta.

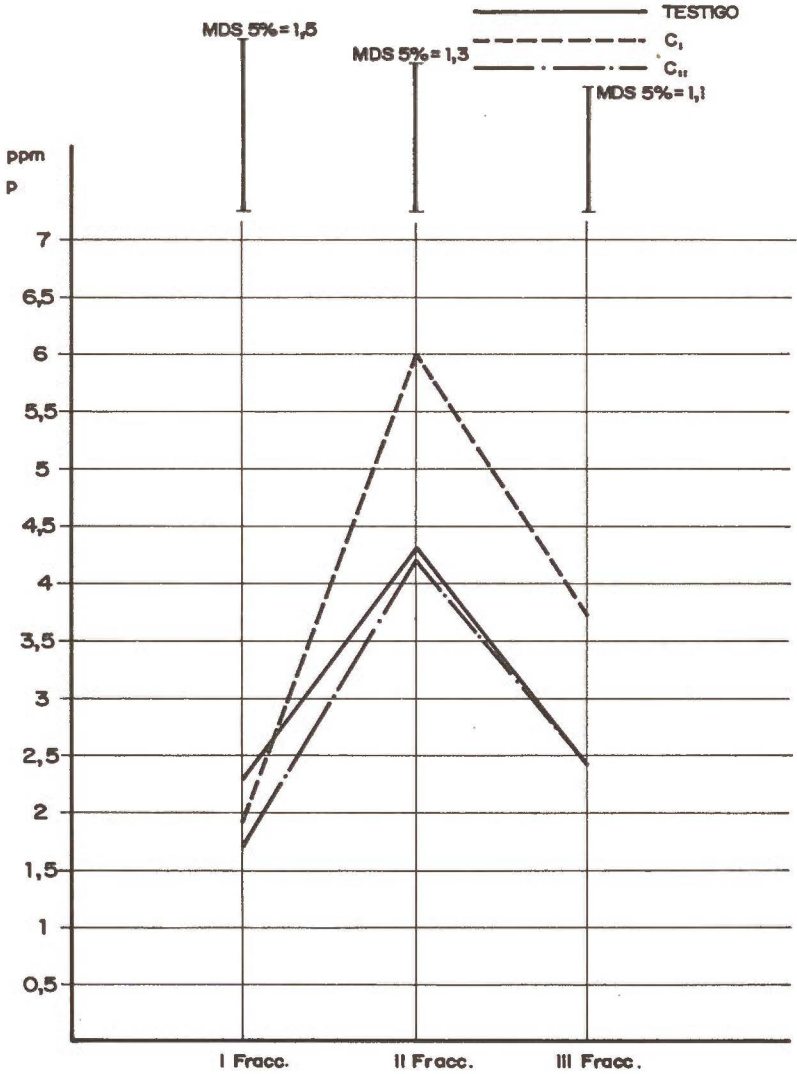


Fig.5

FRACCIONES P (E.U.F.).

3º CORTE.

SUELO S₁ (calizo), sin planta.

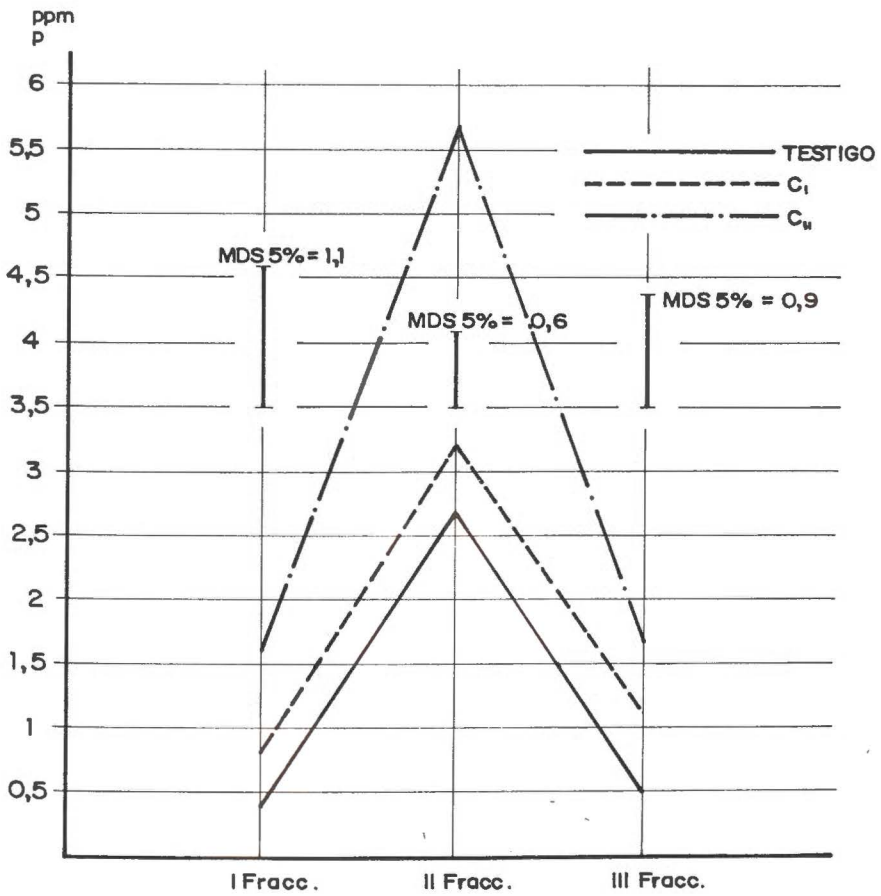


Fig.6

pasa la posible disolución del fósforo por parte de las bacterias inoculadas (figs. 1 y 2). Sin embargo, tanto en los rendimientos como en la exportación de fósforo por la planta, se observa una acción acusada de las cepas (figs. 3 y 4).

La explicación de esta aparente anomalía, se puede dar en función de que mientras existe en el suelo fosfato bicálcico procedente de la fertilización, las bacterias ejercen su acción fertilizante con relativa rapidez, pero a medida que el bicálcico se transforma en tricálcico, la acción bacteriana se ralentiza.

Este proceso se da entre la siembra y la inoculación bacteriana y el 1.^{er} corte de material vegetal, coincidiendo con la 1.^a toma de muestra de suelo, en cuyo momento el fósforo añadido debe haberse transformado en fosfato tricálcico.

En la 2.^a toma de muestra de material vegetal, no se observa una acción claramente positiva sobre el rendimiento y la exportación de fósforo por la planta (figs. 3 y 4), aunque ya empieza a apreciarse dicha acción sobre el suelo sin planta (fig. 5), en las fracciones II y III de las extracciones de P EUF, para la cepa C_I, continuando dicha tendencia más claramente en el tercer corte.

En el tercer corte, la tendencia mencionada se hace más acusada para la capa C_{II}, hecho que se observa en el suelo sin planta (fig. 6), pero no en el suelo con planta, debido probablemente a que en este la exportación sobrepasa el incremento de ritmo de disolución. Hecho que se confirma en la exportación de fósforo en el tercer corte y en los rendimientos (figs. 3 y 4).

En resumen, se obtiene un efecto positivo de los tratamientos bacterianos, para el suelo calizo estudiado, cuyo mecanismo puede explicarse mediante el estudio del fósforo extraído por el método de la EUF, en el 2.^o y 3.^o corte, como consecuencia se da una mayor exportación del fósforo por la planta (40 a 44%) y un aumento significativo de los rendimientos (45%) para el tratamiento C_I.

En cuanto a la comparación entre los métodos de extracción clásicos: Olsen, Burriel y Hernando y los no clásicos (P EUF), observamos que el método de la EUF, nos informa con mayor exactitud de la verdadera incidencia de las cepas bacterianas, al poderse determinar diferentes fracciones de fósforo en el suelo.

En el método Burriel y Hernando no se explica lo que se obtiene en la planta y nos proporciona datos sobre el fósforo asimilable, considerado globalmente, pero sin informarnos de la fracción del suelo de la que procede. Por otra parte, es posible que el método de Burriel y Hernando, extraiga excesiva cantidad de fósforo correspondiente al fosfato tricálcico, que realmente no se asimila por la planta.

En futuras experiencias se estudiarán las posibilidades de aplicación de las bacterias seleccionadas, para resolver el grave problema de la fijación del fósforo en suelos calizos, cuya solución hoy por hoy solo cabe esperarse con una dosificación del fertilizante fosfórico más adecuada y sobre todo con un incremento de la disponibilidad para la planta por la acción microbiana.

CONCLUSIONES

—La acción solubilizadora de *B. cereus*, produce un incremento del 40 al 44% del fósforo tomado por la planta.

— Las fracciones de fósforo obtenidas por el método de la electroultrafiltración (EUF), han resultado, ser índices adecuados para interpretar la acción bacteriana sobre la solubilización de fosfatos. La fracción P_{II} (EUF), parece ser el índice más claro para interpretar la evaluación de la acción bacteriana sobre el fosfato bicálcico.

— La realización paralela de las experiencias con y sin plantas, ofrece la posibilidad de interpretar más exactamente los resultados y de eliminar el efecto de absorción de la planta, que enmascara, en muchos casos, el incremento de solubilización en el suelo por la acción microbiana.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la solubilización del P, por experiencias en invernadero, partiendo de los resultados obtenidos en experiencias "in vitro", donde aislamos 4 cepas de *Bacillus cereus* capaces de disolver fosfato bi y tricálcico.

La evaluación de la acción bacteriana se realiza mediante un sistema de electrodiálisis denominado electro-ultrafiltración.

Planteamos la experiencia, en tiestos con planta y sin planta y con el mismo sustrato, para interpretar los resultados más exactamente y eliminar el efecto de absorción de la planta. La planta indicadora fué la gramínea *Lolium multiflorum*.

La acción del *Bacillus cereus* produce un incremento del 40 - 45 % del fosfato absorbido por la planta.

BIBLIOGRAFIA

- BURRIEL, F. y HERNANDO, V. (1947). "El fósforo en los suelos. Contribución a la determinación colorimétrica del fósforo". Anal. Edaf. Eco. y Fis. Veg. 6, 543-582.
- CADAHIA, C. (1973). "Determinación simultánea de Nitrógeno y Fósforo en suelos y plantas con un sistema autoanalizador". Anal. Edaf. Agrob. XXXII, 5-6, 479-500.
- CARPENA, O. y Col. (1981). "Estudios básicos de fertilidad por un sistema de electro-ultrafiltración (E. U. F.)". Anal. Edaf. Agrob. XL, 11-12, 2385-2391.
- GARATE, A. (1979). "Estudio de la dinámica del Boro en suelos calizos mediante un sistema de electro-ultrafiltración". Tesis Doctoral, Dep. Quím. Agric. de la Facultad de Ciencias de la U. A. M.
- FERNANDEZ HERRERA, M. (1983). "Solubilización bacteriana de fósforo mineral en suelos Calizos". Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Dep de Quím. Agric. U. A. M.
- LACHICA GARRIDO, M. (1965). "Análisis foliar. Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín". Anal. Edaf. Agrob. XXIV, 589-610.
- ZORNOZA, P. (1981) "Influencia del fósforo manganeso y boro en la biosíntesis de flavonoides". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Dep. de Química Agrícola. Universidad Autónoma de Madrid.

Recibido para publicación: 6-IV-84.

MAYOR TOLERANCIA A s-TRIAZINAS DE TRES ESPECIES DE *AMARANTHUS* TRAS REPETIDAS APLICACIONES DE SIMAZINA.

Por

R. DE PRADO, P. MENENDEZ Y M. TENA

Cátedra de Bioquímica y Química Agrícola, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Córdoba.

SUMMARY

INCREASED TOLERANCE TO s-TRIAZINES OF THREE SPECIES OF *AMARANTHUS* AFTER SUCCESSIVE APPLICATIONS WITH SIMAZINE

Differential chloroplastic tolerance to atrazine, simazine and diuron of three species of *Amaranthus* (*A. albus*, *A. retroflexus*, and *A. blitoides*), proceeding from olive plots which had been repeatedly treated with simazine or which had not been treated with any herbicide at all (T and NT weeds, respectively), was evaluated *in vitro* through Hill reaction experiments. For comparative purposes a similar study was made on two biotypes of *A. hybridus*, susceptible (S) and atrazine-resistant (R), respectively. Weeds T and NT or R and S showed a similar susceptibility to diuron. Weeds T showed a higher tolerance to atrazine and simazine than that of NT weeds (resistance factors of between 1.3 and 5.9 to atrazine, and between 5.3 and 24.7 to simazine). However, a much greater differential tolerance to atrazine and simazine was found among R and S *A. hybridus* (resistance factors of 314 and 245, respectively). *In vivo* studies on induction of chlorophyll fluorescence indicated a higher penetration and/or lower detoxification of the triazines assayed in *A. hybridus* than in the other three species of *Amaranthus*. It is suggested that this fact could explain the development in those species of a lower chloroplastic tolerance to s-triazines.

INTRODUCCION

En 1956 Harper (12) señaló que las malas hierbas podían desarrollar mecanismos de resistencia a los herbicidas después de tratamientos repetidos con el mismo herbicida. Desde 1.970 al menos 30 especies de malas hierbas resistentes a las s-triazinas han sido encontradas, caracterizándose en todos los casos que la alteración del sitio de acción es la responsable de la resistencia a los herbicidas (4). Se ha sugerido que una proteína del PS II, la cual contiene el sitio de enlace a las triazinas, ha sido modificada en las plantas resistentes de forma que se pierde la afinidad a las triazinas (15).

Abreviaciones: PS II, fotosistema II; DMSO, dimetilsulfóxido; TRIS, tris-hidroxi metil aminometano; PVP, polivinilpirrolidona.

En Andalucía Occidental, y concretamente en la provincia de Córdoba y Jaén, abundan las especies del género *Amaranthus*, las cuales se caracterizan por ser de tipo biológico anual y poseer una enorme capacidad para regenerar sus poblaciones, ya que el número de semillas producidas por individuo se estima alrededor de 40.000 (5). En este trabajo se ha estudiado la posible aparición de resistencia cloroplástica a s-triazinas en tres especies del género *Amaranthus*. Las semillas fueron recolectadas de dos parcelas vecinas de olivar, una de las cuales había sido tratada anualmente con simazina de forma continuada desde 1.976, mientras que la otra no había recibido ningún tratamiento con herbicida. A efectos comparativos se ha incluido en la investigación dos biotipos de *Amaranthus hybridus*, resistentes y sensibles a las s-triazinas.

MATERIAL Y METODOS

Material vegetal

Plantas de especies *Amaranthus albus* L., *A. retroflexus* L., *A. Blitoides* S. Watson y *A. hybridus* L. se han utilizado en el presente trabajo. Las de las tres primeras especies procedían de semillas recolectadas en 1.982 en dos parcelas vecinas de olivar del I.N.I.A. de Córdoba, una de las cuales había sido tratada anualmente con simazina (3,5 Kg/Ha primer año, 2,5 Kg/Ha siguientes) de forma continuada desde 1.976, mientras que la otra no había recibido ningún tratamiento con herbicida. Las plantas procedentes de ambas parcelas se denominarán como T (tratadas), y NT (no tratadas). Las semillas de *A. Hybridus* L, tanto sensibles (S) como resistentes (R) a las s-triazinas, nos fueron suministradas por el Laboratorio de Malherbología del I.N.R.A. (Dijon, Francia).

Las semillas se germinaron en placas Petri sobre perlita humedecida durante dos días a una temperatura de 30 °C e iluminación constante de 10.000 Lux. Las semillas germinadas se sembraron en macetas con suelo (2/3 arena-limosa, 1/3 turba), cultivándose en invernadero con un periodo de iluminación solar de aproximadamente 14 horas, siendo de unos 24 °C la temperatura durante el día y de unos 19 °C durante la noche; la humedad relativa fué del 70%. Las plantas R y T crecieron más lentamente, siendo recolectadas a las 10 semanas a partir de la siembra. Las S y NT se sembraron dos semanas más tarde, siendo recolectadas al mismo tiempo a fin de obtener una mayor homogeneidad en el material utilizado.

Preparación de cloroplastos.

El procedimiento fué adaptado de Ducruet y de Prado (9). Las hojas una vez desprovistas del peciolo fueron lavadas con agua destilada varias veces. Diez gramos de hojas enteras se sumergieron en un volumen doble (p/v) de tampón de extracción (50 mM TRIS-ClH pH 7,8,

0,4 M sacarosa, 10 mM KCl, 2 mM MgCl₂) y se mantuvieron en cámara fría a 4 °C durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo el material vegetal fué triturado en mortero, aproximadamente un minuto, junto con 25 ml de tampón de extracción que contenía 0,1% de PVP insoluble. La suspensión resultante fué filtrada a través de dos capas de nylon (30 µm) y centrifugada a 1.000 g (2 minutos). El sedimento así obtenido fué resuspendido en 25 ml de una solución hipotónica de NaCl (10 mM). El sedimento de cloroplastos rotos se obtuvo por centrifugación a 3.000 g (10 min), siendo resuspendido en 2 ml de tampón de extracción. Esta suspensión se mantuvo en oscuridad y en un baño de hielo hasta el momento de su uso. Todas las operaciones se realizaron a 4 °C.

Las medidas de la concentración de clorofila se efectuaron siguiendo el método descrito por Arnon (3).

Medidas de la inhibición del transporte electrónico.

Las medidas se efectuaron en base al parámetro I₅₀ (concentración de herbicida que inhibe el 50% de la reacción de Hill), que fué deducido a partir de la representación lineal de porcentajes de no inhibición frente al logaritmo decimal de concentración de herbicida añadido.

La concentración de oxígeno fué determinada mediante un electrodo de Clark (HANSATECH D.W.1) con cámara de ensayo de 2 ml de capacidad y termostato a 20 °C, bajo iluminación de 20.000 Lux. La concentración de clorofila empleada fué de 20 µg/ml. Al efectuar las medidas de desprendimiento de oxígeno, los cloroplastos siempre se suspendieron en tampón de extracción en presencia de 2 mM de ferricianuro potásico y 2 mM de NH₄Cl. Bajo estas condiciones, la velocidad de emisión de oxígeno fué constante durante el tiempo requerido para una medida (tres concentraciones de un inhibidor seleccionadas para un rango de inhibición entre 80-30%).

Medidas de fluorescencia sobre hojas enteras.

Se siguió el método de Ducruet y Gasquez (8) con algunas modificaciones. Las hojas escindidas se sumergieron un centímetro desde el peciolo en una solución 10⁻⁴ mM de herbicida, manteniendo un tes-tigo en agua destilada. Las hojas así dispuestas permanecieron expuestas a la luz a fin de que no perdiesen la actividad fotosintética, salvo dos horas antes de efectuar medidas del nivel de fluorescencia.

Las medidas de fluorescencia se realizaron empleando un espectrofluorímetro Perkin-Elmer, modelo MPF-43A; la iluminación se realizó con una lámpara de Xenon 150 W Osram. El máximo de excitación de la clorofila se consiguió con filtro azul de longitud de onda 440 nm, siendo el máximo de emisión de 685 nm; la señal obtenida fué filtrada a través de un amplificador y recogida en un registrador Perkin-Elmer, modelo 56.

Medidas de detoxificación

Para las especies de *A. albus*, *A. retroflexus* y *A. blitoides* se realizaron pruebas de detoxificación con el herbicida simazina, siguiendo la metodología de Cadahia *et al* (7). Las plantas se mantuvieron en solución nutritiva (6) conteniendo diferentes concentraciones de herbicida (1,5 y 10 ppm) hasta que se produjo un bloqueo total de la fotosíntesis, detectado mediante medidas de fluorescencia en hojas enteras. Posteriormente se transfirieron a solución nutritiva fresca, haciéndose medidas de fluorescencia a diferentes intervalos de tiempo.

Herbicidas

Los herbicidas fueron suministrados por casas comerciales, atrazina y simazina por Ciba-Geigy S.A. y diuron por duPont de Nemours S.A., con grado de pureza 98,4, 95,8 y 95%, respectivamente. Cuando se operó sobre cloroplastos se emplearon concentraciones 10^{-2} , 10^{-3} , y 10^{-4} M de herbicida, disueltos en DMSO, realizándose ensayos en blanco con el disolvente a diferentes volúmenes (máximo 5 μ l/ml) y no encontrándose interferencias en la cadena de transporte electrónico. Para los ensayos de fluorescencia se utilizaron concentraciones de 1, 5, 10 y 30 ppm de herbicida, usando DMSO como disolvente. En cualquier caso, la concentración de éste no sobrepasó el 3% (v/v).

RESULTADOS Y DISCUSION

Inhibición del transporte electrónico

En la Tabla I se muestran los valores de I_{50} , correspondientes a los diferentes herbicidas, para la inhibición de la reacción de Hill en preparados cloroplásticos de las distintas especies de malas hierbas estudiadas. El diurón fué el inhibidor más potente, presentando valores de I_{50} entre 0,03 y 0,20 μ M, lo que está de acuerdo con los datos de la bibliografía (10). No se apreciaron diferencias notables en los valores de I_{50} del diurón entre plantas T y NT, así como entre los biotipos R y S de *A. hybridus*. Esto último concuerda con el bajo valor, en torno a 1,4, encontrado por varios autores para el factor de resistencia ($I_{50} R/I_{50} S$) al diurón de cloroplastos de malas hierbas resistentes a s-triazinas (10), aunque discrepa en cierta medida del más alto valor, de 4, obtenido por Oettmeier *et al* (13) trabajando con biotipos R y S de *A. retroflexus*.

Los valores de I_{50} de atrazina y simazina frente a preparados cloroplásticos de los tipos silvestres de las especies estudiadas estuvieron comprendidos entre 0,11 y 0,35 μ M y entre 0,13 y 0,46 μ M, respectivamente (Tabla I). Estos valores resultan algo bajos en comparación con los recopilados en (10), rangos de 0,25-0,80 μ M para atrazina y de 0,4-4,0 μ M para simazina. En la bibliografía no hemos encontrado, sin embargo, datos de I_{50} de atrazina y simazina correspondientes a las especies estudiadas por nosotros, con excepción del valor de 0,32 μ M obtenido en (13) para el I_{50} de atrazina frente a *A. retro-*

TABLA I

Valores de I_{50} (μM) de atrazina, simazina y diuron frente a preparados cloroplásticos de diferentes *Amaranthus*.

Especies	Atrazina		Simazina		Diuron	
	I_{50}	$I_{50}T/NT$	I_{50}	$I_{50}T/NT$	I_{50}	$I_{50}T/NT$
<i>A. albus</i> (T)	0,65 \pm 0,04	5,9	3,7 \pm 0,22	24,7	0,13 \pm 0,02	1,5
<i>A. albus</i> (NT)	0,11 \pm 0,01		0,15 \pm 0,03		0,085 \pm 0,004	
<i>A. retroflexus</i> (T)	0,36 \pm 0,02	2,4	2,13 \pm 0,54	16,4	0,11 \pm 0,008	1,2
<i>A. retroflexus</i> (NT)	0,15 \pm 0,02		0,13 \pm 0,02		0,09 \pm 0,01	
<i>A. blitoides</i> (T)	0,45 \pm 0,04	1,3	1,8 \pm 0,21	5,3	0,095 \pm 0,006	1,1
<i>A. blitoides</i> (NT)	0,34 \pm 0,04		0,34 \pm 0,04		0,089 \pm 0,007	
<i>A. hybridus</i> (R)	110 \pm 3,54	314	112,5 \pm 8,3	245	0,084 \pm 0,004	1,2
<i>A. hybridus</i> (S)	0,35 \pm 0,04		0,46 \pm 0,04		0,072 \pm 0,002	

Los valores son media de dos repeticiones con tres ensayos por replicación.

flexus. El biotipo R de *A. hybridus* presentó factores de resistencia de 314 y 245 frente a atrazina y simazina, respectivamente. Estos valores concuerdan con los de factores de resistencia a s-triazinas encontrados trabajándose con preparados cloroplásticos de diferentes malas hierbas resistentes a atrazina (rango de 100-1000), (10), y más concretamente con el valor de 251 obtenido para *A. retroflexus* resistente por Oettmeier *et al* (13).

Los tipos T de las especies estudiadas presentaron valores de I_{50} para atrazina y simazina que fueron en todos los casos superiores a los obtenidos para los respectivos tipos silvestres NT (Tabla I). Los correspondientes factores de resistencia estuvieron comprendidos entre 1,3 y 5,9 para atrazina y entre 5,3 y 24,7 para simazina. Aunque estos valores resultan demasiado bajos como para permitir concluir resistencia a s-triazinas (10), si indican un claro incremento de tolerancia cloroplástica a las triazinas ensayadas. Dicho incremento de tolerancia fue máximo para *A. albus* y para simazina (Tabla I). Respecto a esto último, resulta sugerente el hecho de que el fenómeno de incremento de tolerancia presente, dentro de su carácter general, una notable especificidad hacia el herbicida (simazina) desencadenante del mismo.

Medidas de fluorescencia sobre hojas enteras

Cuando las hojas verdes, previamente mantenidas en oscuridad, se someten a iluminación emiten fluorescencia, la cual, tras un rápido ascenso hasta un valor máximo (P), decrece hasta un nivel constante (S). Este fenómeno es conocido como inducción de la fluorescencia de la clorofila a o "efecto Kausky" (14). Los inhibidores fotosintéticos a nivel del PS II, al bloquear la reoxidación de este fotosistema, modifican el anterior proceso: las hojas tratadas emiten fluorescencia, la cual, tras un rápido ascenso hasta un valor máximo (F_{max}), se mantiene posteriormente a este nivel, no observándose la característica caída $P \rightarrow S$. En consecuencia, la medida de fluorescencia de hojas enteras es una técnica útil, aunque sólo de tipo cualitativo, para la detección de resistencia cloroplástica a herbicidas inhibidores del PS II (1, 2, 8), siendo también interesante para establecer la tolerancia de especies vegetales a tales herbicidas resultante de procesos de detoxificación bioquímica de los mismos (7). Como se indica en la Figura 1, dos situaciones extremas son posibles cuando se efectúan medidas de este tipo con hojas tratadas con inhibidores fotosintéticos: 1) comportamiento normal, indicativo de una posible resistencia cloroplástica (Figura 1A); y 2) bloqueo fotosintético total, indicativo de la sensibilidad al inhibidor ensayado (Figura 1B).

En la Tabla II se muestran los efectos de atrazina, simazina y diurón, a concentraciones 10^{-4} M, sobre la inducción de fluorescencia en hojas de las especies de malas hierbas ensayadas, a diferentes tiempos de incubación con los herbicidas. La acción de estos inhibidores se ha expresado en porcentajes de muestras no inhibidas. Para todas las especies ensayadas el diurón bloqueó la fotosíntesis, tras 4 horas de in-

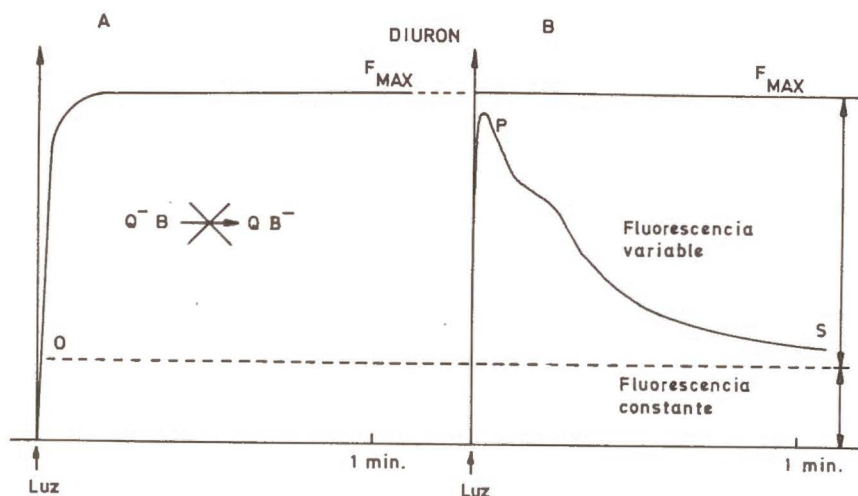


FIG. 1.— Cinéticas de inducción de fluorescencia de la clorofila a de hojas enteras de *Amaranthus*. A: Hojas tratadas con diuron 10^{-4} M. B: Hojas incubadas en agua.

incubación. Este resultado concuerda con el obtenido en los ensayos *in vitro* (Tabla I) y también con datos de la bibliografía (1,8).

Las s-triazinas ensayadas inhibieron, tras 4 horas, la fotosíntesis en plantas S de *A. hybridus*, mientras que para las R no se apreció inhibición a ningún tiempo de incubación. Estos resultados, además de coherentes con los de la Tabla I, están de acuerdo con lo esperado para plantas R y S a s-triazinas (1, 8, 11). Para el resto de malas hierbas ensayadas (T y NT), atrazina y simazina sólo inhibieron la fotosíntesis tras 12 horas de incubación (Tabla II). Las diferencias entre plantas T y NT fueron pequeñas, aunque si apuntaron a una mayor tolerancia a simazina de las plantas T, lo que en general está de acuerdo con lo obtenido en los estudios *in vitro* (Tabla I). Sin embargo, una aparente discrepancia entre los resultados de ambos tipos de estudios es la menor susceptibilidad a atrazina y simazina de las tres especies de *Amaranthus* (T y NT), en relación con *A. hybridus* S, reflejada por los ensayos de fluorescencia. Este hecho pudiera deberse bien a una menor penetración o a una mayor detoxificación de los herbicidas en aquellas especies. A fin de verificar estas posibilidades se hicieron ensayos de fluorescencia en hojas enteras de plántulas que se habían incubado durante diferentes tiempos en solución nutritiva conteniendo distintas concentraciones de simazina. A concentraciones de 1 y 5 ppm no se apreció en ningún caso inhibición de la fotosíntesis, tras 72 horas de incubación (datos no mostrados). Cuando se aumentó la concentración de simazina a 10 ppm, la fotosíntesis fué inhibida tras 24 horas en *A. retroflexus* y tras 72 horas en *A. albus*, mientras que no se

TABLA II
 Valores de no inhibición del PS II en diferentes especies de *Amaranthus*.

Especies	Atrazina			Simazina			Diuron			H ₂ O
	4 h	12 h	24 h	4 h	12 h	24 h	4 h	12 h	24 h	4 a 24 h
<i>A. albus</i> (T)	100	0	0	100	20	0	0	0	0	100
<i>A. albus</i> (NT)	100	0	0	90	0	0	0	0	0	100
<i>A. retroflexus</i> (T)	70	0	0	100	10	0	0	0	0	100
<i>A. retroflexus</i> (NT)	80	0	0	100	0	0	0	0	0	100
<i>A. blitoides</i> (T)	80	0	0	100	0	0	0	0	0	100
<i>A. blitoides</i> (NT)	80	0	0	80	0	0	0	0	0	100
<i>A. hybridus</i> (T)	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100
<i>A. hybridus</i> (NT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100

Los valores son media de tres repeticiones con cinco hojas por replicación.

TABLA III
Ensayos de detoxificación de simazina en Amaranthus.

Especies	no inhibición (%)				
	A	B	C	D	E
<i>A. albus</i> (T)	100	100	50	0	100
<i>A. albus</i> (NT)	100	100	50	0	100
<i>A. retroflexus</i> (T)	100	0	0	0	100
<i>A. retroflexus</i> (NT)	100	0	0	0	100
<i>A. blitoides</i> (T)	100	100	100	100	100
<i>A. blitoides</i> (NT)	100	100	100	100	100

A: Solución nutritiva, 24 h;

B: Solución nutritiva + simazina (10 ppm), 24 h;

C: Solución nutritiva + simazina (10 ppm), 48 h;

D: Solución nutritiva + simazina (10 ppm), 72 h;

E: Solución nutritiva, 24 h.

Los valores son media de tres repeticiones con cinco plantas por replicación.

apreció ningún efecto en *A. blitoides* (Tabla III). La transferencia a solución nutritiva carente de herbicida de las plantas de *A. albus* y *A. retroflexus*, una vez alcanzada la inhibición completa de la fotosíntesis, llevó a una total recuperación del proceso (Tabla III), lo que aparentemente es indicativo de una rápida detoxificación del herbicida (7). Los resultados anteriores parecen apuntar que los biotipos de las especies estudiadas por nosotros presentan una cierta tolerancia a simazina debida a fenómenos de no penetración (caso de *A. blitoides*) y de detoxificación (casos de *A. albus* y *A. retroflexus*). Este hecho podría justificar que el sucesivo tratamiento con simazina no haya originado en este caso la suficiente "presión selectiva" como para el desarrollo de poblaciones con resistencia cloroplástica a s-triazinas, aunque sí con una mayor tolerancia, a este nivel, a dicho herbicidas.

RESUMEN

Se ha estudiado, mediante experimentos *in vitro* de inhibición de la reacción de Hill, la tolerancia cloroplástica a atrazina, simazina y diurón de tres especies de *Amaranthus* (*A. Albus*, *A. retroflexus* y *A. blitoides*), procedentes de parcelas de olivar

que habían sido repetidamente tratadas con simazina o que no habían recibido ningún tratamiento con herbicidas (plantas T y NT, respectivamente). A efectos comparativos se han incluido en la investigación un estudio similar con dos biotipos de *Amaranthus hybridus*, sensible (S) y resistente (R) a atrazina, respectivamente. Las especies de *Amaranthus* T y NT o R y S presentaron una susceptibilidad similar frente a diurón. Las malas hierbas T mostraron una mayor tolerancia a atrazina y simazina que las NT (factores de resistencia entre 1,3 y 5,9 a atrazina y entre 5,3 y 24,7 a simazina. Sin embargo, una muy superior tolerancia a atrazina y simazina fue encontrada entre los biotipos R y S de *A. hybridus* (factores de resistencia de 314 y 245, respectivamente). Estudios *in vivo* sobre los niveles de inducción de la fluorescencia clorofiliana indicaron una mayor penetración y/o más baja detoxificación de las triazinas ensayadas en *A. hybridus* que en las otras tres especies de *Amaranthus*. Se sugiere que este hecho podría explicar el desarrollo en estas especies de una menor tolerancia cloroplástica a las s-triazinas.

BIBLIOGRAFÍAS

1. AHRENS, W. H., ARNTZEN, C. J. and STOLLER, E. W. (1981). Chlorophyll fluorescence assay for the determination of triazine resistance. *Weed Sci.* 29, 316-322.
2. ALI, A. and SOUZA MACHADO, V. (1981). Rapid detection of triazine resistant weeds using chlorophyll fluorescence. *Weed Res.* 21, 191-197.
3. ARNON, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24, 1-15.
4. ARNTZEN, C. J., WATSON, J. L. and STEINBACK, K. E. (1979). Analysis of physiological changes in newly-discovered herbicide resistant weed biotypes. *Proc. North Cent. Weed Control Conf.* 34, 101-105.
5. BEDIN, P., OCHOA, M. J. y ZARAGOZA, C. (1981). Contribución al estudio de la germinación en algunas especies del género *Amaranthus* encontradas en la provincia de Zaragoza (España). *An. INIA Ser. Agric.* 16, 81-89.
6. BENLLOCH, M., FOURNIER, J. M. and DE LA GUARDIA, M. D. (1983). Effect of gibberellic acid on K^+ (Rb^+) uptake and transport in sunflower roots. *Physiol. Plant.* 57, 79-84.
7. CADAHIA, E., DUCRUET, J. M. and GAILLARDON, P. (1982). Whole leaf fluorescence as a quantitative probe of detoxification of the herbicide chlortoluron in wheat. *Chemosphere.* 11: 445-451.
8. DUCRUET, J. M. and GASQUEZ, J. (1978). Observation de la fluorescence sur feuille entiere et mise en evidence de la resistance chloroplastique a l'atrazine chez *Chenopodium album* L. et *Poa annua* L. *Chemosphere.* 8: 691-696.
9. DUCRUET, J. M. and DE PRADO, R. (1982). Comparison of inhibitory activity of amides derivatives in triazine resistant and susceptible chloroplasts from *Chenopodium album* and *Brassica campestris*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 18: 25-261.
10. FEDTKE, C. (1981). *Biochemistry and physiology of herbicide action.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
11. GASQUEZ, J. and COMPOINT, J. P. (1980). Trois nouvelles mauvaises herbes resistant aux triazines en France: *Amaranthus retroflexus* S.L., *Chenopodium polyspermum* L., *Polygonum persicaria* L. *Chemosphere.* 9: 39-43.
12. HARPER, J. L. (1956). The evolution of weeds in relation to resistance to herbicides. *Proc. 3rd. Brit. Weed Contr. Conf.* 179-188.
13. OETTMEIER, W., MASSON, K., FEDTKE, C., KONZE, J. and SCHMIDT, R. R. (1982). Effect of different photosystem II inhibitors on chloroplasts isolated from species either susceptible or resistant toward s-triazine herbicides. *Pestic. Biochem. Physiol.* 18, 357-367.
14. PAPAGEORGIOU, G. (1975). Chlorophyll fluorescence. In *Bioenergetics of photosynthesis* (GOVINDJEE, ed), p.p. 320-366. Academic Press, London.
15. PFISTER, K. and ARNTZEN, C. J. (1979). The mode of photosystem II-specific inhibitors in herbicide-resistant weed biotypes. *Z. Naturforsch* 34c, 996-1009.

INFLUENCIA DE LA VARIEDAD SOBRE EL BALANCE NUTRIENTE FOLIAR DE PLANTAS DE TOMATE*

Por

F. MARTINEZ, F. ROMOJARO, S. LLORENTE Y C. F. ALCARAZ

SUMMARY

VARIETAL INFLUENCE ON THE LEAF NUTRIENT BALANCE OF TOMATO PLANTS

It is carried out a study about the varietal influence on the leaf balance of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium in tomato plants growing in a greenhouse under fertiligation system. The trials were supported upon seven hybrid varieties sampled during their vegetative cycle.

Strong varietal influences on leaf levels of nitrogen, phosphorus, and potassium are demonstrated, but not on calcium and magnesium.

The evolutive curves of nitrogen and phosphorus also are affected by the different varieties, indixing a different metabolic rhythms of these bioelements in the plants.

Results advise to take in mind the period of the physiological processes for nutritional studies, assembling the varities according to this criterium.

INTRODUCCION

La influencia de la variedad sobre el balance de nutrición en las plantas cultivadas es un hecho generalmente aceptado. Baste para ello recordar que, en experiencias sobre agrios, CARPENA et al. (1968 y 1972) reiteradamente han demostrado la acción que ejercen factores inherentes a la distinta variedad, sobre todo originadas por la no coincidencia en las épocas de los procesos fisiológicos de floración, fructificación y maduración.

También en plantas hortícolas ALCARAZ et al. (1980) presentaban las discrepancias debidas a la variedad de pimienta sobre los balances iónico en savia y nutriente foliar. Al considerar plantas de tomate, BRYAN (1970) no encontró diferencias sensible en producción y calidad de fruto al ensayar con diferentes variedades a distintos niveles de densidad de plantación, mientras que REIG et al. (1963) y ALBERT et al. (1966) comunicaban fuertes diferencias en tales parámetros al estudiarlos en nueve variedades de tomate. Pero ninguno

* Trabajo realizado dentro del Proyecto de Investigación "MEJORA DE LA PRODUCCION MELON, PIMIENTOS Y TOMATE" en el Programa "FACTORES DE PRODUCCION DE LOS CULTIVOS BAJO CUBIERTA", subvencionado por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica y por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

de estos autores estudiaron si tales diferencias se reflejaban también en las necesidades de nutrición de estas plantas, que estaban sometidas en sus experiencias, a idénticos tratamientos y dosis fertilizantes.

MARTINEZ et al. (1981) y ALCARAZ et al. (1984) analizan las variaciones en el balance iónico de savia de peciolo foliares para estas plantas, advirtiendo influencias sobre su composición cuando las variedades no eran coincidentes en las épocas en que tenían lugar, con mayor intensidad, los procesos fisiológicos de floración y cuaje de fruto.

La finalidad de este trabajo es la de establecer los efectos de la acción varietal sobre el balance de nutrición foliar de la planta, así como en la forma de evolucionar las concentraciones de los elementos a lo largo del ciclo vegetativo, como paso previo a la proposición de las zonas nutricionales de normalidad, que puedan servir como base orientativa del estado nutricional de estas plantas.

MATERIAL Y METODOS

Se han seleccionado para nuestro experimental siete variedades híbridas, de entre el gran número de las existentes en el mercado de semillas selectas, cuyas características describimos a continuación, haciendo mención especial a que las cinco primeras son de procedencia holandesa y las dos últimas de origen francés.

1. ONICE: F1 (X-263)-TmVF (dos cepas) N.
2. CRISOLITA: F1 (X-134)-VF.
3. TURMALINA: F1 (X-104)-VF (dos cepas) S.
4. ROBIN: F1 (X-46)-CVFS.
5. BERILO: F1 (X-113)-CVFS.
6. CARMELO: F1 (GC-204)-TmVNF.
7. NANCY: F1 (GC-213)-TmVF.

El planteamiento experimental, fertilización, riegos, tratamientos, diseño de la experiencia, toma de muestra y determinaciones analíticas, iguales para todas las variedades, se exponen en un trabajo anterior (MARTINEZ et al. 1983).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla I presenta la evolución foliar de los cinco nutrientes objeto de estudio, a lo largo de los dieciséis muestreos efectuados. La evolución del nitrógeno refleja claramente las diferentes tendencias de fluctuación estacional. Todas las variedades presentan una elevación inicial de concentraciones que alcanza el punto máximo de todo el ciclo en el segundo muestreo. A partir de este momento las diferencias en las evoluciones se hacen más evidentes. Las variedades CRISOLITA, BERILO Y ROBIN presentan un mantenimiento general de niveles, con pocas variaciones hasta el final del periodo experimental. Las concentraciones de ONICE y TURMALINA se man-

TABLA I
*Valores foliares medios de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en variedades de tomate.
 (Referidos a materia vegetal seca).*

Variedad	Días desde el trasplante																Media
	65	78	86	99	106	115	120	127	134	142	149	157	164	179	185	195	
Nitrógeno, %																	
Crisolita	4,03	4,75	4,33	4,34	4,28	4,09	4,04	4,00	4,12	4,33	4,13	4,40	4,38	4,00	4,15	4,42	4,24
Berilo	4,18	4,75	4,38	4,12	4,23	4,03	4,04	3,66	3,80	4,01	4,05	4,24	4,17	3,68	3,91	3,98	4,08
Robin	3,98	4,76	4,24	4,29	4,10	4,13	4,12	4,16	4,20	4,48	4,56	4,44	4,10	3,68	3,92	3,98	4,20
Carmelo	3,50	4,52	4,20	3,91	3,85	4,00	3,58	3,29	3,27	2,91	2,69	2,43	2,25	2,03	2,12	2,08	3,16
Nancy	4,02	4,73	4,02	4,23	4,13	3,60	3,68	3,24	2,92	3,08	3,20	2,79	2,58	2,06	2,28	2,11	3,29
Onice	3,68	4,74	4,04	4,16	4,22	4,30	4,20	3,98	3,85	4,20	4,11	4,16	3,95	3,68	3,47	3,62	4,02
Turmalita	4,14	5,10	4,79	4,56	4,69	4,57	4,69	4,20	4,07	4,33	4,00	4,25	3,94	4,18	4,00	3,96	4,34
Fósforo, %																	
Crisolita	3,01	2,98	3,08	3,43	3,53	3,64	3,85	3,36	3,28	3,58	3,57	3,41	3,36	2,78	2,44	2,47	3,24
Berilo	3,22	3,22	3,08	3,24	3,40	3,57	3,32	3,16	2,96	3,33	3,56	3,41	3,08	2,97	2,84	2,78	3,20
Robin	3,18	3,26	2,98	3,27	3,27	3,40	3,68	3,20	2,96	3,42	3,67	3,40	3,04	2,92	2,72	2,83	3,20
Carmelo	2,79	3,23	3,13	3,43	3,32	2,79	3,00	2,46	2,35	2,61	2,51	2,36	2,41	2,26	2,23	1,88	2,68
Nancy	2,78	3,47	3,23	3,64	3,72	3,22	3,21	2,84	2,80	2,56	2,52	2,15	2,00	1,88	1,84	2,12	2,75
Onice	2,97	3,92	3,48	3,46	3,31	3,73	3,00	3,04	3,06	3,40	3,38	3,18	2,86	2,86	2,52	2,65	3,18
Turmalita	2,98	3,40	3,18	3,72	3,78	3,80	3,92	3,40	3,32	3,44	3,65	3,03	2,88	2,92	2,72	2,95	3,32

Potasio, %

Crisolita	1,84	2,78	2,43	1,81	1,90	2,01	1,87	1,57	1,83	2,21	1,70	2,18	1,87	2,13	1,82	0,85	1,93
Berilo	1,92	2,41	2,56	1,81	1,81	1,81	1,74	1,43	1,62	2,07	1,82	2,24	1,87	1,85	1,26	1,77	1,91
Robin	1,96	2,53	2,52	1,72	1,98	2,04	1,82	1,68	1,78	2,29	2,03	2,18	1,69	1,95	2,15	1,66	2,00
Carmelo	2,23	2,54	2,07	1,61	1,69	1,66	1,33	1,36	1,23	1,81	1,48	1,77	1,97	1,41	1,14	0,73	1,63
Nancy	1,80	2,54	2,33	1,86	2,15	1,81	1,56	1,46	1,72	2,29	1,85	1,91	2,00	1,19	1,16	0,84	1,78
Onice	1,96	2,97	2,48	1,73	2,43	2,07	1,96	1,82	1,94	2,17	2,11	2,57	2,01	1,96	1,87	1,80	2,12
Turmalina	1,65	2,70	2,49	2,19	2,34	2,25	1,93	1,69	1,84	2,36	2,08	2,37	1,98	2,22	2,11	1,40	2,10

Calcio, %

Crisolita	3,24	2,87	3,30	2,45	1,70	2,58	1,72	1,13	1,83	1,56	1,70	1,81	1,44	2,29	2,62	2,24	2,16
Berilo	3,21	3,15	3,53	3,19	1,78	2,48	1,95	1,27	1,62	1,24	1,69	1,76	1,61	1,90	3,24	3,69	2,33
Robin	3,18	2,62	3,00	2,89	1,82	2,51	1,87	1,07	2,09	1,56	1,92	1,91	1,64	2,00	2,91	3,63	2,29
Carmelo	4,06	3,81	3,05	2,52	1,79	2,60	2,00	1,31	1,71	1,40	2,48	2,04	2,61	2,06	3,05	2,62	2,44
Nancy	4,00	3,62	2,94	2,12	1,79	2,31	1,69	0,99	1,29	0,74	1,69	1,43	2,54	1,73	2,07	3,52	2,15
Onice	3,00	2,98	3,87	2,86	2,54	2,68	2,44	1,92	3,01	1,37	2,85	2,57	2,30	3,15	3,58	3,87	2,81
Turmalina	3,28	2,37	3,40	2,77	1,99	2,50	2,09	1,38	1,39	1,18	1,55	1,56	1,93	1,79	2,31	2,23	2,15

Magnesio, %

Crisolita	1,17	0,97	0,83	0,73	0,76	0,82	0,63	0,44	0,56	0,56	0,63	0,67	0,54	0,64	0,67	0,58	0,70
Berilo	1,05	1,03	0,84	0,85	0,82	0,75	0,69	0,46	0,47	0,44	0,63	0,66	0,59	0,66	0,74	0,86	0,72
Robin	1,13	0,91	0,78	0,80	0,77	0,80	0,68	0,44	0,62	0,54	0,70	0,61	0,58	0,67	0,68	0,77	0,72
Carmelo	1,24	1,07	0,79	0,75	0,71	0,73	0,64	0,42	0,46	0,43	0,69	0,63	0,84	0,59	0,79	0,52	0,71
Nancy	1,22	0,84	0,75	0,69	0,75	0,70	0,63	0,50	0,42	0,48	0,65	0,55	0,85	0,52	0,51	0,73	0,67
Onice	1,28	0,95	0,88	0,74	0,86	0,86	0,74	0,59	0,71	0,45	0,82	0,76	0,65	0,81	1,09	0,81	0,81
Turmalina	1,21	0,83	0,84	0,79	0,80	0,82	0,69	0,50	0,51	0,42	0,60	0,53	0,58	0,60	0,70	0,60	0,69

tienen relativamente hasta el primer corte del fruto (120 días desde el trasplante), y desde entonces ofrecen una tendencia descendente, no muy acusada, que dura hasta el final del ciclo, mientras que las variedades CARMELO y NANCY inician un descenso de niveles a partir del citado punto máximo, que se intensifica grandemente tras la primera recolección.

Al estudiar los niveles medios del fósforo, todas las variedades presentan, durante el periodo anterior al primer corte de fruto, el punto de máxima concentración, aun no siendo coincidentes las fechas, con un adelanto de aproximadamente 15 días de CARMELO y NANCY respecto a las demás. A partir de estos máximos las evoluciones presentan aspectos de diferenciación entre ellas, y así, las citadas variedades inician un descenso de niveles que se prolonga hasta el final de la experiencia. La pendiente de este descenso solamente alcanza valores similares a partir del muestreo correspondiente a los 149 días desde el trasplante en los otros casos.

La evolución del potasio se ve menos afectada por la influencia varietal que los anteriores bioelementos. Coincide, en todas las variedades, el punto máximo correspondiente al segundo muestreo y únicamente cabe señalar una cierta tendencia descendente para CARMELO y NANCY, que no se advierte claramente en el resto.

Las concentraciones foliares de calcio presentan, en general, una forma parecida de fluctuación con valores máximos al inicio y final del ciclo de muestreo, con un profundo valle durante el periodo de maduración de los frutos. Esta tendencia es bastante clara en todos los casos, aunque merece la pena destacar que las variedades de procedencia francesa inician el descenso desde los primeros muestreos, con casi un mes de anticipación frente a las demás.

En el caso del magnesio, con una tendencia evolutiva algo parecida a la estudiada para el calcio, no se aprecia este adelantamiento en el comportamiento de las citadas variedades CARMELO y NANCY.

Por la simple observación de los datos expuestos, difícilmente podríamos deducir significaciones en las diferencias de los niveles foliares de los bioelementos correspondientes a las variedades que hemos tenido en consideración, razón por la cual creemos imprescindible un análisis de la varianza, considerando a la variedad vegetal como único origen de las mismas. Tal estudio se realiza sobre los valores del ciclo completo, así como sobre los correspondientes a los períodos anterior y posterior al primer corte del fruto (120 días desde el trasplante), momento que, como hemos visto en el estudio de la evolución, marca generalmente distinción en las formas de fluctuación. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla II.

Es evidente que debemos rechazar las hipótesis nula correspondiente a la igualdad de las medias, en el caso de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que la ausencia de significación para calcio y magnesio motiva su eliminación en los siguientes estudios sobre la influencia varietal.

A la vista de estos resultados, se estima de interés obtener un cono-

TABLA II
Influencia de la variedad. Análisis de la varianza.

Bioelemento	Periodo de muestreo considerado					
	Ciclo completo		Anterior a 1. ^a recolección		Posterior a 1. ^a recolección	
	F. experimental	(P), nivel de significación	F. experimental	(P), nivel de significación	F. experimental	(P), nivel de significación
Nitrógeno	14,53	0,01	3,75	0,01	45,53	0,01
Fósforo	6,21	0,01	1,46	N.S.	12,42	0,01
Potasio	3,47	0,01	0,81	N.S.	3,54	0,01
Calcio	1,62	N.S.	0,29	N.S.	2,12	N.S.
Magnesio	0,90	N.S.	0,21	N.S.	2,00	N.S.
$F_{0,01} (6,105) = 2,96; F_{0,01} (6,56) = 3,12; F_{0,01} (6,42) = 3,29$						

TABLA III

Comparación de niveles foliares medios de nitrógeno en variedades de tomate.

Periodo considerado: CICLO TOTAL DE MUESTREO

	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,13	0,86 ***	0,92***	1,04***	1,08***	1,18***
Nancy		0,73***	0,79***	0,91***	0,95***	1,05***
Onice			0,06	0,18	0,22	0,32
Berilo				0,12	0,16	0,26
Robin					0,04	0,14
Crisola						0,10

	<u>α</u>	<u>DMS</u>
Crisola	0,01	0,63
	0,05	0,53
	0,10	0,46

Periodo considerado: ANTERIOR AL PRIMER CORTE DE FRUTO

	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,12	0,26	0,31	0,30	0,33	0,71***
Nancy		0,14	0,19	0,18	0,21	0,59***
Onice			0,05	0,04	0,07	0,45*
Berilo				0,01	0,02	0,40
Robin					0,03	0,41
Crisolita						0,38

	<u>α</u>	<u>DMS</u>
Crisolita	0,01	0,59
	0,05	0,50
	0,10	0,42

Periodo considerado: POSTERIOR AL PRIMER CORTE DE FRUTO

	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,13	1,33***	1,38***	1,60***	1,65***	1,54***
Nancy		1,20***	1,25***	1,47***	1,52***	1,41***
Onice			0,05	0,27	0,32	0,21
Berilo				0,22	0,27	0,16
Robin					0,05	0,06
Crisolita						0,11

	<u>α</u>	<u>DMS</u>
Crisolita	0,01	0,53
	0,05	0,45
	0,10	0,39

TABLA IV

Comparación de niveles foliares medios de fósforo en variedades de tomate

Periodo considerado: CICLO TOTAL DE MUESTREO						
	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,07	0,50**	0,52***	0,52***	0,56***	0,64***
Nancy		0,43**	0,45**	0,45**	0,49**	0,57***
Onice			0,02	0,02	0,06	0,14
Berilo				0,00	0,04	0,12
Robin					0,04	0,12
Crisolita						0,08
	α	DMS				
	0,01	0,51				
	0,05	0,43				
	0,10	0,38				

Periodo considerado: POSTERIOR AL PRIMER CORTE DE FRUTO						
	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,04	0,65***	0,78***	0,78***	0,79***	0,80***
Nancy		0,69***	0,82***	0,82***	0,83***	0,84***
Onice			0,13	0,13	0,14	0,15
Berilo				0,00	0,01	0,02
Robin					0,01	0,02
Crisolita						0,01
	α	DMS				
	0,01	0,56				
	0,05	0,47				
	0,10	0,41				

cimiento de las diferencias entre pares de variedades, aplicando el test de Turkey, cuyos resultados se exponen en las Tablas III, IV y V.

Es evidente una diferenciación clara entre las variedades CARMELO y NANCY frente a las demás en los niveles nitrogenados, y es importante señalar que tales desigualdades se manifiestan mucho más tras la primera recolección. El análisis del periodo inicial indica que, durante el proceso de crecimiento vegetativo, antes de que se intensifiquen las demandas del nutriente metabolizado desde el fruto, la acción del elemento es similar en todas las variedades.

La ausencia de significación en los valores correspondientes de fósforo y potasio durante el periodo previo a la primera recolección, motiva su exclusión en las Tablas IV y V. Las diferencias de los niveles medios en los otros periodos (total y posterior al primer corte de fruto) siguen una norma casi idéntica que para nitrógeno, en el caso

TABLA V

Comparación de niveles foliares medios de potasio en variedades de tomate

Periodo considerado: CICLO TOTAL DE MUESTREO

	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,15	0,49***	0,28	0,37*	0,30	0,47***
Nancy		0,34*	0,13	0,22	0,15	0,32
Onice			0,21	0,12	0,49***	0,02
Berilo				0,09	0,02	0,19
Robin					0,07	0,10
Crisolita						0,17

	<u>α</u>	<u>DMS</u>
Robin	0,01	0,46
Crisolita	0,05	0,39
	0,10	0,33

Periodo considerado: POSTERIOR AL PRIMER CORTE DE FRUTO

	<u>Nancy</u>	<u>Onice</u>	<u>Berilo</u>	<u>Robin</u>	<u>Crisolita</u>	<u>Turmalina</u>
Carmelo	0,17	0,60***	0,34	0,50**	0,37	0,58***
Nancy		0,43*	0,17	0,33**	0,20	0,41
Onice			0,26	0,10	0,23	0,02
Berilo				0,16	0,03	0,24
Robin					0,13	0,08
Crisolita						0,21

	<u>α</u>	<u>DMS</u>
Robin	0,01	0,58
Crisolita	0,05	0,49
	0,10	0,42

del fósforo, con una separación clara de las variedades híbridas de procedencia francesa.

Al considerar al potasio (Tabla V), sin embargo, las ausencias de significación predominan de forma general. Se aprecian diferencias entre CARMELO frente a ONICE y TURMALINA, de ONICE frente a CRISOLITA y, en grado menor, de CARMELO y NANCY frente a ROBIN y ONICE respectivamente.

Estos resultados nos inducen a pensar que las diferencias varietales se ejercen fundamentalmente sobre los elementos nitrógeno y fósforo, que ofrecen un balance nutricional foliar discrepante en función de la procedencia de los fenotipos ensayados. La ausencia de significación sistemática en el caso del potasio, unido al marcado paralelismo

de las evoluciones del elemento en todas las variedades, puede justificarse por la similar participación del nutriente en todos los procesos fisiológicos fundamentales, a lo largo de todo el ciclo vegetativo, lo que, unido al continuo aporte nutricional en la fertilización, promueve la marcada semejanza evolutiva de niveles.

El análisis hasta ahora efectuado ha marcado la influencia varietal sobre los niveles de los macronutrientes ensayados. Parece oportuno además, estudiar las posibles acciones sobre las formas evolutivas.

A tal fin efectuamos la comparación entre las líneas de regresión de los niveles foliares frente al tiempo, mediante la aplicación del análisis de la varianza, como medio para examinar la existencia de diferencias en las pendientes de las rectas. La ausencia de significación ofrecida por potasio, calcio y magnesio confirma el aparente paralelismo en la evolución de estos cationes, que podía deducirse de la observación de los datos expuestos en la Tabla I.

Sin embargo, las significaciones obtenidas para nitrógeno y fósforo (Tabla VI) apoyan el criterio de una decisiva influencia varietal, también sobre su forma de evolucionar.

Nuevamente aparece clara la separación entre las variedades CARMELO y NANCY por un lado, frente al comportamiento de las demás,

TABLA VI
*Comparación entre las pendientes de las rectas de regresión lineal.
Análisis de la varianza.*

Nitrógeno		Fósforo	
Variedades comparadas	F. exp.	Variedades comparadas	F exp.
Crisolita-Turmlaina	6,65*	Robin-Carmelo	8,46**
Crisolita-Carmelo	49,42**	Robin-Nancy	13,27**
Crisolita-Nanc6	67,46**	Berilo-Carmelo	10,09**
Robin-Carmelo	35,22**	Berilo-Nancy	14,82**
Robin-Nancy	46,32**	Crisolita-Nancy	7,36*
Berilo-Carmelo	32,06**	Turmalina-Nancy	7,05*
Berilo-Nancy	43,26**	Onice-Nancy	13,23**
Onice-Carmelo	26,57**		
Onice-Nancy	34,70**		
Turmalina-Carmelo	21,27**		
Turmalina-Nancy	28,28**		

$$F_{0,05}(1,28) = 4,20; F_{0,01}(1,28) = 7,64$$

en la evolución del nitrógeno. Solamente aparece una significación al 0,05 comparando CRISOLITA y TURMALINA, en donde no aparece alguna de las variedades de procedencia francesa, dato este último que no se repite para fósforo, y que si bien indica una cierta diferenciación en el comportamiento de estas variedades, no justifica por si solo concluir en un comportamiento distinto.

También sobre la evolución del fósforo CARMELO y NANCY ocasionan las diferencias más acusadas, con mayor intensidad cuando intervienen en la comparación la segunda de ellas.

En resumen, podemos concretar la existencia de fuertes influencias varietales sobre el balance de nutrición foliar de estas plantas, siendo nitrógeno, fósforo y potasio los elementos más afectados por dicha causa.

Atendiendo a los criterios de las diferencias en las concentraciones foliares de estos nutrientes, así como en su forma de evolucionar, se pueden formar dos bloques de variedades que, siendo similares entre sí, discrepan fuertemente frente a las incluidas en el otro grupo. De esta forma aparece con claridad la necesidad de considerar a la variedades CARMELO y NANCY, de procedencia francesa, separadamente de las otras cinco estudiadas (CRISOLITA, BERILO, ROBIN, ONICE Y TURMALINA), de procedencia holandesa estas últimas.

Los resultados aconsejan, por tanto, considerar estos criterios afines de establecer balances foliares de bioelementos distintos, para su utilización como parámetros de control nutricional para estas plantas.

RESUMEN

Se realiza un estudio sobre la influencia varietal en el balance foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en plantas de tomate cultivadas en invernadero bajo sistemas de fertigación. Los ensayos se efectúan sobre siete variedades híbridas que se muestrean a lo largo del ciclo vegetativo.

Se aprecian fuertes influencias de la variedad sobre las concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio, mientras que calcio y magnesio no se ven afectados por esta causa.

Las curvas evolutivas de nitrógeno y fósforo también aparecen influenciadas por la procedencia de las distintas variedades, indicando un ritmo de metabolización diferente de estos elementos en las distintas plantas.

Los resultados aconsejan tener en cuenta los periodos en que los procesos fisiológicos adquieren su máxima intensidad, a fin de agrupar a las variedades en grupos en que sean coincidentes tales funciones.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERT, A., REIG, A., CORNEJO, J. 1966. *Anal. Inst. Inv. Agron.* 15, 143-165.
- ALCARAZ, C. F., MARTINEZ-CANADAS, M. A., FUENTES, J. L. LLORENTE, S. 1980. Proc. Vth Int. Coll. Control Plant. Nutr., Vol. I. Istituto Professionale di Stato per l'Agricoltura, Castelfranco-Veneto (Treviso), Italia, 223-228.
- ALCARAZ, C. F., MARTINEZ, F., ROMOJARO, F., GIMENEZ, J. L. 1984. *Anal. Edaf. Agrob.* (en prensa).
- CARPENA, O., ALCARAZ, C. F., LEON, A. 1968. En "Control de la fertilización de las plantas cultivadas". CEBAC, Ed. Sevilla. 423-433.
- CARPENA, O., ALCARAZ, C. F., LEON, A., LLORENTE, S. 1972. *Rev. Agroq. Tecnol. Alim.*, 11, 435-445.
- MARTINEZ, F., ROMOJARO, F., FUENTES, J. L., ALCARAZ, C. F. 1981. Proc. IV Reunión S.E.F.V. Salamanca. 51-52.
- MARTINEZ, F., ALCARAZ, C. F., LLORENTE, S., ROMOJARO, F. 1983. ITEA. Vol. Extra, n.º 2. 577-588.
- REIG, A., ALBERT, A., MACHO, J. 1963. *Anal. Inst. Inv. Agron.* 12, 135-144.

Recibido para publicación: 2-I-84.

ESTUDIO DE LA COMPOSICION MINERAL Y
ULTRAESTRUCTURA DE LA HOJA DE PLANTAS DE TOMATE
(*LYCOPERSICUM ESCULENTUM* MILL.) SOMETIDAS
A DIFERENTES PRESIONES OSMOTICAS Y NIVELES DE CALCIO

Por

M. R. DE FELIPE Y M. P. SANCHEZ CONDE

SUMMARY

STUDY OF THE MINERAL COMPOSITION AND ULTRASTRUCTURE OF
LEAVES IN TOMATO PLANTS (*LYCOPERSICUM ESCULENTUM* MILL.)
SUBMITTED TO DIFFERENT OSMOTIC PRESSURES AND
CALCIUM LEVELS

In the present work the effect of different levels of Ca and osmotic pressure on the ultrastructure and mineral composition of tomato plant leaves is studied. The levels of Ca applied were: 10; 2,5 and 1me/l and the osmotic pressures: 0,65; 3,5 and 5,0 atms. The influence of the osmotic pressure in the plants caused a minor relation K/Ca and K content. The leaves showing low Ca content in the chemical analysis show notable anomalies in the cellular ultrastructure such as plasmalemma and tonoplast necrosis; proliferation of vesicles; alteration of certain cytoplasmic organelles, i.e. chloroplast and mitochondria; opaqueness of membranes etc. On the other hand, the only anomalies observed with regard to osmotic pressure were a breakdown of both cell walls and chloroplast membranes. This was especially pronounced in plant with high Na levels.

INTRODUCCION

El presente trabajo es una continuación de un trabajo anterior, Sánchez Conde y De Felipe, (1983), donde se estudió la composición mineral y estructura de los tejidos del fruto de tomate afectado de podredumbre apical. De los resultados obtenidos se dedujo que la deficiencia de Ca era una de las principales causas de la enfermedad del fruto.

En este trabajo se han estudiado las alteraciones estructurales producidas en las hojas de las plantas afectadas de podredumbre en el fruto. Los síntomas de deficiencia de Ca se manifiestan de preferencia en los tejidos jóvenes y en los brotes de las plantas, se observan externamente con dificultad en las hojas, salvo en condiciones de aguda deficiencia. Desde hace años (Wooley and Broyer, 1957) se han estudiado los síntomas de deficiencia de Ca, pero sin embargo poco se ha trabajado para determinar las alteraciones que a nivel celular se producen en función del contenido de Ca en los tejidos.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se lleva a cabo con la variedad Marglobe, en invernadero, mediante cultivo controlado en arena de cuarzo lavada y disolución nutritiva circulante intermitente.

Se ensayan presiones osmóticas (PO) de 0,65 - 3,5 y 5,0 atmósferas. La disolución nutritiva base utilizada es la de Hoagland y Snyder que contiene por litro: 10 me de Ca (NO₃)₂; 5 me de KNO₃; 4 me de MgSO₄; 3 me de KPO₄H₂; 0,5 ppm de Mn; 0,5 ppm de B; 0,05 ppm de Zn; 0,05 ppm de Mo; 0,02 ppm de Cu y 0,6 ppm de Fe. Esta disolución tiene 0,65 de P.O. Las P.O. más elevadas se obtienen agregando Na Cl a esta disolución: 3,8 g. de NaCl para la P.O. de 3,5 y 5,6 g de NaCl/l para la P.O. de 5,0.

En las disoluciones se efectua un control diario de pH y cada tres días de concentración de nutrientes para realizar las correcciones necesarias con objeto de mantener constante la concentración de la disolución.

Los tratamientos a que se someten las plantas son los siguientes:

TABLA I

Tratamiento	1	2	3	4	5
P.O.	0,65	3,5	3,5	5,0	5,0
me Ca/l sol.	10	10	1	2,5	1
me K/l sol.	5	5	5	5	5

De cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones, los datos analíticos que presentamos son el valor medio de los mismos.

Las hojas elegidas para el análisis y el estudio de los tejidos son las situadas en el tallo más cerca del fruto.

Se efectuan las determinaciones de peso fresco y seco, N y P mediante autoanalizador, K, Ca, Na por fotometría de llama y Mg mediante absorción atómica.

Las muestras para su análisis al microscopio electrónico se tomaron cuando se observó la necrosis en el fruto y al mismo tiempo que las muestras del fruto. En ningún caso las hojas mostraban signos de deficiencia nutricional. Segmentos de 2-3 mm. se tomaron de la parte central de la hoja evitando el nervio medio e inmediatamente se incluyeron en glutaraldehído al 3% en tampón cacodilato-Na 0,05 M, durante 2 horas. Después de la deshidratación en la serie acetónica las muestras se incluyeron en Araldita según el método convencional. Secciones de 1 μ teñidas con azul de toluidina se observaron al microscopio óptico antes de obtener los cortes ultrafinos. Estos se tiñeron

con citrato de plomo según Reynolds y finalmente fueron observados con un microscopio electrónico Philips 300 a 60 u 80 KV.

RESULTADOS

El criterio que hemos seguido para el estudio de las alteraciones ultraestructurales de los tejidos, ha sido comparar los tratamientos en los que variaba la presión osmótica manteniendo constante la concentración de Ca y por otro lado manteniendo constante la presión osmótica y variando la concentración de Ca en la sol. nutritiva. Tabla I.

Tratamientos con diferente presión osmótica. Tratamientos 1 y 2.

Las plantas del tratamiento 1 no fueron afectadas de podredumbre apical. La observación de mesófilo de la hoja de estos tejidos mostró que contenían cloroplastos maduros de forma circular en su mayor parte con grana muy desarrollado conectados entre sí por tilacoides estromáticos y corpúsculos lipídicos distribuidos en diferentes puntos del estroma. Los cloroplastos mantenían su membrana perceptible. (Fig. 1).

Comparando el tratamiento 1 con el tratamiento 2 observamos algunas alteraciones de la estructura celular en este último. Se altera la forma de los cloroplastos, con ruptura de la membrana cloroplástica en varios puntos coincidentes con el acercamiento a la membrana de glóbulos lipídicos que al romper también su membrana vierten su contenido a la vacuola central con la consiguiente ruptura del tonoplasto. (Fig. 2). Estas estructuras lipídicas ocupan aproximadamente 1/3 del estroma estando el resto ocupado por grana e intergrana en distribución anormal. También se advierte desprendimiento del plasmalema en algunas zonas con vesiculación del mismo y fragmentos de cloroplastos sin membrana.

Tratamiento 3 y 5.

Si se comparan los tratamientos 3 y 5, de igual concentración de Ca y presiones osmóticas 3,5 y 5 respectivamente, se advierte en el 5 al igual que en el 3 paredes necrosadas y vesiculación del plasmalema (Fig. 3). En algunas células no se observa la media lamela en algunos tramos y el número de mitocondrias disminuye y también el tamaño de las mismas. Advertimos en el tratamiento 5 diferencias marcadas entre las células de la empalizada en cuanto a los cloroplastos que no se observan en el tratamiento 3. Un 50% aproximadamente de estas células muestran una desorganización total del citoplasma y se componen en su mayor parte de restos de membranas y vesículas, y de cloroplastos degenerados sin membrana y sin ribosomas con marcados síntomas de senescencia. (Fig. 4).

Tratamientos con diferente contenido en calcio. Tratamientos 2 y 3.

Si comparamos los tratamientos 2 y 3 observamos, además de las alteraciones descritas en el tratamiento 2, una menor transparencia de

los tejidos y ennegrecimiento de las paredes intercelulares especialmente del plasmalema (Fig. 5). Los cloroplastos contienen gran cantidad de almidón y algunos muestran inclusiones cristalinas (Figs. 6 y 7) que ocupan la mayor parte del cloroplasto. También hay glóbulos lipídicos, y cuando alguno de ellos se aproxima a la membrana cloroplastídica se produce ruptura de la misma como se ha descrito en los tratamientos anteriores. En cuanto al resto del citoplasma se observa disminución de tamaño y número de mitocondrias, aparición de formaciones vesiculares grandes que parecen tener naturaleza lipídica y que recuerdan a los liposomas.

Tratamientos 4 y 5.

De la comparación entre los tratamientos 4 y 5 en los que varía ligeramente la cantidad de Ca, también se advierte en el 4 al igual que el 5 oscurecimiento de las paredes celulares, necrosis del plasmalema y ruptura de la membrana cloroplastídica solamente en los puntos coincidentes con los corpúsculos lipídicos (Fig. 8). En algunas células al desintegrarse el plasmalema, también los cloroplastos se separan de su posición paralela a la pared. Por otra parte, el desarrollo de los glóbulos lipídicos es tal que permanece muy disminuido el sistema lamelar existente en el cloroplasto (Fig. 9) aunque su distribución en grana e intergrana guarde el paralelismo de desarrollo normal para el estadio vegetativo de la planta. El ennegrecimiento que ofrecen las estructuras membranosas nos indica que las plantas del tratamiento 4 son deficientes en Ca, al igual que las del tratamiento 5. Sin embargo no se han encontrado células con una ruptura total de estructuras citoplasmáticas como en el tratamiento 5 donde se advierte con más severidad el efecto de la deficiencia de Ca y el incremento de presión osmótica.

Composición mineral. Tratamientos con diferente presión osmótica. Tratamientos 1 y 2.

La influencia de la P.O. en las plantas sometidas a 10 me de Ca se acusa en los análisis fundamentalmente en la diferente concentración de K en las hojas. Tabla II. Se produce una gran disminución de contenido en K para las hojas de las plantas sometidas a P.O. más elevada, este resultado es un efecto conjunto de la P.O. y de la interacción Na-K como ha podido comprobar Osmond, 1966, en sus investigaciones sobre absorción de cationes y nosotros mismos, Sánchez Conde, 1976, en trabajos realizados anteriormente en tomate.

La $\Sigma K + Ca$ y $\Sigma K + Ca + Mg$ experimenta un descenso con la P.O. debido a la gran absorción de Na tomada del medio exterior con objeto de elevar la P.O. interna de la planta.

La relación K/Ca y K + Mg/Ca también son menores para las plantas sometidas a P.O. más elevada, resultado que debemos atribuir a la interacción Na-K, que como hemos indicado produce una gran disminución en la absorción de K, pues los valores de Ca y Mg experimentan muy poca variación al tener muy poco efecto el Na sobre la absorción

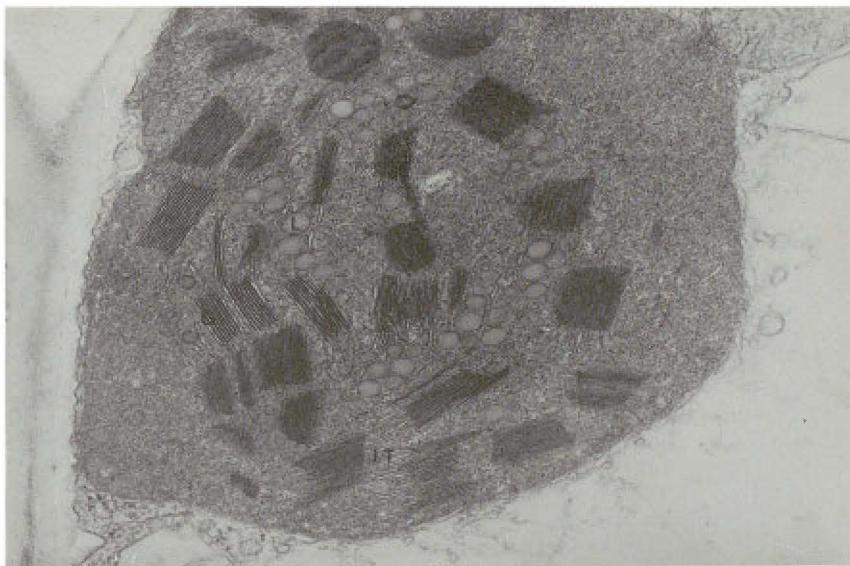


FIG. 1.— Corte transversal de la hoja de tomate procedente del tratamiento 1, mostrando cloroplastos con corpúsculos lipídicos, grana e intergrana. L, Lípidos; G, grana; IT, conexiones. x 40.000.

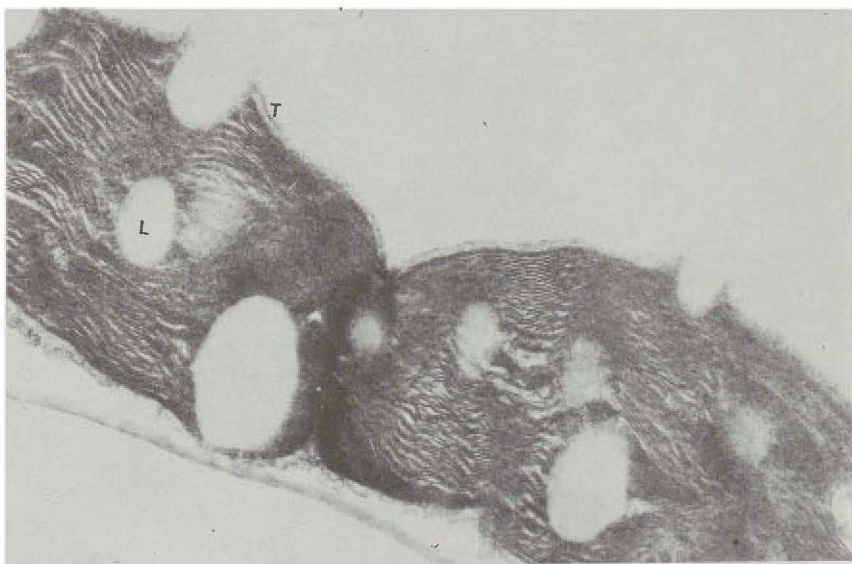


FIG. 2.— Cloroplastos correspondientes al tratamiento 2, con ruptura de la membrana cloroplastídica y del tonoplasto. T, membrana vacuolar. x 31.000.



FIG. 3.— Paredes celulares y cloroplasto en el tratamiento 3. Se advierte necrosis y vesiculación de plasmalema, mientras que la estructura interna del plastidio permanece dentro de lo normal. PL, plasmalema. x 31.000.

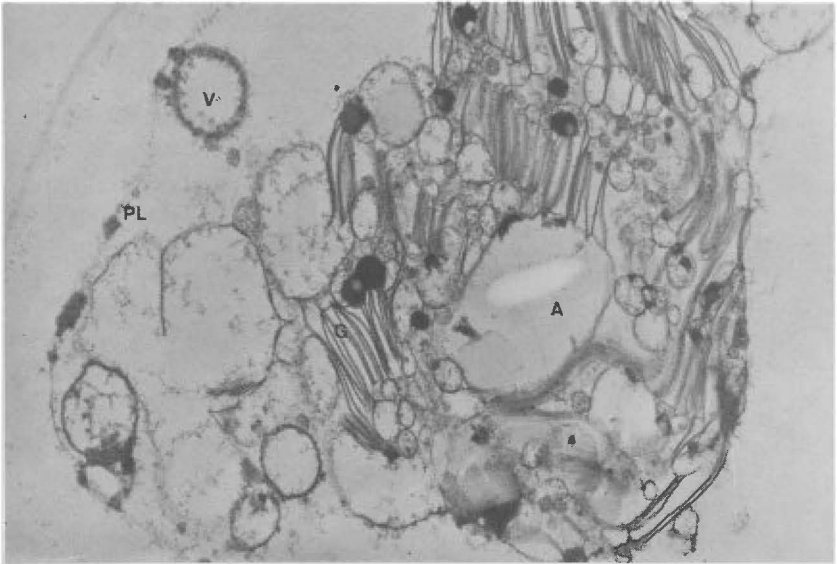


FIG. 4.— Cloroplasto, tratamiento 5. Puede observarse junto a él, vesículas procedentes de la desintegración del plasmalema, tonoplasto y membrana cloroplastídica. A, almidón; PL, plasmalema; V, vesículas. x 31.000.

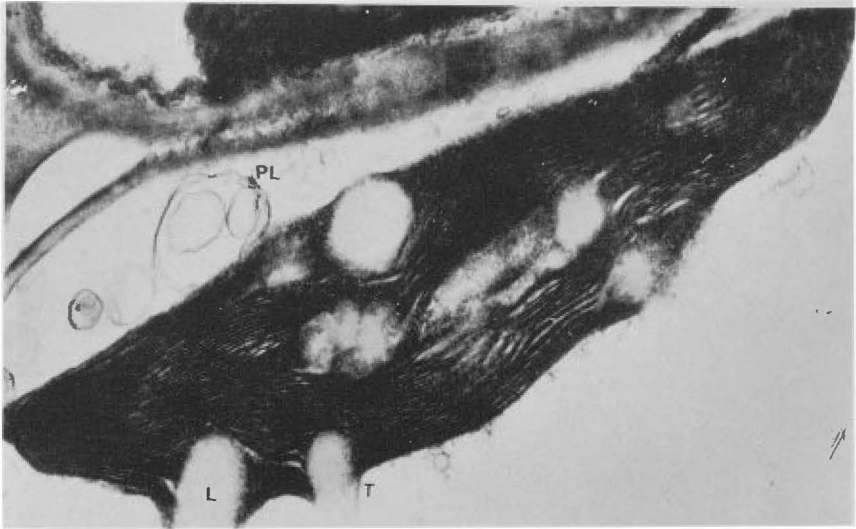


FIG. 5.— Tratamiento 3. Membrana intercelular y cloroplasto mostrando una gran opacidad de sus tejidos. Se observa necrosis del plasmalema seguida de vesiculación del mismo y ruptura del tonoplasto. x 31.000.



FIG. 6.— Cloroplasto, tratamiento 3., mostrando grandes gránulos de almidón e inclusión cristalina en un extremo del mismo. A, almidón; C, inclusión cristalina. x 15.700.

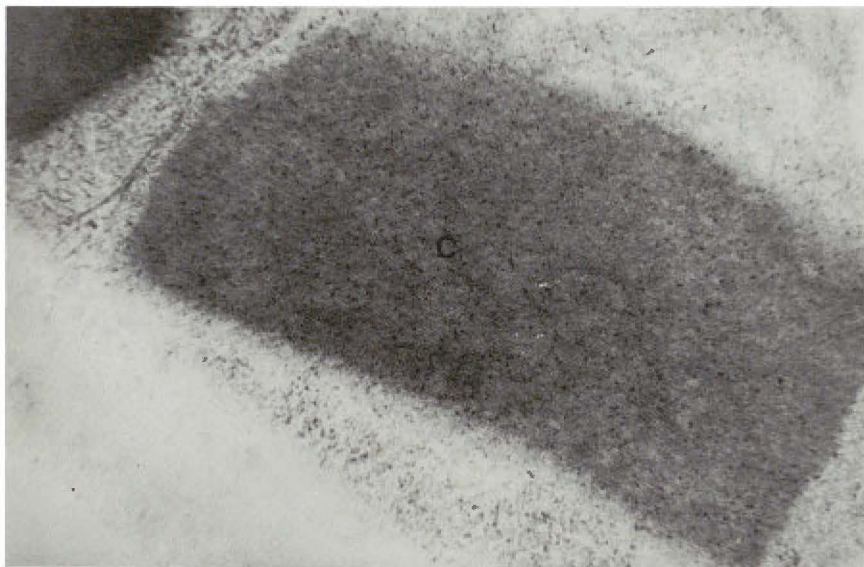


FIG. 7.— Cloroplastos, tratamiento 3, mostrando cristal a mayor aumento. x 51,000.

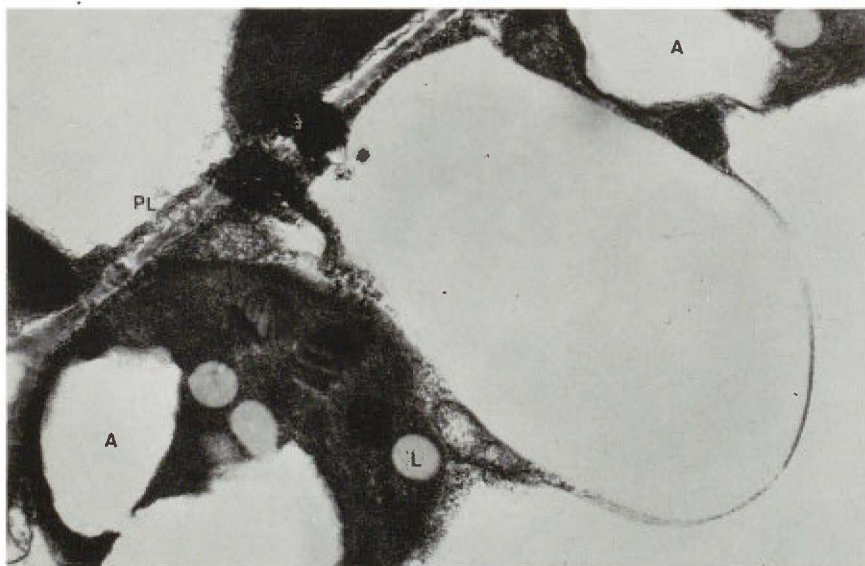


FIG. 8.— Tratamiento 4. Células cuya pared intercelular presentan un estado previo de necrosis. Cloroplastos con grandes gránulos de almidón y corpúsculos lipídicos. A, almidón, x 20,500.

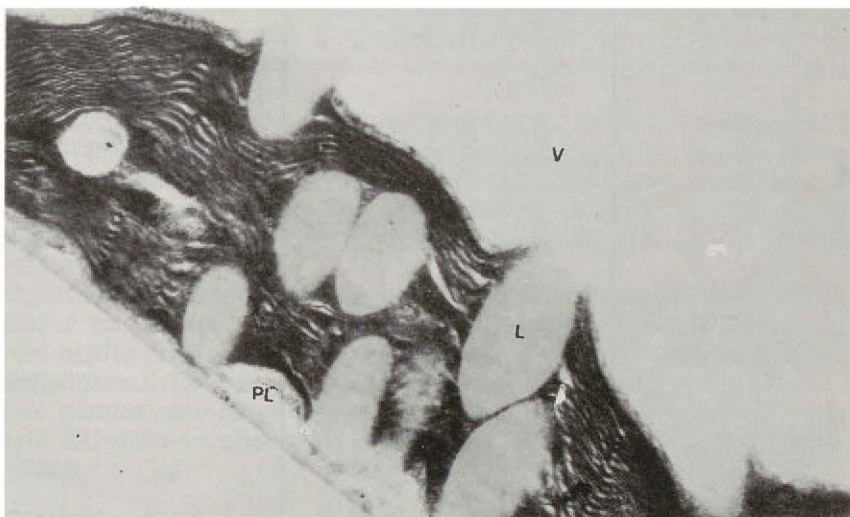


FIG. 9.— Tratamiento 4. Cloroplasto con grandes glóbulos lipídicos, algunos de los cuales vierten su contenido a la vacuola central. L, lípidos; V, vacuola central. x 31.000.

de los mismos. Estas variaciones más bien pueden ser debidas a la reacción de la planta para mantener sus equilibrios minerales internos.

Tratamientos 3 y 5

Estos tratamientos revelan un gran empobrecimiento de contenido en elementos minerales que se acusa muy marcadamente en el contenido en Ca cuyos valores indican deficiencia. A pesar de las variaciones de contenido en bioelementos de la planta, se mantiene la relación C/A en valores muy próximos a los de las plantas obtenidas con soluciones de concentración y P.O. normales (tratamiento 1) lo cual indica la facultad de la planta para mantener sus equilibrios internos dentro de ciertos límites, en el total de aniones y total de cationes.

Tratamientos con diferente contenido de calcio. Tratamientos 2 y 3.

La diferencia en contenido de bioelementos en las hojas de estos dos tratamientos se acusa fundamentalmente en el contenido en K y Ca. La concentración de K es más elevada para el tratamiento 3, mientras la de Ca adquiere unos valores muy bajos que están dentro de la deficiencia de este elemento, a pesar de no manifestarse visualmente ya que no se produce el aborto de los brotes aunque queda muy afectado el desarrollo de la planta y formación de nuevos tallos que es mucho menor para el tratamiento 2.

La diferencia de contenido en estos bioelementos es el resultado en primer lugar de la cantidad de Ca existente en el medio exterior que no

TABLA II
 Contenido de elementos minerales en hoja de tomate

Tratamiento	Presión Osmótica	Ca me/l	%						ΣA	ΣC	C/A	K/Ca	K + Mg/Ca
			N	P	K	Ca	Mg	Na					
1	0,65	10	3,11	0,68	5,35	4,40	1,26	0,035	3,79	11,05	2,91	1,21	1,50
2	3,5	10	2,97	0,76	4,08	4,57	1,19	2,19	3,73	12,03	3,22	0,89	1,15
3	3,5	1	2,62	0,78	4,43	1,10	1,20	2,82	3,40	9,55	2,80	4,02	5,11
4	5,0	2,5	2,81	0,75	4,52	1,66	1,29	3,42	3,56	10,89	3,05	2,72	3,50
5	5,0	1	3,25	0,90	3,76	1,21	1,18	4,04	4,15	10,19	2,45	3,10	4,08

ΣA = Suma de aniones.

ΣC = Suma de cationes.

suministra la proporción necesaria de este elemento a la planta al mismo tiempo que al no ejercer su acción competitiva en los transportadores con respecto al K, este aumenta en la planta manteniendo de esta forma el equilibrio con respecto a aniones absorbidos, obteniéndose una relación C/A igual a la que poseen las plantas en el tratamiento normal (tratamiento 1).

La diferente absorción de K y Ca da como resultado valores muy dispares de las plantas en estos dos tratamientos para la relación K/Ca, acercándose más los valores de las plantas sometidas al tratamiento 2 a los que tiene la planta en condiciones de nutrición normal, mientras que esta relación adquiere un valor muy elevado para las plantas del tratamiento 3.

Todas las relaciones en las que interviene el Ca adquieren valores muy distintos en los dos tratamientos, indicando que la concentración de Ca del medio nutritivo tiene más influencia que la P.O. del mismo sobre las relaciones K/Ca y K + Mg/Ca de las hojas de tomate.

Las plantas obtenidas con el nivel más elevado de Ca tienen más alta la ΣC dato ya observado por Shear, 1971, en análisis de hojas de manzano.

Tratamientos 4 y 5

En el tratamiento 5 (1 me de Ca) las plantas tienen más contenido en N y Na, más elevadas las relaciones K/Ca; K + Mg/Ca y menor relación C/A.

El aumento de la concentración en Na al mismo tiempo que la disminución apreciable en el contenido en K parece ser una reacción de la planta con objeto de poder conseguir que no aumenten más su relación K/Ca y K + Mg/Ca ya muy elevadas con respecto al valor del de las plantas obtenidas con solución normal (tratamiento 1) y mantener la suma de elementos univalentes (K + Na) ya que el nivel tan bajo de Ca que posee el medio nutritivo donde se desarrollan al no interferir en la entrada de K en la planta debería haber producido aumento de su contenido en K como sucede en los experimentos de 3,5 de P.O. En las plantas producidas con tratamientos 4 y 5 se observa como al disminuir el contenido de K en las hojas lo hace también la ΣC , al aumentar el Ca y Mg se produce un valor más elevado de ΣC , así el balance total de cationes en hoja depende grandemente de la relación de estos tres cationes.

DISCUSION

La estructura normal de los cloroplastos de hoja de tomate ha sido descrita por Lefort en 1957 y es esencialmente la misma que la descrita para los cloroplastos de otras plantas superiores. En hojas maduras el rango de tipos de plastidios es amplio, desde plastidios relativamente jóvenes hasta plastidios en degeneración. Algunos de estos cloroplastos contienen pequeña cantidad de material lamelar y en cuanto

a grana e intergrana existe una gran variación. Algunas de las variaciones estructurales están originadas por la edad de la hoja y también por la edad de las células individuales.

Las anomalías observadas en los tejidos de los tratamientos 2 y 5 con diferentes presiones osmóticas que fundamentalmente se manifiestan en la ruptura de las membranas de los orgánulos citoplasmáticos pueden tener una explicación a la vista de los resultados analíticos por el gran aumento de la concentración de Na en las plantas. Estas anomalías son mucho más acentuadas en el tratamiento 5 para el cual las relaciones K/Ca y K + Mg/Ca de sus tejidos adquieren valores muy elevados que se apartan grandemente de los valores de los tejidos en condiciones normales.

Entre los efectos específicos de la deficiencia de Ca (tratamientos 3 y 5) se pueden citar: a) necrosis del plasmalema y desintegración del tonoplasto, b) proliferación de vesículas, c) orgánulos citoplasmáticos dañados tales como las mitocondrias, d) persistencia de cloroplastos con desorganización del sistema lamelar, e) gran contenido de almidón y f) observación de cristales en algunos cloroplastos. Además mientras que las paredes de las células normales son transparentes a los electrones, en deficiencia de Ca se tiñen profundamente llegando en ocasiones a ser completamente opacas.

Pocas investigaciones han tratado la deficiencia de Ca a nivel subcelular. Marinos, 1962, en sus investigaciones sobre la deficiencia de Ca en cebada, observó anomalías estructurales como ruptura de la membrana nuclear y vacuolar y desorganización de estructuras citoplasmáticas como el aparato de Golgi y mitocondrias. Similares resultados fueron observados por Marscher y Gunther, 1964, en raíces de cebada y por Bangerth, 1973, en varios frutos. También Nilshammar y col, 1972, encontraron una degeneración general del citoplasma del alga verde *Scenedesmus* en células deficientes en Ca. Hecht-Buchholz, 1969, observó degeneración del citoplasma y acumulación de vesículas en brotes de patata bajo deficiencia de Ca y por último Pozuelo, 1982, ha estudiado las anomalías inducidas por deficiencia de Ca en raíces de maíz, observando degeneración del citoplasma, desintegración del plasmalema y otros orgánulos celulares.

En nuestras investigaciones, la incidencia más sobresaliente de la deficiencia de Ca en cloroplastos ha sido el aumento desmesurado de almidón al igual que ocurrió en los tejidos de fruto afectado de podredumbre y el ennegrecimiento de las estructuras lamelares, acompañados de la ruptura del tonoplasto y necrosis de la membrana citoplasmática. Como estas anomalías han sido observadas en los tratamientos con 1 me de Ca y con relaciones K/Ca y K + Mg/Ca altas en los tejidos también podríamos pensar son debidas a la alteración en la producción de hidratos de carbono producidos por el desequilibrio entre K y Ca en la planta ya que el K interviene directamente en la formación de los mismos, Hugh G. Gauch, 1972. Los cloroplastos son los orgánulos menos afectados por la deficiencia de Ca en cuanto a la integridad de sus membranas. Las rupturas observadas en las mismas se deben al aumento de la presión osmótica en la solución nutritiva.

A la ruptura de la membrana cloroplastídica observada en prácticamente todos los tratamientos estudiados parece cooperar mayormente la subida de presión osmótica en estos tratamientos, observándose la desintegración total de estas membranas a presiones osmóticas de 5 Atm. A este respecto, Lahaye y Epstein, 1971, sugirieron incrementar simultáneamente la aportación de Ca para prevenir las depresiones de crecimiento producidas por altas concentraciones de ClNa. Estos investigadores observaron que en deficiencia de Ca las plantas absorvieron y translocaron Na a una gran velocidad acusando una ruptura general de las raíces. Cuando la concentración de Ca subió en la solución nutritiva esta ruptura desapareció paulatinamente.

De los resultados obtenidos puede concluirse que el Ca desempeña un papel principal en la compartimentación celular y especialmente sobre la permeabilidad de la pared celular. La pérdida de permeabilidad de las membranas conduce a la destrucción del tonoplasto y de la membrana citoplasmática. La acumulación de vesículas es un proceso similar a los cambios experimentados en células senescentes y es característico de procesos autolíticos relacionados en procesos con formación de áreas necróticas.

CONCLUSIONES

La deficiencia de Ca y la presión osmótica producen anomalías distintas sobre la estructura celular de la hoja de tomate.

Las anomalías producidas por la deficiencia de Ca son las siguientes: a) necrosis del plasmalema y ruptura del tonoplasto o membrana vacuolar, b) proliferación de vesículas, c) alteración de la estructura de los orgánulos citoplasmáticos, cloroplastos y mitocondrias, d) presencia de gran contenido de almidón en cloroplastos, e) ennegrecimiento de los tejidos, f) presencia de cristales de naturaleza desconocida en algunos cloroplastos.

Las anomalías que produjo la elevación de la presión osmótica y el efecto salino pueden resumirse en: ruptura de las paredes celulares y de la membrana cloroplastídica produciendo efectos similares a una senescencia natural muy avanzada.

Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, cuya aportación económica ha hecho posible la realización de este trabajo.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el efecto de diferentes niveles de Ca y presiones osmóticas sobre la ultraestructura de las hojas de plantas de tomate. Los niveles de Ca aplicados fueron: 10; 2,5 y 1 me/l y las presiones osmóticas 0,65; 3,5 y 5,0 atms. Las hojas cuyo contenido de Ca acusaban deficiencia en los análisis químicos mos-

traron marcadas anomalías en la ultraestructura celular: necrosis del plasmalema y ruptura del tonoplasto, proliferación de vesículas, alteraciones en los orgánulos citoplasmáticos, cloroplastos y mitocondrias, aumento del contenido de almidón en cloroplastos, ennegrecimiento de los tejidos y presencia de cristales en algunos cloroplastos. El efecto de la presión osmótica puede concretarse a la ruptura de las paredes celulares y de la membrana cloroplastídica, principalmente acusada en las hojas correspondientes a presión osmótica elevada, con altos niveles de Na en las plantas.

De estos resultados se deduce que el Ca parece tener un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad de la pared celular. Las anomalías producidas por la deficiencia de este elemento pueden conducir a una autólisis de la célula debido principalmente al cambio de la permeabilidad de sus membranas.

*Instituto de Edafología y Biología Vegetal. C.S.I.C.
Serrano, 115. Dpto. Madrid.*

BIBLIOGRAFIA

- BANGERTH, F. 1973. Investigations upon Ca related physiological disorders Phytopath. Z 77, 20-37.
- HECHT-BUCHHOLZ, C. H. 1979. Calcium deficiency and Plant ultrastructure. Comm. in Soil Science and Plant Analysis, (1 & 2). 67-81.
- HUGH, G. GAUCH, 1972. Inorganic Plant Nutrition-Dowden, Hutchinson and Ross Inc.
- LAHAYE, A. P. and EPSTEIN, E. 1971. Calcium and salt toleration by bean plants. Physiol. Plant. 25, 213-218.
- LEFORT, M. 1957. Structure fine du chloroplaste normal chez *Lycopersicum esculentum* Liaison grana-estroma. C. R. Acad. Sci. Paris 244: 2957-9.
- MARINOS, N. G. 1962. Studies on submicroscopic aspects of mineral deficiencies. I. Calcium deficiency in the shoot apex of Barley. Amer. Jour. Bot. 49: 834-841.
- MARSCHNER, H. and GUNTHER, J. 1964. Ionenaufnahme und zellstruktur bei Gersten wurzeln in Abhängigkeit von der Calcium-Versorgung. Z. Pflanzenernähr, Dung, Bodenk 107: 118-136.
- NILSHAMMAR, M., WALLE, B. and KYLIN, A. 1972. The effect of calcium deficiency on the ultrastructure of the green alga *Scenedesmus*. Z. Pflanzen Physiol. 66, 197-205.
- OSMOND, C. B. 1966. Divalent cation absorption and interaction in Atriplex-Aust. J. Biol. Sci. 19, 37-47.
- POZUELO, J. M. 1982. Anomalías inducidas por deficiencia de Ca o de Mg en raíces de plantas de *Zea mays* L. Observaciones "de visu" y a nivel celular. An. Edaf. y Agrob. 41, n.º 9-10, 1957-1970.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. 1976. Aplicación de sulfato magnésico en la corrección de los efectos de salinidad producidos por el cloruro sódico en el tomate. Anal. Edaf. y Agrob. XXXV, 13-32.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. y M. R. DE FELIPE. 1983. Composición mineral y estudio estructural de los tejidos sanos y afectados de podredumbre apical en dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) An. Edaf. y Agrob. XLII-n.º 5-6: 831-846.
- SHEAR, C. B. and MIKLOS FUAST. 1971. Value of various tissue analyses in determining the calcium status of the apple tree and fruit. Rec. Advances in plant Nut. I, 75-94.
- WOOLEY, J. T. and BROYER, T. C. 1957. Foliar symptoms of deficiencies of inorganic elements in tomato. Plant Physiol. 32, 148-150.

Recibido para publicación: 20-II-84.

EFFECTO DE LA ADICION DE NITRATO SOBRE LA PRODUCCION
DE H₂ POR NODULOS DE GUISANTE (*PISUM SATIVUM*, L.)
CRECIDOS BAJO CONDICIONES DE ALTA
INTENSIDAD LUMINOSA.

Por

EULOGIO J. BEDMAR.

Departamento de Microbiología. Estación Experimental del
Zaidín. C.S.I.C. Profesor Albareda, 1 (18008-Granada)

SUMMARY

EFFECT OF THE NITRATE ADITTION ON H₂ EVOLUTION BY PEA
(*PISUM SATIVUM*, L.) NODULES GROWN UNDER HIGH
LIGHT INTENSITY

Abstract: Acetylene reduction (AR) and hydrogen evolution (HE) by root nodules was examined in symbioses between *Pisum sativum*, L. var JI1205 and a Hup⁺ strain of *Rhizobium leguminosarum*. Plants were grown under 1000 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ light intensity with and without 4 mM NO₃⁻. At a similar rates of C₂H₂ reduction on a whole plant basis the relative efficiency (RE) of nitrogenase enzyme varied and was greater in absence of nitrate. Differences in H₂ evolution could not be attributed to differences in uptake hydrogenase activity, as measured by the ³H₂ incorporation assay. The results suggest that changes in the electron allocation coefficient of nitrogenase (EAC) may be involved in such a phenomenon.

INTRODUCCION

En la asociación simbiótica *Rhizobium*-leguminosa el complejo enzimático de la nitrogenasa acopla la reducción del nitrógeno atmosférico (N₂) a amonio (NH₃) simultáneamente a la de protones (H⁺) a hidrógeno (H₂) (Burns y Hardy, 1975).

Puesto que el N₂ es el sustrato primario de la nitrogenasa, la significación fisiológica de la producción de H₂ por la misma llevó a Schubert y Evans (1976) a definir la eficiencia relativa (RE) como un parámetro para evaluar su importancia:

$$RE = 1 - \frac{\text{H}_2 \text{ producido en aire}}{\text{C}_2\text{H}_2 \text{ reducido.}}$$

Varios factores pueden alterar *in vivo* la RE. Entre ellos se incluyen el coeficiente de distribución de electrones de la nitrogenasa (EAC) (Burns y Hardy, 1975) y la capacidad de ciertas razas de *Rhizobium* para oxidar el H₂ liberado durante la actividad nitrogenasa (Schubert y Evans, 1976).

El término EAC representa el flujo de electrones que se dirige a la reducción del N_2 o de los H^+ y es una característica de todas las células de *Rhizobium* fijadoras de N_2 . La actividad hidrogenasa (fenotipo Hup^+) sólo está presente en alguna de ellas (Schubert y Evans, 1976). Tal actividad se puede alterar por diversos factores, procedentes tanto de la bacteria como de la planta. Que las razas de *Rhizobium* difieren en su capacidad para producir H_2 se demostró en *R. japonicum* (Carter et al. 1978) y *R. leguminosarum* (Ruiz Argüeso et al. 1979). Ninguna raza de *R. meliloti* ni de *R. trifolii* de las estudiadas hasta ahora recicló cantidades significativas de H_2 en simbiosis con sus respectivas leguminosas (Ruiz-Argüeso et al. 1979).

La influencia de la planta sobre la actividad hidrogenasa se describió cuando Dixon (1972) comprobó que *R. leguminosarum* raza ONA 311 presentaba un fenotipo Hup^+ o Hup^- en asociación con *P. sativum* o *Vicia faba* respectivamente.

Cambios similares en la actividad hidrogenasa se describieron en dos razas de *R. japonicum* cuando infectaron *Vigna unguiculata* y *Glycine max* (Keyser et al. 1982).

Estas observaciones, realizadas en diferentes especies de leguminosas, han sido ampliadas al demostrarse que en *R. leguminosarum* raza 128C53 se inducen distintos niveles de actividad hidrogenasa en simbiosis con distintas variedades de guisante (Bedmar et al. 1983).

Los cambios en la eficiencia relativa de la nitrogenasa pueden deberse a alteraciones en las condiciones ambientales. Una relación inversa entre la RE y el nivel de intensidad luminosa fue descrita por Bethlenfalvay y Phillips (1977) y Sheikholeslam et al. (1980) en *R. leguminosarum* raza 128C53. Un resultado similar se observó en 10 razas de *R. trifolii* (Hup^-) (Gibson et al. 1981) y en una raza Hup^- de *R. leguminosarum* (Edie, 1983). La disponibilidad de nitrógeno combinado es otro de los factores que afectan la RE, tanto en una raza Hup^+ (Bethlenfalvay y Phillips, 1978) como en otra Hup^- (Edie, 1983) de *R. leguminosarum* en simbiosis con *P. sativum*, variedad Alaska.

Aunque el efecto combinado de la adición de nitrato y la alta iluminación sobre la RE ha sido descrito en *R. leguminosarum*, raza 3740 (Hup^-), tal efecto no se había estudiado en razas Hup^+ . El objeto del presente estudio ha sido, por un lado, comprobar el efecto simultáneo de dos parámetros ambientales tales como la alta intensidad luminosa y la presencia de nitrógeno combinado sobre la eficiencia relativa de la raza 128C53 de *R. leguminosarum* en simbiosis con la variedad JI1205 y, por otro, determinar si las posibles variaciones en la producción de H_2 estaban asociadas a cambios en la actividad hidrogenasa o en el coeficiente de distribución de electrones de la nitrogenasa.

MATERIAL Y METODOS

Microorganismos: *R. leguminosarum*, raza 128C53, originalmente

proporcionada por J.C.Burton (Nitragin Co., Milwaukee, Wis.) que se ha demostrado posee un fenotipo Hup⁺ en simbiosis con Alaska (Brewin et al. 1980). La bacteria se cultivó asimbióticamente en medio LMB (Lim y Shanmugam, 1979).

Planta. Se ha utilizado *P. sativum*, L. (guisante) variedad JI1205 (cortesía de B. Snode, John Innes Institute, Norwich, Norfolk) cuyas semillas se esterilizaron superficialmente con alcohol de 90% durante tres minutos y después de germinadas se sembraron en jarras Leonard (Leonard, 1943) con vermiculita. Como solución nutritiva se utilizó la descrita por DeJong y Phillips (1981) carente de nitrógeno, a la que se adicionó NO₃K (4mM) en los casos de tratamiento con nitrógeno combinado. Las plantas crecieron en cámaras de ambiente controlado en las siguientes condiciones: fotoperiodo de 16/8 h luz/oscuridad, 50% de humedad relativa y 1000 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ de intensidad luminosa (400 - 700 nm), a una temperatura de 21/15 °C día/noche. Medidas de la actividad fisiológica. Las actividades de la nitrogenasa, reducción de acetileno y producción de H₂, se midieron por cromatografía gaseosa (Bethlenfalvay y Phillips, 1977). La actividad hidrogenasa se cuantificó mediante la técnica de incorporación de tritio después de la exposición durante 30 m de pequeños segmentos de raíces noduladas a una atmósfera que contenía 5% de H₂, 10% de C₂H₂, 85% de aire y 0,167 μCi de ³H₂ .ml⁻¹ (Bethlenfalvay y Phillips, 1979; Bedmar et al. 1983). Los nódulos se sometieron a combustión en un quemador de muestras (Packard modelo B360) y la radioactividad se recogió en 12 ml de Monophase 40 (Packard Instruments, Downers Grove, IL), midiéndose en un contador de centelleo (Beckman, modelo LS8000). Como control negativo se utilizaron raíces no noduladas a las que correspondió una actividad hidrogenasa aparente de 0,01 - 0,04 nanomoles de H₂ .mg peso fresco de nódulos⁻¹ .h⁻¹.

El peso seco de las plantas se determinó a las 48 horas de secado en una estufa a 70 °C. La superficie foliar se midió con un medidor de áreas (LI-3000, Lambda Instruments, Lincoln, Nebraska, U.S.A.).

En todos los casos, los valores que se presentan corresponden a la media \pm SE de seis repeticiones. Todos los experimentos se repitieron al menos dos veces bajo las condiciones experimentales descritas.

RESULTADOS

Las medidas de la actividad nitrogenasa de *R. leguminosarum* 128C53 en simbiosis con la variedad de guisante JI1205 a los 31, 37 y 43 días de crecimiento mostraron que la bacteria producía diferentes cantidades de H₂ según que las plantas crecieran en presencia o en ausencia de 4 mM de NO₃K a una intensidad luminosa de 1000 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Tabla I). Sin embargo, los valores de reducción de acetileno (AR) a nivel de planta entera fueron más similares (Tabla I), lo que dio lugar a amplias diferencias en la eficiencia relativa de tales asociaciones (Tabla I).

TABLA I

Reducción de acetileno y producción de hidrógeno por Rhizobium leguminosarum 128C53 en simbiosis con Pisum sativum JI1205, en presencia y ausencia de 4 mM de NO₃K.

Días	Reducción de acetileno		Producción de hidrógeno		Eficiencia relativa	
	-NO ₃ K	+NO ₃ K	-NO ₃ K	+NO ₃ K	-NO ₃ K	+NO ₃ K
	nmol C ₂ H ₂ o H ₂ . planta ⁻¹ .h ⁻¹					
31	8,8 ± 0,7	9,7 ± 1,1	N.D.	1,3 ± 0,1	1	0,99
37	16,5 ± 1,1	16,7 ± 1,5	N.D.	3,3 ± 0,3	1	0,80
43	33,2 ± 2,2	24,4 ± 1,8	2,9 ± 0,1	5,8 ± 0,8	0,91	0,75

N.D. = No detectable.

En ausencia de nitrato, los valores de la eficiencia relativa coincidieron en líneas generales con los previamente publicados para esta simbiosis mutualista bajo una intensidad luminosa de 650 μg. m⁻². s⁻¹ (Bedmar et al. 1983).

La presencia de nitrato produjo un aumento considerable de dos parámetros fisiológicos, tales como la ganancia en peso seco total y la superficie foliar durante la ontogenia de las plantas (Tabla II).

Un estudio más detallado de estas simbiosis, a los 37 días de crecimiento bajo las condiciones experimentales descritas, demostró que la actividad hidrogenasa de *R. leguminosarum* fue muy similar tanto en presencia como en ausencia de NO₃K (Tabla III). Las diferencias observadas en la producción de H₂ no pudieron, por tanto, atribuirse a diferencias en tal actividad. En ausencia de nitrato, la actividad hidrogenasa fue suficiente para oxidar todo el hidrógeno liberado en los nódulos de las raíces de las plantas a los 31 y 37 días de crecimiento (Tabla I).

DISCUSION

Los resultados de este trabajo confirman y amplían informes previos sobre alteraciones en la eficiencia relativa (RE) de la nitrogenasa por factores ambientales (Tabla I).

Los resultados obtenidos por Bethlenfalvay y Phillips (1979) bajo diferentes intensidades luminosas en ausencia de nitrógeno combinado habían sugerido que los cambios en la RE de la raza 128C53 de *R. leguminosarum* en simbiosis con la variedad Alaska podían deberse tanto a alteraciones de la EAC como a variaciones en la actividad hidrogenasa. La capacidad de esta raza de *Rhizobium* en asociación con

la variedad de guisante JI1205 de oxidar todo el H₂ producido por la nitrogenasa hace posible distinguir si los cambios en la RE se deben a uno u otro factor.

Los datos que se presentan en la Tabla I muestran claramente que en ausencia de nitrato, la RE de tal asociación fue muy similar a todo lo largo del periodo de estudio a la previamente descrita para ella en condiciones normales de luz, $650 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (Bedmar et al. 1983). Estos resultados, sin embargo, no coinciden con los de Bethlenfalvay y Phillips (1977) y Sheikholeslam et al. (1980) en los que al aumentar la intensidad luminosa se disminuyó la RE. Una posible explicación para esta discrepancia reside en el hecho de que a diferencia de la simbiosis 128C53/JI1205, en la asociación 128C53/Alaska la actividad hidrogenasa no fue suficiente para oxidar todo el H₂ liberado. De esta forma, para valores similares de AR al ser mayor la cantidad de H₂ producido, la RE disminuiría. Este hecho coincide con la hipótesis apuntada de conferir valores intermedios de actividad hidrogenasa para la mayoría de las asociaciones de *R. leguminosarum* con *P. sativum* (Ruiz-Argüeso et al. 1978). Resultados similares a los presentados en la Tabla I fueron obtenidos por Edie (1983) para una raza Hup⁻ de *R. leguminosarum* en presencia de 8 mM de NO₃K. La RE de esta raza fue 0,65 cuando Alaska creció a $550 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ y de 0,62 bajo una intensidad de $1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Aunque se ha descrito que la presencia de nitrato altera el suministro de fotosintato a los nódulos (Small y Leonard, 1965; Khan y Khan, 1981), el efecto de tales tratamientos son difíciles de interpretar por su interacción con el crecimiento de las plantas. En general, la nitrogenasa responde positivamente a los niveles de nitrato, incrementando la AR y la HE. A altas concentraciones del mismo, tal actividad es gradualmente inhibida (Harper, 1974; Gibson, 1976; Bethlenfalvay y Phillips, 1978).

En este estudio, la presencia de nitrato estimuló el crecimiento de las plantas a todo lo largo del periodo de observación como se demostró por los incrementos en peso seco y superficie foliar (Tabla II). Durante

TABLA II

Efecto de la presencia o ausencia de NO₃K (4 mM) sobre el peso seco y superficie foliar de Pisum sativum JI1205 inoculado con Rhizobium leguminosarum 128C53.

Días	Peso seco (g)		Superficie foliar (cm ²)	
	-NO ₃ K	+NO ₃ K	-NO ₃ K	+NO ₃ K
31	0,75 ± 0,02	1,2 ± 0,03	61,3 ± 5,3	84,7 ± 6,1
37	0,81 ± 0,03	1,9 ± 0,13	81,4 ± 5,3	197,2 ± 12,3
43	1,80 ± 0,20	3,7 ± 0,09	170,9 ± 12,9	357,3 ± 14,9

TABLA III

Actividad hidrogenasa de R. leguminosarum 128C53 en simbiosis con Pisum sativum J11205 en presencia y ausencia de 4 mM de NO₃K a los 37 días de crecimiento.

Tratamiento	Actividad hidrogenasa nanomol H ₂ .mg peso fresco nódulos ⁻¹ .h ⁻¹
-NO ₃ K	14,18 ± 2,2
+NO ₃ K	13,97 ± 2,4

este periodo hubo, por tanto, un aporte continuado de fotosintato a los nódulos, aunque la RE disminuyó respecto a las plantas que crecieron en ausencia del mismo (Tabla I). A pesar de las diferencias en la producción de H₂ y en la eficiencia relativa, la presencia de nitrato no alteró la actividad hidrogenasa de *R. leguminosarum* 128C53 (Tabla III).

Variaciones en la RE por cambios en la EAC han sido descritos también para razas Hup⁻ (Edie, 1983) y Hup⁺ (Bedmar et al. 1983) de *R. leguminosarum* y *R. trifolii* (Edie y Phillips, 1983).

Igualmente, Hageman y Burris (1980) describieron que la EAC de los componentes purificados de la nitrogenasa puede ser alterada por diversos factores de tipo físico-químico.

En cualquier caso, las relaciones entre intensidad luminosa, disponibilidad de nitrógeno combinado y actividades nitrogenasa e hidrogenasa no están del todo esclarecidas y, obviamente, se requiere más información para explicar la fisiología básica de estos fenómenos.

Agradecimientos

Parte de este trabajo se realizó en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Davis, California, bajo la dirección del profesor D. A. Phillips, a quien el autor expresa su reconocimiento.

RESUMEN

Las actividades del enzima nitrogenasa, reducción de acetileno (AR) y producción de hidrógeno (HE), de una raza Hup⁺ de *R. leguminosarum* se estudiaron en simbiosis con la variedad JI1205 de *P. sativum*, L., bajo un régimen luminoso de 1000 μ² m⁻² s⁻¹ y en presencia o ausencia de NO₃K (4mM). Para valores similares de reducción de acetileno, la eficiencia relativa (RE) definida como RE = 1 - H₂ producido en aire / C₂H₂ reducido fué mayor en ausencia de nitrato a todo lo largo del período de estudio. Las diferencias en la producción de H₂ no se pudieron atribuir a diferencias en la actividad hidrogenasa. Los resultados obtenidos sugieren que algún cambio en el coeficiente de distribución de electrones de la nitrogenasa (EAC) pudiera ser responsable del fenómeno descrito.

BIBLIOGRAFIA

- BEDMAR, E. J., EDIE, S. A. and PHILLIPS, D. A. 1983. Host plant cultivar effect on hydrogen evolution by *Rhizobium leguminosarum*. *Plant Physiol.* 72, 1011-1015.
- BETHLENFALVAY, G. J. and PHILLIPS, D. A. 1977. Effect of light intensity on efficiency of carbon dioxide and nitrogen reduction in *Pisum sativum*. *Plant Physiol.* 60, 868-871.
- BETHLENFALVAY, G. J. and PHILLIPS, D. A. 1978. Interactions between symbiotic nitrogen fixation, combined-N application and photosynthesis in *Pisum sativum*. *Physiol. Plant* 42, 119-123.
- BETHLENFALVAY, G. J. and PHILLIPS, D. A. 1979. Variation in nitrogenase and hydrogenase activity of Alaska pea root nodules. *Plant Physiol.* 63, 816-820.
- BREWEN, N. J., DeJONG, T. M., PHILLIPS, D. A. and JOHNSTON, A. W. B. 1980. Co-transfer of determinants for hydrogenase activity and nodulation ability in *Rhizobium leguminosarum*. *Nature*. 288, 77-79.
- BURNS, R. C. and HARDY, R. W. F. 1975. Nitrogen fixation in Bacteria and Higher Plants. Springer Verlag, New York, pp 121-132.
- CARTER, K. R., JENNINGS, N. T., HANUS, J. and EVANS, H. J. 1978. Hydrogen evolution and uptake by nodules of soybeans inoculated with different strains of *Rhizobium japonicum*. *Can. J. Microbiol.* 24, 307-311.
- DeJONG, T. M. and PHILLIPS, D. A. 1981. Nitrogen stress and apparent photosynthesis in symbiotically grown *Pisum sativum*. *Plant Physiol.* 68, 309-313.
- DIXON, R. O. D. 1972. Hydrogenase in legume root nodule bacteroids: occurrence and properties. *Arch. Mikrobiol.* 85, 193-201.
- EDIE, S. A. 1983. Acetylene reduction and hydrogen evolution by nitrogenase in a *Rhizobium*-legume symbiosis. *Can. J. Bot.* 61, 780-785.
- EDIE, S. A. and PHILLIPS, D. A. 1983. Effect of the host legume on acetylene reduction and hydrogen evolution by *Rhizobium* nitrogenase. *Plant Physiol.* 72, 156-160.
- GIBSON, A. H. 1976. Recovery and compensation by nodulation of legumes to environmental stress. *Intl. Biol. Programme* 7, 385-403.
- GIBSON, A. H., DREYFUSS, D. L., LAWN, R. J., SPRENT, J. I. and TURNER, J. L. 1981. En: Current perspectives in Nitrogen Fixation. Host and environmental factors affecting hydrogen evolution and uptake. Eds. A. H. Gibson and W. E. Newton pp. 374. Aust. Natl. Acad. Sci. Canberra.
- HARPER, J. E. 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. *Crop. Sci.* 14, 255-260.
- HAGEMAN, R. V. and BURRIS, R. H. 1980. Electron allocation to alternative substrates of *Azotobacter* nitrogenase is controlled by the electron flux through dinitrogenase. *Biochim. Biophys. Acta.* 591, 63-75.
- KHAN, A.A. and KHAN, A.A. 1981. Effects of nitrate nitrogen on growth, nodulation and distribution of ¹⁴C-labelled photosynthates in cowpea. *Plant Soil.* 63, 141-147.
- KEYSER, H.H., VAN BERKUM, P. and WEBER, D.F. 1982. A comparative study of the physiology of symbioses formed by *Rhizobium japonicum* with *Glycine max*, *Vigna unguiculata* and *Macroptilium atropurpureum*. *Plant Physiol.* 70, 1626-1630.
- LEONARD, L.T. 1943. A simple assembly for use in testing of cultures of *Rhizobia*. *J. Bacteriol.* 45, 523-527.

- LIM, T. and SHANMUGHAM, K.T. 1979. Regulation of hydrogen utilization in *Rhizobium japonicum* by cyclic AMP. *Biochim. Biophys. Acta*, 584, 479-492.
- RUIZ-ARGÜESO, T., HANUS, H.J. EVANS, H.J. 1978. Hydrogen production and uptake by pea nodules as affected by strain of *Rhizobium leguminosarum*. *Arch. Microbiol.* 116, 113-118.
- RUIZ-ARGÜESO, T., MAIER, R.J. and EVANS, H.J. 1979. Hydrogen evolution from alfalfa and clover nodules and hydrogen uptake by free-living *Rhizobium meliloti*. *Appl. Environ. Microbiol.* 37, 582-587.
- SCHUBERT, K.R. and EVANS, H.J. 1976. Hydrogen evolution: a major factor affecting the efficiency of nitrogen fixation in nodulated symbionts. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 73, 1207-1211.
- SHEIKHOLESLAM, S.N., FISHBECK, K.A. and PHILLIPS, D.A. 1980. Effect of irradiance on partitioning of photosynthate to pea root nodules. *Bot. Gaz.* 141, 48-52.
- SMALL, J.G.C. and LEONARD, D.A. 1965. Translocation of ^{14}C -labelled photosynthate in nodulated legumes as influenced by nitrate nitrogen. *Am. J. Bot.* 56, 194-197.

Recibido para publicación: 23-II-84.

ESTUDIO DE FRACCIONES PROTEINICAS DE DIFERENTES VARIETADES DE ALMENDRA (*Prunus amygdalus*)

Por

F. J. LOPEZ ANDREU, R. M. ESTEBAN ALVAREZ Y O. CARPENA ARTES

Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias,
Universidad Autónoma de Madrid.

SUMMARY

STUDY OF PROTEIN FRACTIONS OF DIFFERENT ALMONT VARIETIES (*Prunus Amygdalus*)

A comparative study about protein fractions of several varieties of almond has been carried out.

The fractionation of proteins has been made according to modified Osborne method.

Concerning to other almond characteristics such as yield of almond-seed, moisture and ash, they have been studied in all varieties (Marcona, Ramillete, Desmayo-Largueta, Garrigues, Común, Mollar y Rofas).

INTRODUCCION

El hecho de que España sea el segundo productor mundial de almendras, después de EE.UU., y que en los últimos años se aprecie un ritmo creciente en la expansión de este cultivo, tanto en el S.E. como en el N.E. español, unido a que son numerosas las industrias que emplean la almendra como materia prima en la fabricación de sus elaborados independientemente del consumo directo, resulta prioritario el interés acerca del estudio sobre el total aprovechamiento de este producto vegetal.

La determinación de la calidad de los productos agrícolas es un tema de gran importancia en la actualidad; sin embargo, presenta serios problemas basados en la dificultad de definir unos criterios de calidad, ya que estos dependen, en gran medida, de la utilización a que se destinen dichos productos.

Debido a estas razones, es aconsejable definir la calidad según el criterio de Coyc (1964), en función de la composición química y de la relación en peso entre las diversas partes del fruto, lo que permitirá obtener un mayor conocimiento de su valor alimenticio y de sus posibles aplicaciones.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la composición química varía con el tipo de almendra analizada, como muestran los resultados obtenidos por Casares y López (1952), Souty y cols. (1971), González (1972), Nilov y Pyzhov (1976) y Romojaro y cols. (1977), que ponen de manifiesto la gran variabilidad en sus componentes y su dependencia de la variedad, condiciones edafo-climáticas, grado de madurez y otros factores. Esto obliga a la realización de un estudio individualizado de las variedades, ya que la utilización adecuada de las mismas está condicionada por su composición química específica.

En particular, la investigación se ha centrado en el estudio de la fracción proteínica dada la limitación y mala distribución en el mundo de recursos alimenticios proteínicos, así como la necesidad de buscar una solución parcial al problema incrementando el consumo de proteínas vegetales (Betschart, 1975).

Las variedades de almendra que se han empleado en la realización de este trabajo han sido:

- Marcona, Desmayo-Largueta, Garrigues y Ramillete, procedentes del S.E. español (Murcia).
- Marcona, Desmayo-Largueta, Mollar, Rofas y Común, procedentes del N.E. español (Tarragona).

Los objetivos del presente trabajo han sido, por una parte el estudio de características tales como, rendimiento en almendra-grano, cotiledón, contenido en humedad y cenizas, y por otro lado, el estudio relativo a la extracción y cuantificación de diferentes fracciones proteínicas, con el que se pretende no sólo contribuir a esclarecer las cualidades del producto, sino aportar nuevos datos a la escasa bibliografía existente.

MATERIAL Y METODOS

Preparación de la muestra

Se procedió a la eliminación manual de la cáscara y, posteriormente, del tegumento, y se calculó el rendimiento en almendra-grano y cotiledón, respectivamente.

Determinación de la humedad

Una cantidad exactamente pesada (20-50 g) de almendra-grano pulverizada, se introdujo en estufa vacío (70.°C y 100 torr) hasta obtención de peso constante. A partir de aquí, se calculó el porcentaje de humedad.

Determinación de cenizas

Se partió de 500 mg de cotiledón de almendra desengrasado (con éter de petróleo y en Soxhlet), pulverizado y exento de humedad, que se incineraron previamente en mechero y, a continuación, en horno mufla a 450-480.° C, durante 8 horas.

Extracción de fracciones proteínicas

La extracción de fracciones proteínicas se llevó a cabo basándose en su distinta solubilidad, según el método de Osborne (1924), con ligeras modificaciones.

Se realizaron unos ensayos previos que permitieron determinar la relación óptima entre las cantidades de harina de almendra desengrasada y de extractante, así como la influencia del tiempo empleado en la extracción. Todas las extracciones se llevaron a cabo con un homogeneizador eléctrico Polytron mod. PCU-2.

— Extracción de proteínas solubles en tampón Fosfato de Sorensen al 5% en ClNa (pH 7):

250 mg de cotiledón de almendra desengrasado, pulverizado y seco, se homogenizan con 50 ml del citado tampón. A continuación, se centrifuga a 4000 x g, a 4.º C, durante 10 min. (Centrífuga refrigerada Sorvall RC-5B) y se filtra el sobrenadante con papel Whatman n.º 1 (Betschart, 1975). Se repite la extracción, en las mismas condiciones, tres veces más y el extracto se enrasa a 250 ml. Este primer extracto, que denominaremos "Fracción A", está constituido fundamentalmente por albúminas y globulinas (Paulis y Wall, 1977).

— Extracción de proteínas solubles en etanol al 70%:

El residuo de la anterior extracción se trata con 50 ml. de etanol al 70% para obtener la fracción correspondiente a las prolaminas, que denominaremos "Fracción B".

— Extracción de la proteína residual:

El residuo de la última extracción se disuelve en 25 ml de NaOH 1N para obtener la proteína residual ("Fracción C").

— Separación de las proteínas de la "Fracción A":

Del extracto correspondiente a albúminas y globulinas, se hace un nuevo fraccionamiento con $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ al 40% (Dawson, 1971) y se obtienen dos nuevas fracciones, la que precipita en este medio ("Fracción D") y la que permanece soluble ("Fracción E").

Determinación cuantitativa de fracciones proteínicas

El contenido de proteínas de las distintas fracciones se estableció por los métodos Folin-Lowry (Lowry y cols., 1951) y Kjeldahl (Cadaña, 1973).

Se realizó un análisis de varianza de los resultados obtenidos para poner de manifiesto la posible existencia de diferencias significativas entre medias (de tres repeticiones) por un efecto de variedad.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se expresan los resultados medios obtenidos para los rendimientos en almendra-grano y cotiledón, así como los contenidos en humedad y cenizas.

A pesar de que las características de este producto referidas en la Tabla, no se tienen en cuenta en la definición de su calidad nutritiva,

TABLA I
 Porcentajes de almendra-grano, cotiledón, humedad y cenizas

Variedad	Almendra-grano ¹ %	Cotiledón ² %	Humedad ² %	Cenizas ³ %
<u>Zona S.E.:</u>				
Ramillete	24,8	93,4	2,4	2,8
Marcona	24,5	94,7	2,4	2,6
D. Largueta	22,7	93,5	2,4	2,9
Garrigues	22,3	94,1	2,7	2,6
<u>Zona N.E.:</u>				
Común	25,8	94,1	2,7	2,9
Marcona	28,0	95,7	2,7	2,9
Mollar	40,0	93,4	2,9	2,6
Rofas	34,8	93,9	2,8	3,1
D. Lagueta	28,1	94,3	2,7	2,9

¹ Referido a almendra-cáscara.

² Referido a almendra-grano.

³ Referido a cotiledón seco.

poseen una gran importancia en la consideración económica del mismo, al orientarse el aprovechamiento alimenticio de forma exclusiva al cotiledón, con o sin tegumento, según sea el destino de su consumo.

Los rendimientos referidos a almendra-grano en la zona S.E. pueden considerarse normales e incluidos en los límites dados por Souty y cols. (1971), existiendo diferencias significativas al 1% debido al mayor contenido en almendra-grano de las variedades Marcona y Ramillete.

La zona N.E. presenta un valor medio más elevado debido a la inclusión de variedades de cáscara mollar. Según la bibliografía, los porcentajes de almendra-grano varían entre el 21% , para variedades de cáscara muy dura, y el 61% para variedades de cáscara muy tierna.

Al comparar iguales variedades procedentes de distintas zonas, se observa un mayor rendimiento en almendra-grano para las cultivadas en la zona. N.E. Las mismas variedades, pero cultivadas en Francia, dan unos resultados de 28% y 26% de almendra-grano para D. Largueta y Marcona, respectivamente.

Los porcentajes de cotiledón presentan una variación moderada,

sólo se observa que la variedad Marcona posee un contenido en cotiledón ligeramente mayor en cualquiera de las dos zonas.

Con respecto al contenido en humedad, indicamos su poca significación y la obtención de valores muy similares.

Los contenidos en cenizas resultan muy semejantes, con valores medios de 2,8 y 2,9% para las áreas de Murcia y Tarragona, respectivamente.

Fraciones proteínicas

Debido al importante papel biológico que juegan las proteínas y a las variadas funciones que desempeñan en todos los seres vivos, es interesante una clasificación de las mismas en diferentes familias proteínicas de características análogas.

La clasificación basada en la diferente solubilidad no resulta muy precisa debido a que no existen límites claros en la solubilidad de las diferentes fracciones proteínicas, pero permite un mejor conocimiento de las características de las proteínas de un determinado producto.

En la Tabla II se indican los resultados obtenidos de las distintas fracciones proteínicas en las variedades de almendra de ambas zonas (S.E. y N.E.). Los datos están expresados como gramos de proteína por 100 gramos de cotiledón de almendra seco.

En relación con las variedades de la zona S.E., se observa que los valores máximo (17,28%) y mínimo (14,60%) de proteínas (suma de

TABLA II
Fraciones proteínicas (% referido a cotiledón seco)

Variedad	Fracción A	Fracción B	Fracción C	Total
Zona S.E.:				
Ramillete	16,14	0,11	0,83	17,08
Marcona	16,32	0,01	0,95	17,28
D. Largueta	13,42	0,07	1,11	14,60
Garrigues	15,85	0,06	0,91	16,82
Zona N.E.:				
Común	21,74	0,09	0,99	22,82
Marcona	21,26	0,06	0,77	22,09
Mollar	18,39	0,16	1,25	19,80
Rofas	17,89	0,12	0,86	18,87
D. Largueta	14,97	0,15	2,62	17,47

fracciones), corresponden a las variedades Marcona y Desmayo Largueta, respectivamente. Todas las variedades tienen contenidos proteínicos distintos, para un nivel de significación del 1%, a excepción de Ramillete y Marcona.

El estudio comparativo de la "fracción A" (albúminas y globulinas) con un valor máximo de 16,32%, correspondiente a la variedad Marcona, y un valor mínimo de 13,42%, correspondiente a Desmayo Largueta, permite establecer una relación directa entre la citada fracción y la suma de fracciones. Asimismo, se pudieron apreciar pequeñas concentraciones de la "fracción B" (prolaminas); no obstante, estos resultados tan bajos no permiten, en ningún caso, poner de manifiesto diferencias entre variedades.

En relación con la "fracción C" o "proteína residual" (según la clasificación de Osborne puede corresponder a la fracción de glutelinas), no se aprecian grandes diferencias, siendo la variedad Desmayo Largueta la de mayor contenido.

Si se considera los valores relativos a las fracciones proteínicas de las variedades de la zona N.E., expuestos en la tabla anterior, se observa que nuevamente la variedad D. Largueta es la que presenta el valor más alto de la "fracción C", existiendo diferencias significativas al 1% con el resto de las variedades.

De los resultados que representan la suma de fracciones, se deduce que las variedades de mayor contenido proteínico son Común y Marcona, resultando significativamente diferentes (al 1%) de las demás variedades. Asimismo, se observa el menor porcentaje en la variedad D. Largueta, y que se sigue manteniendo una relación directa entre la "fracción A" y la suma de fracciones para todas las variedades consideradas.

Un hecho interesante es la diferencia que se observa entre los contenidos de proteína de las variedades comunes a ambas zonas, encontrándose un balance positivo del contenido en proteínas a favor de la zona N.E.

En la Tabla III están expresados los porcentajes que representan cada una de las fracciones (A, B ó C) respecto a la suma total de las mismas.

En la Tabla III se observa que el porcentaje mayor de proteínas corresponde a la "fracción A" (albúminas y globulinas) en todos los casos considerados. El contenido de la "fracción C" (glutelinas) es bajo, siendo la variedad Desmayo Largueta procedente de Tarragona la que presenta un mayor porcentaje de esta fracción. En relación con las prolaminas ("fracción B"), se aprecia que, en todos los casos, están presentes en una cantidad mínima.

Los resultados obtenidos mediante la precipitación fraccionada con sulfato amónico al 40% se indican en la Tabla IV.

La fracción mayoritaria es la que precipita con sulfato amónico al 40% (fracción D); este hecho se mantiene para todas las variedades y en las dos zonas consideradas.

Todo el estudio realizado sobre la composición proteínica de deter-

TABLA III
Fraccionamiento de proteínas (g/100 g. de proteínas)

Variedad	Fracción A	Fracción B	Fracción C
<u>Zona S.E.:</u>			
Ramillete	94,50	0,64	4,86
Marcona	94,44	0,06	5,50
D. Largueta	91,92	0,48	7,60
Garrigues	94,23	0,36	5,41
<u>Zona N.E.:</u>			
Común	95,27	0,39	4,34
Marcona	96,24	0,27	3,49
Mollar	92,88	0,81	6,31
Rofas	94,81	0,64	4,55
D. Largueta	84,39	0,84	14,77

TABLA IV
Fraccionamiento con sulfato amónico (g/100 g de la fracción A)

Variedad	Fracción D	Fracción E
<u>Zona S.E.:</u>		
Ramillete	66,60	33,28
Marcona	59,89	40,31
D. Largueta	67,25	32,65
Garrigues	65,35	34,10
<u>Zona N.E.:</u>		
Común	68,43	30,56
Marcona	62,84	37,36
Mollar	63,45	36,05
Rofas	64,57	35,13
D. Largueta	66,03	33,17

minadas variedades de almendra, indica que las albúminas y globulinas representan, en todos los casos, más del 90% del total de proteínas. No obstante, se ha podido observar la existencia de diferencias significativas en relación con el contenido en algunas fracciones, lo cual ratifica la idea de que es necesario realizar un estudio individualizado de las diferentes variedades.

De esta manera, se puede contribuir a esclarecer las cualidades de este producto, aportar nuevos datos a la bibliografía y en un futuro, llegar a la determinación de los aminoácidos de cada fracción como forma de obtener un conocimiento más preciso del valor nutritivo de cada una de ellas.

RESUMEN

Se ha llevado a cabo un estudio comparativo de las fracciones proteínicas de diversas variedades de almendra.

El fraccionamiento de proteínas se ha efectuado según el método de Osborne, con algunas modificaciones.

En todas las variedades, se han estudiado otras características de la almendra, tales como rendimiento en almendra-grano, humedad y cenizas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BETSCHART, A. A. (1975). Factors influencing the extractability of safflower protein (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Food. Sci.*, **40**, 1010-1013.
- (2) CADAHIA, C. (1973). Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en suelos y plantas con un sistema autoanalizador. *Anal. Edaf. Agrob.*, Tomo XXXII, n.º 5 y 6.
- (3) CASARES, R.; LOPEZ, C. (1952). Estudio bromotológico de las almendras dulces españolas. *Anal. Brom.*, **4**, 71-85.
- (4) COYC, J. (1964). L'influence de la nutrition mineral sur la valeur alimentaire et technologique des récoltes. *Journée d'études sur la qualité des produits alimentaires*. Ed. C.N.R.A. Versailles. 46-48.
- (5) DAWSON, R. (1971). Comparison of fractionation of groundnut proteins by two different methods. *Anal. Biochem.*, **41**, 305.
- (6) GONZALEZ, A. (1972). Sobre el valor nutritivo de la almendra de albaricoque (*Prunus armeniaca*). II. Experiencias del valor bromatológico de la proteína. *A.T.A.*, **12**, 619-28.
- (7) LOWRY, O. H.; ROSENBOROUGH, N. J.; FARR, A. R.; RANDALL, R. J. (1951). Protein measurement with Folin-phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265.
- (8) NILOV, G. I.; PYZHOV, V. (1976). Amino acid of proteins of almond seed. *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya*, **12** (4), 608-610.
- (9) OSBORNE, T. B. (1924). *Vegetable Proteins*. Longman Greens, New York.
- (10) PAULIS, J. V.; WALL, J. S. (1977). Comparison of the protein composition of selected coms and their wild relatives *Teosinte* and *Tripsacum*. *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 285.
- (11) ROMOJARO, F.; GARCIA, J. E.; LOPEZ ANDREU, F. J. (1977). Estudio sobre la composición química de variedades de almendra del S.E. español. *Anal. Edaf. Agrob.*, XXXVI, (1, 2).
- (12) SOUTY, M.; ANDRE, P.; BREUILS, L.; JACQUEMIN, G. (1971). Etude sur la qualité des amandes "*Amygdalus communis*, L.". Variabilité de quelques caractères biochimiques. *Ann. Tech. Agr.*, **20**, 121-130.

EL FRACCIONAMIENTO DE *SOPHORA JAPONICA* L. I. RENDIMIENTOS Y COMPOSICION DEL ZUMO, BAGAZO, CONCENTRADO PROTEICO Y SUERO, EXTRAIDOS DE TALLOS, HOJAS Y LEGUMBRES

Por

C. ALZUETA; I. GONZALEZ Y G. GONZALEZ

Departamento de Agricultura y Economía Agraria, Facultad de Veterinaria,
Universidad Complutense,
Instituto de Alimentación y Productividad Animal del C.S.I.C.
(Ciudad Universitaria, Madrid-3)

SUMMARY

FRACTIONATION OF *SOPHORA JAPONICA* L. I.— YIELDS AND COMPOSITION OF JUICES, PROTEIN CONCENTRATE AND PRESS CAKE EXTRACTED FROM TWIGS, LEAVES AND PODS

Work is being carried out in order to know the possibility of fractionating twigs, leaves and pods of *Sophora Japonica* L. to obtain press cake and juice or protein concentrate for feeding purposes; and simultaneously another organic substances for industrial or pharmaceutical use. In this paper we introduce the first results on yields and composition referred to biomass, press cake, juice, protein concentrate and deproteinised juice obtained with a IBP device from that material.

Dry matter extraction ratio was 26% in the juice and amounted 42 kg/1000 kg of initial biomass in the PC; yield of crude protein in the PC reached 0,72 g/100 g of the initial biomass.

Both, the initial biomass and the press cake, had high dry matter content: 33,84% and 32,65% respectively. Neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were low (39,03% and 30,84% , respectively) in the press cake. Total nitrogen, non protein nitrogen nitric nitrogen and crude ash were respectively 9% , 28% , 71% and 20% lower and NDF and ADF 27% higher in the press cake as compared with the initial biomass. Relatively high amounts of NDF (6,07%) and of ADF (4,35) were detected in the juice, which also gave a high content of ether extract (10,05%).

Crude protein content in the PC dry matter was very low (15,87%). On the other hand ether extract (18,04%) specially total lipids, which amounted 69% of the referred dry matter, were very high.

INTRODUCCION

La idea de extraer los diferentes componentes orgánicos de las plantas para utilizarlos por separado de modo más eficaz —lo que hoy día constituye la base doctrinal del proceso de fraccionamiento de la biomasa vegetal— fué primeramente explicitada por Osborne y Wakeman (1920), referida a las proteínas en su ya clásico trabajo con las hojas de espinaca. Sin embargo, la puesta en práctica de la separación de la

proteína y de la fibra de la hierba con el objetivo de utilizar la primera como alimento de los animales monogástricos y la segunda de los rumiantes, se atribuye a Ereky (Pirie, 1971), Ministro de Desarrollo húngaro, quien en 1927 puso a punto una técnica y obtuvo una patente industrial con aquella finalidad.

Las ventajas de esta separación —el rumiante no aprovecha ni la buena calidad ni el exceso de proteína que pueden contener las hojas, mientras que los monogástricos una vez liberada de las paredes celulares que la protegen de los enzimas digestivos, pueden hacer un uso más eficaz de ella— fueron destacados por Slade (1937) quien en unión de Birkinshaw (1939) patentó un proceso para la extracción de proteína foliar.

La posibilidad de que la proteína foliar podría ser utilizada en la alimentación humana, en el caso de que el bloqueo alemán condujera a una gran escasez de alimentos, estimuló las investigaciones de los científicos británicos sobre este proceso (Pirie, 1942, 1953). Y aunque el final de la guerra hizo declinar el interés en las proteínas foliares como alimento, este comenzó a renacer con gran fuerza al incluirse el estudio y uso de la proteína foliar —potencialmente el recurso más abundante dentro de los catalogados como nuevos alimentos proteicos— en una de las siete secciones del programa Biológico Internacional (IBP) que se llevó a cabo durante la década 1964-1974, bajo el estímulo del mismo Pirie (1971).

Así mismo, la preocupación de las plantas deshidratadoras de alfalfa en los EE.UU. por aminorar los costes del proceso de deshidratación mediante el estrujamiento mecánico de la cosecha, llevó a la idea de separar de los zumos extraídos las proteínas y los pigmentos (xantofilas y carotenos), para su utilización por los monogástricos y aves (Bickoff et al., 1947; Kohler and Bickoff, 1971).

En la actualidad existen plantas industriales de fraccionamiento en España y otros países que solamente utilizan alfalfa y con la sola finalidad de separar el zumo y el bagazo; el primero, líquido, para alimentar a los cerdos, o desecado en forma de concentrados proteínicos, para aquéllos y para las aves; el segundo, constituido básicamente por paredes celulares, para la alimentación de los herbívoros, especialmente de los rumiantes (González, 1983).

Sin embargo, las investigaciones en marcha en más de treinta países (Pirie, 1971; Singh, 1982) afectan a biomásas de muy diversa procedencia: vegetales cultivados y espontáneos, flora acuática, subproductos de cosechas y de la industria agro-alimentaria y árboles y arbustos. Además, estas investigaciones tratan de llevar el proceso de fraccionamiento hasta sus últimas consecuencias: el aprovechamiento discriminado de los muy diversos componentes de la biomasa para los procesos a que mejor se adaptan: la alimentación del hombre y los animales, (proteínas, grasas, pigmentos, celulosa); las fermentaciones industriales (los líquidos residuales del proceso), la obtención de productos orgánicos específicos para la industria química y farmacéutica (proteínas, galactolípidos, compuestos fenólicos, alcaloides, clorofilas,

esteroles, saponinas, etc.) e incluso con fines energéticos (los componentes lignocelulósicos no aprovechables como alimento) (González, 1983).

De entre las materias primas citadas, tal vez sean los árboles y arbustos los que se han considerado menos aptos para fraccionamiento principalmente por la dificultad de recolectar las hojas de las plantaciones forestales convencionales (Pirie, 1982). No obstante se han realizado algunos intentos de fraccionar los tallitos y hojas de algunas especies arbustivas y arbóreas, principalmente leguminosas por obvias razones, como posibles fuentes de proteína alimenticia (Pirie, 1971; Singh, 1982).

Hay que destacar que la aplicación de la tecnología del fraccionamiento a las especies arbustivas y arbóreas puede ser interesante para integrarla en un programa de agroenergética. Como afirma Pirie (1982), existen posibilidades técnicas no bien exploradas, de separar mecánicamente las hojas y los tallos más tiernos de las plantaciones con fines energéticos para extraer la proteína, el bagazo y otros posibles constituyentes de interés, dejando el resto de la biomasa para la producción de energía.

Hasta donde alcanza nuestra información, la leguminosa arbórea *Sophora japonica*, L., especie nativa del Este de Asia, no se ha ensayado con fines de fraccionamiento, debido quizás a que las hojas y legumbres de algunos miembros del género *Sophora* son tóxicas para el ganado vacuno, ovino y caprino (Boughton y Hardy, 1935); seguramente debido a la presencia en cantidades sustanciales de alcaloides tóxicos como la anagrina, citisina, metilcitisina, matrina y esparteina (Harbone *et al.*, 1971). Sin embargo, el hecho de que *Sophora japonica* sea una especie muy adecuada para plantaciones energéticas por su rápido crecimiento, capacidad para rebrotar de cepa, y adaptación a condiciones de clima seco, así como a gran variedad de suelos desde arenosos hasta calcáreos, e incluso a terrenos marginales; y el de que trabajos previos (González *et al.*, 1983) mostraran que las hojas, tallitos y legumbres pueden ser procesados para obtener zumo y bagazo, nos ha llevado a comenzar una serie de estudios sobre esta especie con el fin de determinar los rendimientos, la composición y el valor nutritivo del extracto proteico y del bagazo, y para conocer hasta que punto el fraccionamiento puede constituir un método adecuado para separar, además de la proteína y la fibra, otros compuestos orgánicos de interés industrial o farmacológico a partir de árboles empleados en plantaciones energéticas o cultivados para otros propósitos.

En el presente trabajo damos cuenta de los rendimientos y composición de los zumos, concentrado proteico y bagazo y suero obtenidos mediante el fraccionamiento de hojas, tallitos y legumbres de *Sophora japonica* L.

MATERIAL Y METODOS

Material.

Se empleó ramón de *Sophora japonica* separando los tallitos de menos de 0.5 cm. de diámetro con las hojas y legumbres provistas de semilla en estado pastoso. Este material se guardó en sacos de malla en cámara frigorífica, a -20°C , hasta 12 días después, en que se verificó el fraccionamiento.

Fraccionamiento.

El material, una vez descongelado, se maceró durante 1 hora en agua en la proporción 1 kg de agua/4 kg de biomasa, para favorecer el funcionamiento de la maquinaria empleada en el fraccionamiento. La biomasa húmeda se trituró en un molino Minipulper ML 1 A y se prensó en una prensa Minibelt Press, separándose el bagazo del zumo. Posteriormente, el zumo se sometió a precipitación ácida con ClH 1, N, hasta $\text{pH} = 4,0$ separándose, por filtración, el suero de la cuajada. Esta última por liofilización dió el concentrado proteínico foliar completo (CPC). En todas las fases del proceso se controlaron los rendimientos (fig. 1).

Análisis.

Partes alícuotas de la biomasa de partida y del residuo se desecaron en estufa Heraeus a 80°C , mientras que otras correspondientes a zumo

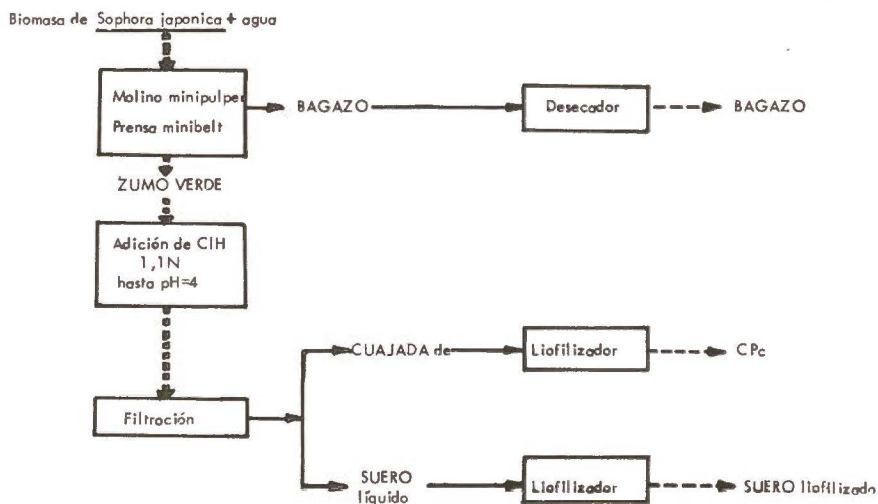


FIG. 1.— Diagrama de flujo de la extracción de concentrado proteínico completo (CPC) de Ramón de *Sophora Japonica*, L.

y suero se liofilizaron determinándose en todos los casos la proporción de sustancia seca. Después, todas las muestras, así como el CPc, se molieron y guardaron en frascos topacio de tapón esmerilado hasta posteriores análisis.

La humedad, el extracto atéreo y las cenizas se determinaron según el método de la A.O.A.C. (1965). El N proteico y el N no proteico fueron separados como N insoluble y N soluble en ácido tricloroacético, según método descrito por Singh (1982) determinándose a continuación por medio de un dispositivo microkjeldahl, utilizando selenio como catalizador durante la digestión, destilando el amoniaco sobre SO_4H_2 0,01 N y utilizando como indicador una solución alcohólica de 0,1% de rojo de metilo y 0,2% de verde de bromocresol. El N total se calculó como suma de ambos. La fibra neutro-detergente (FND), la ácido-detergente (FAD), la lignina y la celulosa fueron analizadas según la técnica de Goering y Van Soest (1970). Las hemicelulosas se calcularon de acuerdo con el procedimiento de Colborun y Evans (1967). Los azúcares solubles se extrajeron con etanol al 80% en caliente, después de eliminados lípidos y pigmentos con cloroformo-metanol 2:1 (V/V). El almidón fué extraído posteriormente sobre el residuo, por medio de ácido perclórico, de acuerdo con Mc. Cready *et al* (1950). Ambos se determinaron por el método del fenol-sulfúrico (Dubois *et al* (1956). Los lípidos totales se extrajeron según técnica de Buchanan (1969).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimientos.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo y el balance de productos del proceso de fraccionamiento de 1.000 kg. de materia prima (ramón con hojas y legumbres) y en la tabla I se detalla la distribución, tanto de la materia seca, como del nitrógeno total, en la primera parte del proceso de fraccionamiento (separación de zumo y bagazo).

El porcentaje de extracción de la materia seca (26%) está entre los obtenidos para otras cosechas (Connell y Houseman, 1977) y es muy inferior al obtenido anteriormente por nosotros de planta desgranada de guisante (Alzqueta y González, 1983).

El rendimiento en materia seca en forma de CPc (42 kg/1000 kg de planta inicial) es una cifra elevada si la comparamos con otras citadas por Singh (1982) para otras leguminosas arbóreas (*Sesbania cannabina*, *Sesbania speciosa*, etc.). No ocurre lo mismo al calcular el rendimiento en proteína bruta de CPc (0,72 g/100 g de planta inicial), que es muy inferior a los señalados por el mismo autor para *Glyricida maculata* y *Cesalpinia separiaria* (3,7 y 4,1 respectivamente) debido a la baja proporción de N total (2,75% de la sustancia seca) en el CPc de *Sophora japonica*, como luego veremos.

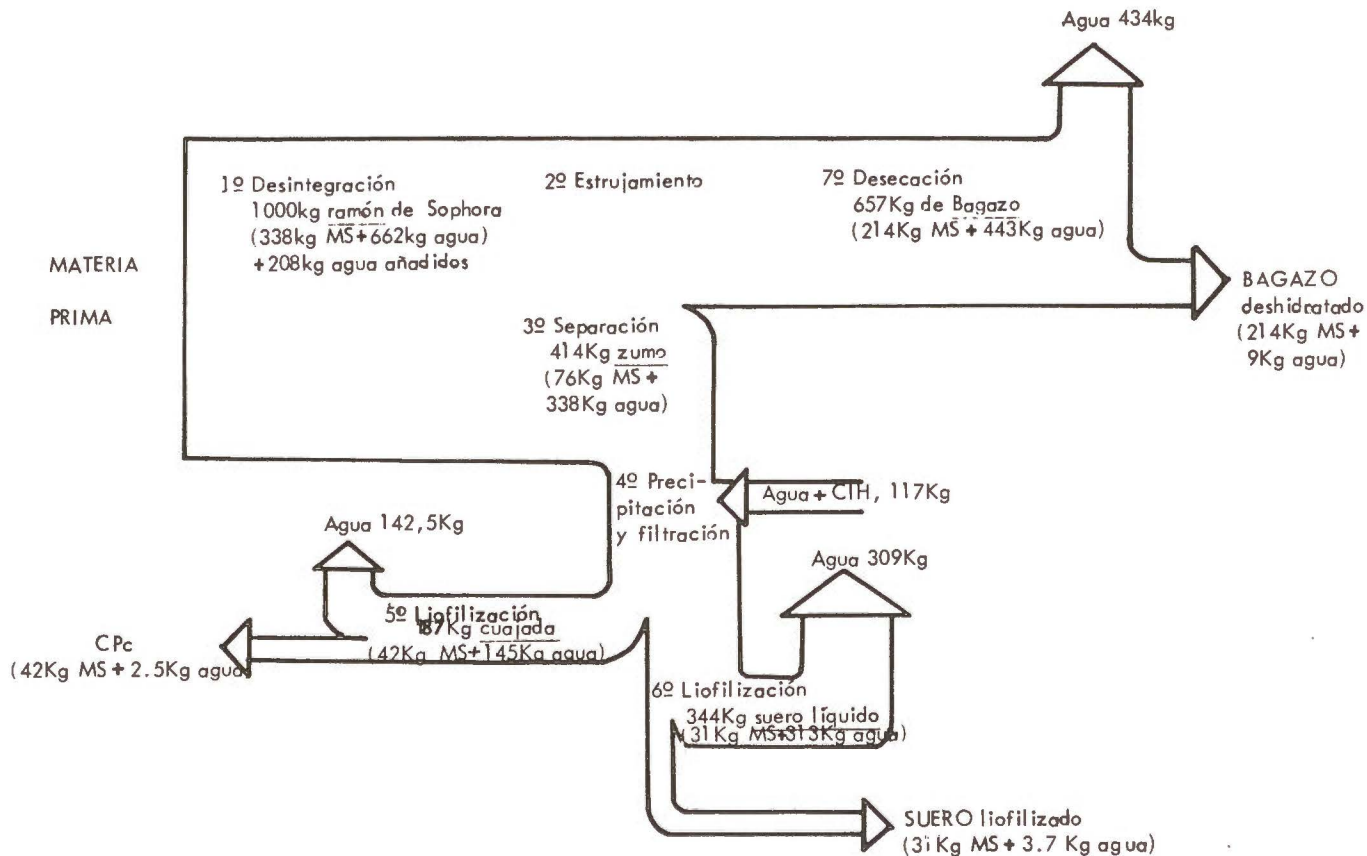


FIG. 2.— Diagrama de flujo y balance de productos del fraccionamiento de Ramón de *Sophora japonica*, L.

TABLA I

Distribución de la sustancia seca y del nitrógeno total en el fraccionamiento de Ramón de Sophora Japonica, L.

SUSTANCIA SECA

Peso fresco (g)				Sustancia seca (%)			Sustancia seca (g)				Extracción (%) ¹	
Biomasa inicial	Zumo	Bagazo	Total recuperado	Biomasa inicial	Zumo	Bagazo	Biomasa inicial	Zumo	Bagazo	Total recuperado	Zumo fresco	Zumo (sust. seca)
44570	18455	29270	47725	33,84	18,29	32,65	15082	3375,4	9556,6	12932	39	26

$$\text{Sustancia seca recuperada \%} = \frac{12932}{15082} \cdot 100 = 85,74 \%$$

Rendimiento en ss del CP_c/10 g de biomasa inicial = 0,42 g

NITROGENO TOTAL

N Zumo (g)	N Bagazo (g)	N total recuperado (g)	N extraído (%) ¹
70	173	243	29

$$\text{N recuperado \%} = \frac{243}{300} \cdot 100 = 81\%$$

1. Calculado como: (peso fresco, sustancia seca ó N del zumo/peso fresco, sustancia seca ó N, total recuperado). 100.

Composición química.

En la tabla II se detalla la composición, tanto del ramón de *Sophora japonica* (biomasa inicial), como de cada una de las fracciones: intermedia (zumo) y finales (CPc, bagazo y suero) del proceso de fraccionamiento.

Biomasa inicial y bagazo. Las proporciones de sustancia seca tanto del ramón (33,84%), como del bagazo (32,65%) son elevadas. Ello representa una dificultad en el proceso de extracción y la necesidad de añadir agua, como ya se ha indicado (fig. 2).

La proporción de proteína bruta del ramón de *Sophora* (1,78 x 6,25) es prácticamente idéntica a la de ramilla de acacia (Rodríguez, 1949) y muy poco inferior a la de los sarmientos de la vid (12,7%) y, en general a la de muchas especies arbóreas (olivo, árboles de ribera, etc.) utilizados tradicionalmente por el ganado (Piccioni, 1965; Rodríguez, 1949; Sarti *et al*, 1982). Hay que señalar que las proporciones de FND y FAD del ramón (30,74% y 24,37% , respectivamente) están dentro de los intervalos de valores determinados por Sarti *et al* (1982) en 10 especies arbustivas que van del 34% (*Amorpha fructi-*

TABLA II

Composición de la biomasa inicial y de los diferentes productos obtenidos en el fraccionamiento de ramón de Sophora Japonica, L.

	Biomasa inicial	Bagazo	Zumo	Suero	CP _c
<i>Sustancia seca (%)</i>	33,84	32,65	18,29	9,13	94,55
N proteico	1,46	1,43	1,59	0,44	2,35
N no proteico	0,53	0,38	0,58	0,95	0,40
N total	1,99	1,81	2,17	1,39	2,75
N kjeldahl	1,78	1,75	2,07	—	2,54
N nítrico	0,21	0,06	0,10	—	0,21
Extracto etéreo	5,86	5,82	10,50	2,72	18,40
Cenizas	7,48	6,22	7,38	9,24	6,13
FND	30,74	39,03	6,07	0,16	11,24
FAD	24,37	30,84	4,35	0	8,38
Hemicelulosas	6,37	8,19	1,72	0,16	2,86
Lignina-permanganato	7,77	10,37	1,42	0	2,60
Celulosa-permanganato	15,97	20,17	2,77	0	5,08
Carbohidratos solubles	8,53	8,00	8,45	9,70	3,35
Almidón	5,22	7,52	4,76	3,18	4,58

1. Los componentes están dados en tanto por ciento de la sustancia seca.

cosa) al 19,4% (*Morus alba*) y del 27,5% (*Alnus cordata*) al 18,5% (*Morus alba*) para los mismos componentes. Es de destacar que la FND y FAD del ramón de *S. japonica* corresponden más a la de un alimento concentrado como la harina de algodón que contiene 22% de FAD y 30% de FND y el grano de avena 17% y 31% , respectivamente, (Preston, 1982).

El bagazo tiene algo menos de FAD (30,84%) y FND (39,03%) que la alfalfa tierna (32% y 44%, respectivamente según Preston, 1982) y bastante menos que otros bagazos, por ejemplo el de guisante 45% y 56% (González y Alzueta, 1983). También la proporción de proteína bruta del bagazo de *Sophora japonica* (10,94% : 1,75% x 6,25) es inferior a la de los citados de guisantes y alfalfa (14,7% y 16%). Es, por el contrario, más rico en extracto etéreo.

En resumen, cuando se compara la composición de la biomasa inicial con la del bagazo, el fraccionamiento reduce la proporción de N total en un 9% . De las diferentes fracciones de nitrógeno analizadas se observa que las más solubles son las que han sufrido mayor reducción (N no proteico un 28% , N nítrico un 71%), como era de esperar. La proporción de cenizas ha descendido un 20% , aumentando, consiguientemente, las proporciones tanto de FND, como de FAD, en aproximadamente un 27% . Todo ello indica un bajo índice de extracción.

Zumo y suero. Las proporciones de sustancia seca de ambos son más bien altas en relación con los de plantas forrajeras como alfalfa y *Lolium perenne* (Cheeseman, 1977).

De la composición de la sustancia seca destaca la baja proporción de N total en el zumo (2,17%). Las proporciones relativas de N proteico y de N no proteico en zumo y suero son similares a las de otras especies. Por el contrario, es muy elevado el porcentaje de extracto atéreo en el zumo (10,50%). Las proporciones de cenizas son normales (7,38% y 9.24% en zumo y suero, respectivamente). Hay que señalar especialmente la presencia de una excesiva cantidad de componentes fibrosos en el zumo (FND 6,07% , FAD 4,35% , lignina-permanganato 1,42% y celulosa 2,77%).

Esto nos lleva a pensar que el proceso de trituración y estrujamiento ha producido un excesivo fraccionamiento de las paredes celulares hasta el punto de permitir el paso de una cierta cantidad de sus componentes a través de la prensa Minibelt, aspecto éste que ha sido contrastado por Pirie (1971). De hecho, una relativa excesiva trituración de la materia prima dificulta la expresión del zumo y puede llevar a este elemento parte de la fibra, como ya señalan Pirie (1971), Koegel y Bruhn (1977), etc. En todo caso pone en duda la adaptabilidad de nuestro equipo IBP para un material de esta naturaleza, y la necesidad de estudios posteriores sobre la fase de trituración y estrujamiento, cuando sea esencial la eliminación de la fibra residual del CPc. Dado el bajo índice de carbohidratos solubles, especialmente en el suero (9,70%), en relación con el de otras especies, es previsible que la proporción de carbohidratos combinados sea elevada.

Concentrado proteico completo (CPC). La composición de la sustancia seca del CPC de *Sophora japonica*, L. se muestra en la tabla II. Las proporciones de N total (2,75%) y de proteína bruta (2,54% x 6,25 = 15,87%) son muy bajas en comparación con CPC de especies herbáceas, si bien dentro del rango obtenido por Carlsson *et al* (1983) en CPC de diversas especies arbóreas (6,9 - 52,4% de proteína bruta). La fracción nitrogenada, como era de esperar, está representada principalmente por N proteico (más del 85%). Del N no proteico, aproximadamente la mitad es nitrógeno nítrico.

La proporción de extracto etéreo es elevada (19,04%) y especialmente la de lípidos totales (69%) tal como resultan de la extracción con cloroformo/metanol 2:1 (v/v), muy por encima del intervalo 22-29% dado por Buchanan (1959) y Byers (1971) para otros CPC. Esta alta cifra da especial importancia a esta fracción tanto o más que a la proteína en el CPC de *S. japonica*, y exige el posterior estudio de la misma.

La proporción de cenizas (6,13%) está dentro de los valores típicos de los CP (6-8%), (Morris, 1977).

Los valores que alcanzan la fibra neutro-detergente (11,25%); fibra ácido-detergente (8,38%); lignina-permanganato (2,60%) y celulosa-permanganato (5,08%) son excesivos para un tipo de producto como el que estamos considerando. Por el contrario, la proporción de carbohidratos no estructurales, es baja: 3,35% los carbohidratos solubles y 4,58% el almidón.

De esta primera aproximación a la composición del CPC se puede concluir que se trata de un producto relativamente pobre en proteína, muy rico en extracto etéreo y mucho más en lípidos totales. También hay que señalar las relativamente altas proporciones de componentes de la pared celular frente a una baja riqueza en carbohidratos no estructurales.

Están en marcha investigaciones para determinar el valor nutritivo de los productos del fraccionamiento de *S. japonica* (bagazo, zumo y PCc) así como para aislar las sustancias orgánicas que pueden interferir con aquel o sirvan para otros fines.

RESUMEN

Dentro del programa de investigación para determinar la aplicabilidad del método de fraccionamiento a los tallitos, hojas y legumbres (ramón) de *Sophora Japonica* L. para la obtención de proteína y fibra alimenticias y sustancias orgánicas de interés industrial o farmacológico, se presentan los primeros resultados sobre rendimientos y composición referidos a la biomasa, bagazo, zumo, concentrado proteico completo (CPC), y suero.

La sustancia seca extraída alcanzó el 26% en el zumo y equivalió a 42 kg/1000 kg de la biomasa inicial en el concentrado proteico completo (CPC), mientras que el rendimiento en proteína bruta en forma de CPC fué de 0,72 g/100 g de biomasa inicial.

Tanto la biomasa inicial como el bagazo dieron altas proporciones de sustancia seca: (33,84% y 32,65%, respectivamente). Los valores de fibra neutro-detergente (FND) -39,03% - y fibra ácido-detergente (FAD) -30,84% - del bagazo fueron,

en cambio relativamente bajos. El proceso de fraccionamiento redujo la proporción de N total en un 9% , la de N no proteico en un 28% , la de N nítrico en un 71% y la de cenizas en un 20% , y aumentó las de FND y FAD en un 27% . En el zumo se detectó la presencia de un 6,07% de FND y de 4,35% de FAD así como una elevada proporción de extracto etéreo (10,5%).

En la materia seca CPC resalta su relativa pobreza en proteína bruta (15,87%) y su gran riqueza en extracto etéreo (18,04%), especialmente de lípidos totales (brutos), que alcanzan el (69%) de la sustancia seca.

BIBLIOGRAFIA

- ALZUETA, C. and GONZALEZ, G. 1983. Yields of nitrogen fractions from the fractionating of pea vines (*Pisum sativum*, L.). Proceedings of the International Conference on Leaf Protein Research, 5-8 Oct. 1982. Aurangabad, India. Ed. Today and Tomorrow's Printers and Publishers (in prensa).
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist). 1965. Official methods of Analysis, 9th Edn. Washington, D.C.
- BICKOFF, E. M.; BEVENUE, A. and WILLIAMS, K. T. 1947. Alfalfa has a promising chemurgic future. *Chemurgic Digest*, 6: 213.
- BOUGHTON, I. B. and HARDY, W. T. 1935. Mescalbean (*Sophora secundiflora*) poisonous for livestock. *Tex. Agric. Exp. Stn. Bull.* 519-18 pp.
- BUCHANAN, R. A. 1969. Effect of storage and lipid extraction on the properties of leaf protein. *J. Sci. Fd. Agric.* 20: 359-364.
- BYERS, M. 1971. The amino Amino Acid Composition of Some Leaf Protein Preparations. Leaf Protein: its agronomy, preparation quality and use, N. W. Pirie IBP Handbook n.º 20. "Oxford and Edinburg". pp. 95-114.
- CARLSSON, R.; JOFL, L. and SANTOS, R. C. 1983. Effects of processing conditions on the chemical composition of leaf protein concentrates from tropical legumes and from leaves of forest trees. Proceedings of the International Conference on Leaf Protein Research, 5-8 oct. 1982. Aurangabad, India. Ed. Today and Tomorrow's Printers and Publishers (in press).
- COLBOURN, N. W. and EVANS, J. L. 1967. Chemical composition of the cell-wall constituents and acid detergent fiber fractions of forrage. *J. Dairy Sci.* 50: 1130-1135.
- CONNEL, J. and HOUSEMAN, R. A. 1977. The utilization by ruminants of the pressed green crops from fractionation machinery. En Wilkins (Ed.) Green Crop Fractionation. Occasional Symposium n.º 9. British Grassland Soc. pp. 57-65.
- CHEESEMAN, G. C. (1977). The chemical composition of forage juice and its preservation. En: Wilkins (Ed.). Green Crop Fractionation. Occasional Symposium n.º 9, British Grassland Soc. pp. 39-46.
- DOUILLARD, R. 1981. Composés lipidiques accompagnant les protéines foliaires. En: Costes, C. (Ed.) Proteins foliaires et Alimentation; Collection "Biochemie Appliquée". Paris, pp. 69-81.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. and SMITH, F. 1965. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* Vol. 28, n.º 3, 350-356.
- GOERING, H. K. and VAN SOEST, P. J. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture Handbook N.º 379, United States Department of Agriculture. Washington.
- GONZALEZ, G. 1983. El fraccionamiento de la biomasa verde, una tecnología de vanguardia. Academia de Doctores de Madrid. Madrid, 47 pp.
- GONZALEZ, G. and ALZUETA, C. 1983. Yield, Chemical composition and nutritive value of the pressed pea vines *Pisum sativum*, L. Proceedings of the International Conference on Leaf Protein Research, 5-8 oct. (1982) Aurangabad, India. Ed. Today and Tomorrow's Printers and Publishers (in press).
- HARBONE, J. B.; BOULTER, D. and TURNER, B. L. 1971. Chemotaxonomy of the Leguminosae. New York, Academic Press, 612 pp.
- KOEGEL, R. G. and BRUHN, H. D. 1977. Requirements for expression of plant juice. En: Wilkins (Ed.). Green Crop Fractionation. Occasional Symposium n.º 9. Brit. Grass. Soc. pp. 23-28.
- KOHLER, G. O. and BICKOFF, E. M. 1971. Commercial production from Alfalfa in USA. En: Leaf Protein: its agronomy, preparation, quality and use. N. W. Pirie (Ed.). IBP Handbook n.º 20. Oxford and Edinburg. pp. 69-77.

- MC CREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V. and OWENS, H. S. 1950. Determination of Starch and Amylose in Vegetables. Application to Peas. *Anal. Chem.* 22: 1156-1158.
- MORRIS, T. R. 1977. "Leaf protein concentrate for non ruminant farm animals". En Green Crop Fractionation, Wilkins (Editor) Occasional Symposium n.º 9. British Grassl. Soc. pp. 67-82.
- OSBORNE, T. B. and WAKEMAN, A. J. 1920. "The proteins of green leaves". *J. Biol. Chem.* 42: 1-10.
- PICCIONI, N. 1965. Dictionaire des aliments pour les animaux. Ed. Edagricole, 640 pp.
- PIRIE, N. W. 1942. Green leaves as a source of proteins and other nutrien, *Nature*, Lond. 149: 251.
- PIRIE, N. W. 1953. Large-scale production of edible protein from fresh leaves. Rep. Rothamsted Exp. Stn. for 1952, p. 173.
- PIRIE, N. W. 1971. Leaf Protein: its agronomy, preparation, quality and use. IBP Handbook n.º 20, 192 pp.
- PIRIE, N. W. 1982. Leaf Protein as a food source. *Experientia* 38: 28-31.
- PRESTON, R. L. 1982. Typical composition of feeds for cattle and sheep, 1982-83. *Feedstuffs* 36: 16-23.
- RODRIGÁNEZ, C. 1949. Prados arbóreos. Ministerio de Agricultura. Servicio de Capacitación y Propaganda. Madrid. 190 pp.
- SARTI, D. M.; CASOLI, C.; DURANTI, E.; POLLIDORI, P. e RONGONI, V. 1982. Aspetti bromatologici delle foglie di arbusti foraggeri da pascolo. *Zoot. Nutr. Anim.* 8: 395-406.
- SLADE, R. E. 1937. Grass and the national food supply. *Rep. Br. Ass. Advmt. Sci.* 457.
- SLADE, R. E. and BIRKINSHAW, J. H. 1939. Improvements in or relating to the utilization of grass and other green crops. British Patent, 511525.
- SINGH, N. 1982. Progress on Leaf Protein Research in India. En: Status of Research on Leaf Protein and Microalgae in India. Central Food Technological Research Institute, Mysore, India, pp. 1-61.

Recibido para publicación: 15-III-84.

SUSCEPTIBILIDAD DE DIFERENTES CULTIVARES DE OLIVO A ATRAZINA SIMAZINA Y DIURON

Por

R. DE PRADO, P. MENENDEZ y M. TENA

Cátedra de Bioquímica y Química Agrícola. Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Agrónomos. Universidad de Córdoba.

SUMMARY

SUSCEPTIBILITY OF DIFFERENT OLIVE CULTIVARS TO ATRAZINE SIMAZINE AND DIURON

The susceptibility of five olive cultivars (Hojiblanca, Lechin, Manzanilla, Picual and Picudo) to atrazine, simazine and diuron was studied through Hill reaction and whole leaf fluorescence experiments. For a comparative purpose, a similar study was made on two biotypes of *A. hybridus*, susceptible and atrazine-resistant.

The statistic analysis of I_{50} values (herbicide concentration required for 50% inhibition of Hill reaction) demonstrated that Manzanilla was notably more tolerant to the herbicides assayed than the rest of olive cultivars. These cultivars were significantly more tolerant to simazine and diuron than *A. hybridus*, although only Manzanilla had a lower susceptibility than that of the weed. Whole leaf fluorescence assays showed a greater degree of penetration of the herbicides through the foliar tissue in *A. hybridus* than in olive trees. In the latter, different rates of penetration of the herbicides were observed, being the greatest that of diuron and smallest the one of simazine.

INTRODUCCION

La técnica de no laboreo, sustitución del laboreo clásico por aplicaciones anuales de un mismo herbicida al suelo, está ampliamente reconocida como una técnica de interés especialmente en cultivos leñosos (1). En nuestro país fué a partir de 1962 cuando empezaría a introducirse dicha técnica en el cultivo del olivar (5), primero mediante la utilización de herbicidas de contacto (diquat y paraquat) y posteriormente con el uso de herbicidas inhibidores fotosintéticos (ureas, triazinas y uracilos). De estudios recientes encaminados a la optimización del empleo del no laboreo en el olivar se puede concluir el especial interés de la utilización de simazina y diurón (6). Pese a ello existe una carencia total de estudios sobre tolerancia de cultivares de olivo a estos y otros herbicidas de potencial interés. Investigaciones realizadas con otras especies vegetales indican diferencias marcadas de tolerancia a determinados herbicidas según cultivares e incluso dentro de un mismo cultivar según la edad de las plantas y condiciones ambientales etc. (8, 9).

En el presente trabajo se ha abordado para cinco de los cultivares de olivo de mayor interés práctico la tolerancia a atrazina, simazina y diurón a nivel de cloroplastos y hojas enteras, así como las velocidades de penetración de los herbicidas en hojas de diferentes edades.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal

Se han estudiado cinco cultivares de olivo, Hojiblanca, Lechin, Manzanilla, Picual y Picudo, seleccionados del campo de experimentación del I.N.I.A. de Córdoba. Dichos cultivares, de unos 10 años de edad y con un marco de plantación de 6 x 6 m, se desarrollan sobre un suelo con textura franco arcillosa de pH 8,5 y con riego por goteo.

Los biotipos de *A. hybridus* L. resistentes y sensibles a las s-triazinas fueron suministrados por el laboratorio de Malherbolocia del I.N.R.A. (Dijon, Francia).

Preparación de cloroplastos

La extracción de cloroplastos se realizó sobre hojas tiernas de aproximadamente 3 cm, recolectándose durante el mes de mayo de 1983. La metodología utilizada fue la misma que para los *A. hybridus* (2). Debido a que la velocidad de emisión de oxígeno era mucho menor que la obtenida para los *A. hybridus*, la señal obtenida fué filtrada a través de un amplificador Perkin-Elmer, modelo MPF-43A, consiguiéndose de esta forma una velocidad de emisión de oxígeno constante durante el tiempo requerido para una medida de inhibición seleccionada para un rango de inhibición entre 80-30%.

Medidas de fluorescencia de hojas enteras

La metodología seguida, tanto para los biotipos de *A. hybridus* como para los diferentes cultivares de olivo, fué la utilizada por De Prado *et al* (2).

RESULTADOS Y DISCUSION

Inhibición del transporte electrónico

La Tabla I muestra los valores I_{50} correspondientes a los diferentes herbicidas frente a preparados cloroplásticos de los distintos cultivares de olivo estudiados. Estos valores han sido deducidos a partir de la representación lineal de porcentajes de no inhibición frente al logaritmo decimal de concentración de herbicida añadido. La Figura 1 muestra estas representaciones para el caso de Manzanilla y Picual. El análisis estadístico de los valores de I_{50} reveló que la variedad Manzanilla fué

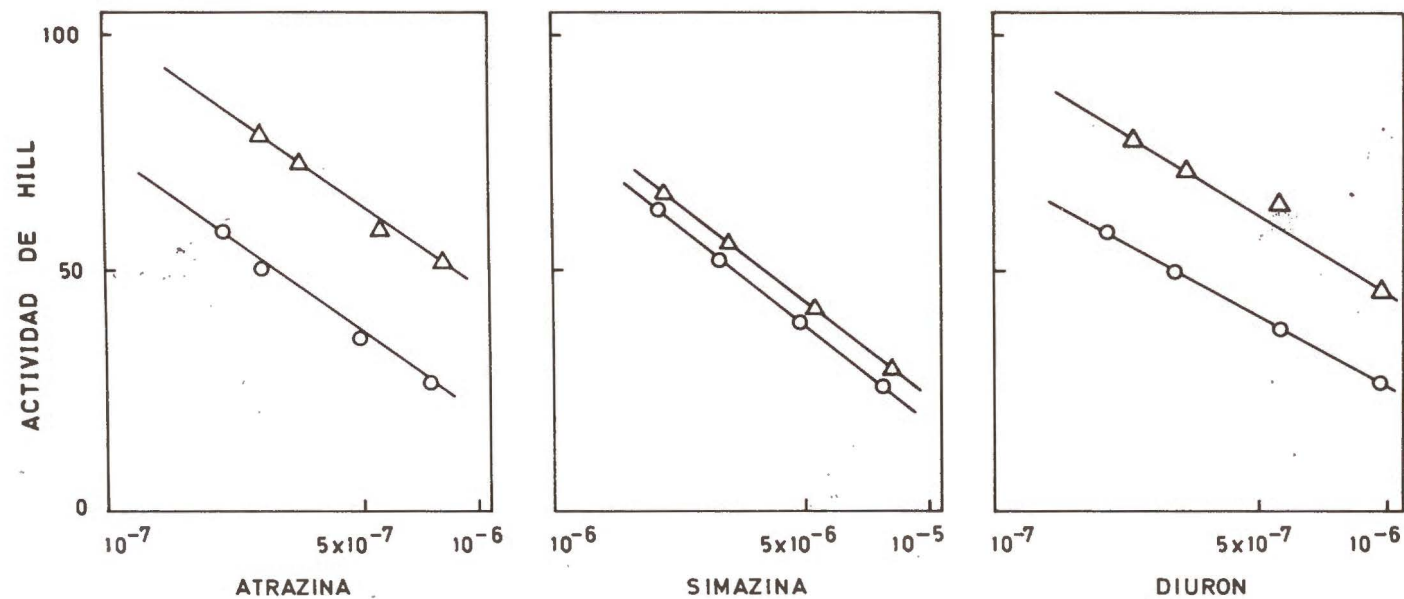


Fig. 1. Actividad de Hill de cloroplastos aislados de Manzanilla y Picual, con varias concentraciones de atrazina, simazina y diurón.

TABLA I

Valores de I_{50} (μM) a 20 μg de clorofila de diferentes cultivares de olivo.

Cultivares	I_{50}			% Inhibición		
	Atrazina	Simazina	Diurón	Atrazina	Simazina	Diurón
Picual	0,278	3,000	0,300	63	0	26
Hojiblanca	0,275	3,150	0,363	57	0	25
Lechin	0,300	3,075	0,286	52	0	20
Picudo	0,275	3,000	0,306	53	0	30
Manzanilla	0,815	3,650	1,15	25	0	0
<i>A. hybridus</i> (S)	0,350	0,460	0,072	—	—	—
<i>A. hybridus</i> (R)	110	112,5	0,084	—	—	—

Atrazina ($P < 0,01$); Simazina ($P < 0,05$); Diurón ($P < 0,01$).

Los valores son media de dos replicaciones con tres ensayos por replicación.

significativamente más tolerante frente a atrazina ($P < 0,01$), simazina ($P < 0,05$) y diurón ($P < 0,01$), que los restantes cultivares del olivo. Estos a su vez, fueron significativamente más tolerantes a simazina y diurón ($P < 0,01$) que *A. hybridus* (S), sin embargo frente a atrazina sólo Manzanilla presentó una tolerancia mayor ($P < 0,01$).

Las mismas conclusiones se obtienen cuando se comparan los porcentajes de inhibición, relativos a *A. hybridus* (S), de los diferentes herbicidas para los distintos cultivares de olivo (véase Tabla I). Así, la dosis de atrazina correspondiente al valor I_{50} de la mala hierba produjo un grado de inhibición de sólo el 25% frente a la variedad Manzanilla, pero dicho valor fué del 52-63% frente a los restantes. El diurón dió un grado de inhibición similar al obtenido en Manzanilla frente a atrazina, excepto para este cultivar donde la inhibición fué nula. La simazina a dosis 0,46 μM , correspondiente al valor I_{50} de *A. hybridus*, no inhibió la fotosíntesis en ninguno de los cultivares ensayados. En la bibliografía no hemos encontrado ninguna referencia sobre la susceptibilidad de plantas de olivo hacia los inhibidores de la fotosíntesis o la fitotoxicidad de éstos sobre diferentes cultivares de olivo.

Medidas de fluorescencia sobre hojas enteras

En la Tabla II se muestran los efectos de atrazina, simazina y diurón a concentración 10^{-4} y $5 \cdot 10^{-3}$ M sobre hojas jóvenes de los cultivares de olivo ensayados, a diferentes tiempos de incubación. La acción de estos inhibidores se ha expresado en porcentajes de plantas no inhibidas.

A concentración 10^{-4} M, los herbicidas ensayados sólo inhibieron la fotosíntesis en el biotipo sensible de *A. hybridus*, lo que podría indicar una resistencia total de los cultivares de olivo hacia estos

TABLA II
Valores de no inhibición del PS II en diferentes cultivares de olivo

Cultivares	10^{-4} M						$5 \cdot 10^{-3}$ M						H ₂ O
	Atrazina		Simazina		Diurón		Atrazina		Simazina		Diurón		
	6 h	12 h	6 h	12 h	6 h	12 h	6 h	12 h	6 h	12 h	6 h	12 h	
Picual	100	100	100	100	100	100	0*	0	100	100	0	0	100
Hojiblanca	100	100	100	100	100	100	0*	0	100	100	0	0	100
Lechin	100	100	100	100	100	100	0*	0	100	100	0	0	100
Picudo	100	100	100	100	100	100	0*	0	100	100	0	0	100
Manzanilla	100	100	100	100	100	100	0*	0	100	100	0	0	100
A. hybridus (S)	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	100
A. hybridus (R)	100	100	100	100	100	100	—	—	—	—	—	—	100

* Inhibición parcial de la fotosíntesis.

Los valores son media de tres replicaciones con cinco hojas por replicación.

inhibidores, tal como ocurre en el caso de *A. hybridus* resistente a las s-triazinas (Tabla II). Pero los ensayos realizados in vitro, Tabla I, no avalan esta hipótesis. La tolerancia de los cultivares ensayados frente a los herbicidas estudiados podría más bien estar influenciada por las barreras que éstos encuentran hasta llegar a su sitio de acción en los cloroplastos (4), o bien a la capacidad de detoxificación en las hojas (3, 7). Cuando aumentamos la concentración a $5 \cdot 10^{-3}$ M, el diurón bloqueó totalmente la fotosíntesis tras 6 horas de incubación; la atrazina sólo bloqueó parcialmente a las 6 horas y totalmente a las 12 horas de incubación, mientras que la simazina no bloqueó la fotosíntesis a ningún tiempo de incubación. Los ensayos anteriores también se realizaron con hojas maduras, del año anterior, no detectándose inhibición de la fotosíntesis (datos no mostrados). Estos resultados son consistentes, además de con una mayor penetración de los herbicidas en el tejido foliar de *A. hybridus*, con la existencia en olivo de diferentes niveles de absorción entre tejidos de distinta edad y entre diferentes herbicidas. En relación con este último punto, el diurón sería el herbicida de mayor velocidad de penetración seguido de la atrazina.

RESUMEN

Se ha estudiado la susceptibilidad de cinco cultivares de olivo (Hojiblanca, Lechin, Manzanilla, Picual y Picudo) a atrazina, simazina y diurón a través de la reacción de Hill y mediante ensayos de fluorescencia de hojas enteras. A efectos comparativos, se ha desarrollado un estudio similar con dos biotipos de *Amaranthus hybridus* resistentes y sensibles a atrazina.

El análisis estadístico de los valores I_{50} (concentración de herbicida requerida para la inhibición del 50% de la reacción de Hill) muestra que la Manzanilla fue notablemente más tolerante a los herbicidas ensayados que el resto de los cultivares de olivo. Estos cultivares fueron significativamente más tolerantes a simazina y diurón que *A. hybridus*, aunque solo Manzanilla presentó frente a atrazina una susceptibilidad menor a la de la mala hierba. Los ensayos de fluorescencia con hojas enteras mostraron una mayor absorción de los herbicidas por el tejido foliar de *A. hybridus* que por el del olivo. En relación con este último, se apreciaron diferentes velocidades de penetración de los herbicidas, siendo ésta velocidad máxima para diurón y mínima para simazina.

BIBLIOGRAFIA

1. BARRERA, J. (1979). No cultivo en los agrios. Monografía I.N.I.A. (Madrid).
2. DE PRADO, R., MENENDEZ, P. and TENA, M. (1984). Mayor tolerancia a s-triazinas de tres especies de *Amaranthus* tras repetidas aplicaciones de simazina. Anal. Edaf. Agrobiol. (en prensa).
3. GRESSEL, J., SHIMABUKURO, R.H. and DUYSSEN, M.E. (1983). N-Dealkylation of atrazine and simazine in *Senecio vulgaris* biotypes: A mayor degradation pathway. Pestic. Biochem. Physiol. 19: 361-370.

4. LINK, A.J. (1976). Effects on the cytology and fine structure of plant cells. In *Herbicides: Physiology, Biochemistry, Ecology* (AUDUS, ed), p.p. 83-121. Academic Press, London.
5. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. (1983). No laboreo en el olivar. Explotaciones Olivareras Colaboradoras, cuaderno número 7, Madrid.
6. PASTOR, M., JIMENEZ, P., VAZQUEZ, A., FERNANDEZ, A. and GARCIA, L. (1982). No laboreo en el olivar con simazina y diurón. ITEA, 49: 68-72.
7. RYAN, P.J., GROSS, D.J., OWEN, W.J. and LAANID, T.L. (1981). The metabolism of chlortoluron, diuron and CGA 43057 in tolerant and susceptible plants. *Pestic. Biochem. Physiol.* 16: 213-221.
8. SOUZA MACHADO, V. and DITTO, C. (1982). Tomato chloroplasts photochemical sensitivity to metribuzin. *Scientia Hortic.* 17: 9-13.
9. STEPHENSON, G.R., McLEOD., J.E. and PHATAK, S.C. (1976). Differential tolerance of tomato cultivars to metribuzin. *Weed Sci.* 24: 161-165.

Recibido para publicación: 30-III-84.

ESTUDIO DEL EQUILIBRIO NUTRICIONAL EN *Nerium oleander* L.

Por

M. GUZMAN, M. URRESTARAZU, L. ROMERO

Departamento de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias.
Universidad de Granada (España).

SUMMARY

A STUDY ON NUTRITIONAL EQUILIBRIUM IN *Nerium oleander* L.

Evolution of equilibrium in the control of the elements N-10P-K, K-Ca-Mg and Fe-Mn-Zn in *Nerium oleander* L., is studied during a vegetative cycle.

Evolution of Vegetative Index and Iron Index allow to know the activity of the plants, its vigor and nutrients utilization.

The physiological equilibriums can be considered as constants and they establish the nutritional status of the plants at any time in the year.

We tentatively propose as an Index for Fe of 1,49, Vegetative Index of 0,62 and as equilibriums for N-10P-K= 45-30-25, K-Ca-Mg= 25-60-15 and Fe-Mn-Zn= 50-30-20.

INTRODUCCION

El equilibrio fisiológico en las plantas es importante para su desarrollo. Por ello es necesario conocer su estado nutricional. Es por esto que la aplicación del llamado Índice Vegetativo e Índice de Hierro (15, 16), así como los equilibrios fisiológicos (5, 7, 13), nos suministrarán suficiente información como para poder definir el estado nutricional, y por lo tanto su actividad metabólica, en la que la planta se encuentra. Ello nos permitirá predecir con una cierta exactitud el momento en que las plantas necesitan de un mayor aporte de nutrientes, y la corrección de sus anomalías.

El análisis de las muestras vegetales puede precisas mejor que el del suelo el estado nutricional de aquellas. Sin embargo, ambos se complementan, pero ni uno ni otro, ni la combinación de ambos, como afirma algún autor (19), pueden dar una respuesta completa. Por ello proponemos el estudio global de todos los nutrientes. Algunos estudios se han efectuado sobre árboles frutales (13, 15, 16) pero la aplicación de dichos índices y equilibrios a plantas no cultivadas, no se ha realizado hasta el momento, ello debido a su nula rentabilidad económica, así como la falta de integración del conocimiento de las características físicas y químicas del suelo, factores climáticos y ambien-

tales. Todo ello nos permitiría conocer el factor limitante y poder poner en explotación grandes masas vegetales útiles en un futuro. Pues las plantas autóctonas suelen mantener un mejor equilibrio en el sistema suelo-planta.

En consecuencia en el presente trabajo se pretende comprobar las fluctuaciones nutricionales de *Nerium oleander*, L. que se encuentra en zonas ajardinadas y por lo tanto cultivadas, con aquellas que crecen en las laderas de las montañas donde el cuidado no existe. La razón de utilizar *Nerium oleander* L., se debe a que es una planta adaptada a condiciones climatológicas y dedáficas extremas, y muy representativa de la región Mediterránea.

MATERIAL Y METODOS

Análisis de Plantas.

La toma de muestras se efectuó en dos zonas representativas de ambientes urbanos (Granada) y rural (Sierra Nevada); se han utilizado cuatro parcelas en zona urbana (Lotes 1, 2, 3 y 4) y dos en zona rural (Lotes 5 y 6). Las hojas de *Nerium oleander* L., que constituyen las muestras han sido tomadas de la parte central de las ramas, cuyo crecimiento se considera de vigor medio y de una edad fisiológica que corresponde al estado de madurez. El muestreo se realizó sobre diez plantas por lote. La recolección de hojas, de cada parcela, se llevó a cabo mensualmente durante un año.

Las hojas de cada lote muestreado fueron sometidas a un proceso de lavado (9) para evitar la contaminación, seguidamente se introdujeron en estufa con corriente de aire a una temperatura de 70.° C durante 24 horas (20). Posteriormente, las muestras eran molidas (9), guardándose en bolsas de plástico para proceder seguidamente a su análisis.

Para la determinación analítica de los macronutrientes se utilizó la mineralización por vía humedad. En ella, se utiliza la mezcla mineralizadora ácido sulfúrico concentrado y peróxido de hidrógeno del 30%. La determinación de los cinco nutrientes se lleva a cabo en otras tantas alicuotas del mineralizado (11).

Nitrógeno: Valoración del NH_3 realizado por el aparato de Bouat (1).

Fósforo: Determinación colorimétrica del fosfomolibdato amónico obtenido por medio del complejo fosfo-molibdico y usando ácido ascórbico como reductor y en presencia de tartrato de potasio y antimonio (6).

Potasio: Fotometría de llama (12).

Calcio y Magnesio: Espectrofotometría de absorción atómica (17).

La determinación analítica de los micronutrientes Fe, Mn y Zn se realiza por vía seca (17). Se pesaron 2 g. de polvo vegetal, finamente molido y seco a 70-80.° C durante 16 horas, en crisoles de cuarzo. Seguidamente se colocaron en el horno frío, elevando la temperatura hasta 450.° C en 2 horas, manteniendo esta temperatura durante 4 horas más y dejándolos enfriar. Posteriormente las cenizas son hume-

decidas con 2-3 ml de agua bidestilada y 1 ml de ClH concentrado. A continuación se calentaron los crisoles sobre una placa caliente hasta la aparición de los primeros vapores. Más tarde, se filtró sobre filtro sin cenizas, recogiendo el filtrado a volumen constante. El papel de filtro utilizado fué previamente lavado con ClH 1:1(v/v) (10). Finalmente, en el mineralizado clorhídrico se determinaron los micronutrientes por medio de un Espectrofotómetro Perkin-Elmer mod. 503.

Análisis de Suelos.

Se realizaron los análisis granulométricos (2), así como los relativos a fertilidad de los suelos que componen las diferentes parcelas. El pH fué medido por el procedimiento del ClK, utilizando para ello un electrodo de calomelanos con puente salino (4). La materia orgánica fué determinada por medio de la valoración del carbono orgánico activo (3). El nitrógeno sufre una destilación y valoración simultánea del amoníaco desplazado por NaOH (1). El fósforo fué determinado por un procedimiento de extracción con CO_3HNa 0,5 M a un pH constante de 8,5 y valorado colorimétricamente (14). El potasio fué extraído con acetato amónico 1 N y posteriormente determinado por fotométrica de llama (18). El CO_3Ca es determinado por volumetría (8).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se exponen los resultados de los análisis físicos y químicos de los suelos. El suelo I corresponde a los lotes 1, 2, 3 y 4; y los suelos II y III a los lotes 5 y 6 respectivamente.

TABLA I
Características físicas y químicas de los suelos.

Componentes suelos	Suelo I	Suelo II	Suelo III
Arena (%)	60,6	84,1	80,1
Limo (%)	23,5	7,7	13,3
Arcilla (%)	16,8	8,2	6,6
pH	7,5	7,8	7,8
Mat. Org. (%)	0,9	0,7	7,8
N (mg/100 g)	61,6	50,4	108,2
P_2O_5 (mg/100g)	45,9	5,1	21,2
K_2O (mg/100 g)	10,3	1,2	13,7
CO_3Ca (equiv. %)	51,2	32,1	17,7

TABLA II
Indice Vegetativo en Nerium oleander L.

Mes	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Enero	0,56	0,36	0,66	0,32	0,63	0,33
Febrero	0,55	0,45	0,64	0,39	0,68	0,37
Marzo	0,70	0,44	0,88	0,45	0,55	0,53
Abril	0,68	0,66	0,80	0,46	0,87	0,48
Mayo	0,67	0,67	1,01	0,90	0,87	0,67
Junio	0,83	0,92	1,08	0,96	0,71	0,47
Julio	0,52	0,88	0,76	0,55	0,60	0,28
Agosto	0,57	0,69	0,86	0,95	0,59	0,59
Septiembre	0,61	0,66	0,91	0,81	0,45	0,40
Octubre	0,49	0,52	0,80	0,63	0,67	0,47
Noviembre	0,50	0,41	0,78	0,38	0,75	0,45
Diciembre	0,48	0,39	0,82	0,36	0,72	0,30

El Indice Vegetativo (15) viene expresado por la fórmula:

$$I.V. = \frac{0,365 (N + 10P + K)}{Ca + Mg}$$

Representa la actividad metabólica de la planta. Durante el desarrollo de ésta, la concentración de N, P, K, en la hoja va disminuyendo, pero Ca y Mg van aumentando.

El crecimiento viene determinado por el descenso continuo a través del tiempo, del I.V. Cualquier alteración que se produzca corresponderá a anomalías metabólicas, que pueden coincidir o no con estados fisiológicos bien determinados. La evolución de I.V. para los diferentes lotes estudiados están representados en la Tabla II.

El lento crecimiento, consecuencia de su moderada actividad metabólica, es la causa de que no se alcance el I.V. = 1, normal en otras especies vegetales.

En todas las plantas el I.V. presenta poca actividad y por lo tanto su desarrollo es corto ya que después del valor máximo se logra el crecimiento vegetativo que está comprendido en los meses de Mayo y Junio. El valor más alto y óptimo se alcanza en el lote 3 y es en los co-

respondientes a los lotes 5 y 6 donde el I.V. es el más bajo y por lo tanto el periodo de crecimiento es corto y poca actividad metabólica. No obstante, ha de destacarse en todo los lotes su corto periodo de desarrollo. Ello nos hace pensar que la falta de nutrientes en reserva va a impedir un desarrollo vegetativo óptimo. Una de las causas del bajo nivel del I. V. puede deberse a que es una planta muy longeva.

El N en general, así como el Mg, están bajos. El Ca y el K tienden a estar muy altos, y el K tiene desequilibrios con el N. El P salvo excepciones (lotes 1 y 3) está bien.

El concepto de Índice de Hierro (16) se ha empleado para la corrección de la clorosis férrica en plantas. El valor de dicho parámetro se basa en la fórmula:

$$\text{I.Fe} = \frac{(10\text{P} + \text{K}) 50}{\text{Fe.ppm}} = 1$$

Por ello se relaciona el Fe existente en una planta con el P y K que son antagonicos. El exceso de uno u otro elemento impedirá el transporte o la absorción de Fe con la consiguiente deficiencia más o menos acusada del mismo. Los I. Fe se encuentran en la Tabla III. En

TABLA III
Índice de hierro en Nerium oleander L.

Mes	Lotes					
	1	2	3	4	5	6
Enero	1,17	0,68	1,45	0,74	0,95	0,50
Febrero	2,39	1,50	2,42	0,83	0,94	0,66
Marzo	3,06	1,45	3,45	1,21	1,47	0,97
Abril	1,94	1,64	2,77	1,21	1,73	0,95
Mayo	2,18	1,64	3,16	1,69	2,40	1,59
Junio	2,47	1,38	2,11	2,35	1,06	0,55
Julio	1,70	1,47	2,13	1,12	1,27	0,61
Agosto	2,15	1,38	1,91	1,57	1,38	1,25
Septiembre	1,95	1,18	2,17	1,48	1,45	0,77
Octubre	1,17	1,13	1,78	1,34	1,21	0,70
Noviembre	1,04	0,94	2,05	0,72	1,75	0,50
Diciembre	1,09	0,88	2,64	0,74	1,40	0,55

TABLA IV
Equilibrios en hoja de Nerimu oleander L.

Lotes	N — 10P — K	K — Ca — Mg	Fe — Mn — Zn
	———— % ————	———— % ————	———— % ————
1	27 — 54 — 19	24 — 68 — 8	51 — 26 — 23
2	38 — 34 — 28	29 — 64 — 7	60 — 29 — 11
3	31 — 42 — 27	38 — 55 — 7	49 — 37 — 14
4	44 — 30 — 26	28 — 63 — 9	49 — 40 — 11
5	41 — 35 — 24	30 — 58 — 12	66 — 22 — 12
6	42 — 28 — 30	26 — 63 — 11	57 — 34 — 9

los lotes 1 y 3, podemos ver el valor alto de dicho índice y ello nos indica la existencia de una deficiencia férrica que posiblemente se deba al nivel alto de P encontrado en las plantas. Por el contrario, los lotes 2 y 4 presenta niveles próximos a los óptimos, así como el 5 y el 6. Este último, tiene los valores más bajos.

Los valores medios de los equilibrios, expresados en porcentajes, se encuentran en la Tabla IV.

En el caso del equilibrio N-10P-K, puede verse como el P está alto en todos los lotes siendo excesivo en los lotes 1 y 3. En todos, el nivel de N está moderadamente bajo, salvo en los lotes 5 y 6.

Pero ha de destacarse que aunque ningún lote cumple con las proporciones indicadas para otras plantas, en el caso del lote 4 su equilibrio se puede considerar óptimo, y en el caso del lote 5, que tiene un porcentaje de P alto, se podría considerar muy próximo. Por ello, puede considerarse constante el equilibrio para valores próximos a 45-30-25, pudiendo ser utilizado como índice de diagnóstico.

El equilibrio K-Ca-Mg nos muestra claramente como el Ca está alto, destacando los lotes 1, 2, 4 y 6, por el contrario el Mg está bajo en todos. No obstante, las proporciones entre los elementos se guardan y en el caso del lote 5 es donde se logran mejor.

El desequilibrio puede tener su origen en una deficiencia relativa de Mg, no detectada visualmente, por ello sería recomendable su aplicación al suelo o suministrado a la planta por vía foliar. El equilibrio óptimo estaría definido por 25-60-15.

Es desequilibrio Fe-Mn-Zn permite diagnosticar deficiencias relativas de alguno de estos elementos en ausencia de síntomas visuales. No conocemos antecedentes del estudio en plantas no cultivadas de las relaciones que puedan existir entre dichos microelementos y su influencia sobre el metabolismo de los macronutrientes.

El equilibrio está logrado en el lote 1, siendo el lote 3 el que más se aproxima. Es de destacar en todos ellos el nivel bajo de Zn, salvo el

lote 1. En el lote 5, el desequilibrio está muy acusado. El Mn puede decirse que está bien en todos los lotes menos en el 5 y 6. El Fe se encuentra ligeramente alto en los lotes 2, 5 y 6. Por tanto, el equilibrio óptimo podría estar definido por los valores 50-30-20.

No podemos dar a este equilibrio el carácter general, que posiblemente tenga, antes de su comprobación y confirmación en ésta y otras plantas.

RESUMEN

El conocimiento de la actividad metabólica de una planta estará en función del Índice Vegetativo (I.V.), Índice de Fe (I.Fe) y los diferentes equilibrios nutricionales. Se compararon plantas crecidas en medio rural y urbano pudiéndose comprobar sus alteraciones nutricionales. La razón de emplear *Nerium oleander* L., se debe a que podemos considerarla como una especie muy representativa de condiciones climatológicas y edáficas extremas, así como su alto contenido en cardiotónicos.

Se estudiaron dos grupos: los lotes 1, 2, 3 y 4 estaban en condiciones controladas; no así los lotes 5 y 6 que crecieron sin control nutricional. Los resultados obtenidos nos demuestran que el I.V., así como el I.Fe. se legan en los lotes urbanos. El equilibrio N-10P-K debe estar próximo a 45-30-25, el equilibrio K-Ca-Mg a 25-60-15 y en el caso de Fe-Mn-Zn a 50-30-20.

BIBLIOGRAFIA

1. BOUAT, A.; CROUZET, C. (1965). Notes techniques sur un appareil semi-automatique de sage del 'azote (et de certains composés volatils). Ann. Agro., 16 (1), 107-118.
2. BOYOUCOS, G. J. (1951). A recalibration of the Hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. Jour., 43: 434-438.
3. BREMNER, J. M. (1965). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Part. 2. 1162-1164.
4. CHAPMAN, H. D.; PRATT, P. F. (1961). Methods of analysis for soil plants and water. Univ. of California. Division of Agricultural Sciences, 233-234.
5. ESTEBAN VELASCO, E. (1975). El desequilibrio fisiológico como índice para el diagnóstico de deficiencias nutritivas. I. Arboles frutales. An. Edaf. Agrob., 34: 623-632.
6. GONZALEZ, C.; BAEZ, M. (1972). Método de determinación de fósforo en tejidos vegetales. Agrochimica, XVI (4-5), 342-344.
7. GONZLAEZ, F.; GARCIA, A. M.^a; CHAVES, M.; MAZUELOS, C. (1970). Estado de nutrición, equilibrio nutritivo y rendimiento en el olivar de la provincia de Sevilla. II. Estudio sobre la variedad "Gordal" de mesa. An. Edaf. Agrob., 29: 317-341.
8. HESSE, P. R. (1971). A textbook of soil chemical analysis. John Murray. London.
9. LACHICA, M. (1967). Análisis foliar. Estudio de la labor preprativa de la muestra. Agrochimica XI (2): 132-139.
10. LACHICA, M. (1976). Estudio sobre la determinación de boro en plantas con azometina-H. 4th Internaciona Colloquium on the Control of Plant Nutrition. Gent. Vol. II. 54-61.
11. LACHICA, M.; AGUILAR, A.; YANEZ, J. (1973). Análisis foliar. Métodos utilizados con la Estación Experimental del Zaidín (II). Anal. Edaf. Agrob., 32 (11-12): 1033-1047.
12. LACHICA, M.; RECALDE, L.; ESTEBAN, E. (1965). Análisis foliar: Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín. Anales de Edafología y Agrobiología, XXIV (9-10). 589-610.

13. MAZUELOS VELA, C.; PRIETO ALCANTARA, J.; LINAN BENJUMEA, J.; ESTEBAN VELASCO, F. (1979). Evolución de los equilibrios fisiológicos y sus relaciones con el metabolismo de macro y micronutrientes en cultivos de olivar. *An. Edaf. Agrob.* 38 (5-6): 1089-1097.
14. OLSEN, S. R.; COLE, C. V.; WATANABE, F. S. and DEAM, L. A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture. Circular 939.
15. PIJOAN PASCUAL, J. (1976). L'index Vegetatif (I.V.) dans le domaine de la fruticulture et la dynamique des valeurs pendant le cycle végétatif, 4th Int. Coll. Cont. of Plant Nutrition, II: 187-198. Gent.
16. PIJOAN PASCUAL, J. (1977). Estudio sobre la fisiología de la nutrición en árboles frutales. Manzano. (Datos no publicados): C.I.N.V.E. Caldas de Malavella, Gerona.
17. PINTA, M. (1973). Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, et Cu par Absorption Atomique. *Oléagineux*, 28 (2): 87-92.
18. PRATT, P. F. (1965). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Part 2, 1027-1028.
19. SMITH, P. F. (1962). Mineral Analysis of plant tissues. *Ann. Rev. of Plant Physiology*, 13: 81-108.
20. STEYN, W. J. A. (1959). Leaf analysis. Errors involved in the preparative phase. *Agr. and Food. Chem.*, 7: 344.

Recibido para publicación: 2-IV-84.

ESTUDIO DE LA VARIACION DE LA COMPOSICION DE LA LECHUGA (*LACTUCA SATIVA*) DURANTE SU CULTIVO

Por

M.^a P. SANCHEZ CONDE

SUMMARY

MINERAL CONTENT OF LETTUCE PLANTS ALONG THE GROWN CYCLE

The variation of the concentration of bioelements and vitamin C was studied in the lettuce plants during thirteen weeks from the moment when the plants had six leaves.

The experiment was carried out in a greenhouse with a culture solution being circulated intermittently.

The results show that there is an increase in weight, the largest increments are obtained between the 7th and 11th weeks.

N and K concentrations decrease with age, specially the K, while Ca and Mg levels remain almost constant.

The vitamin C content decreases with the plant's age; there is a direct relationship between the K concentration and the vitamin C content in the plant.

Likewise, there is an inverse relationship between the utilization of bioelements and the synthesis of vitamin C.

INTRODUCCION

El estudio de las plantas durante su ciclo vegetativo ha revelado una variación en el contenido de bioelementos en el transcurso del mismo (SANCHEZ CONDE 1982, SANCHEZ CONDE 1983, SMITH 1978, WILLIAMS 1955), esta variación para plantas no anuales experimenta generalmente grandes oscilaciones (ORTUÑO y COL, 1971).

La lechuga, planta utilizada en la alimentación humana para su consumo en fresco, debido a su contenido en elementos minerales, pero fundamentalmente a su contenido en vitamina C, debe experimentar, como el resto de los vegetales, variaciones en su composición a lo largo de su tiempo de cultivo, ya que, experimentos realizados por nosotros (SANCHEZ CONDE 1976) en dos épocas de desarrollo distintas han indicado diferente composición de la planta; por esto consideramos fundamental el estudio sistemático en este sentido con objeto de poder llegar a conocer mejor la planta al mismo tiempo que a determinar la duración del cultivo de la lechuga para su aplicación mas efectiva a la alimentación humana.

MATERIAL Y METODOS

Los experimentos se llevan a cabo en invernadero con planta de lechuga y cultivo controlado, con disolución nutritiva circulante intermitente, realizando sistemáticamente en la misma, las determinaciones de pH, y concentración de nutrientes con objeto de mantener constantes las condiciones iniciales durante todo el tiempo del experimento.

Se utiliza la disolución de Hoagland y Snyder que contiene por litro: 5 me de K^+ , 10 me de Ca^{++} , 15 me de NO_3^- , 4 me de Mg^{++} , 3 me de PO_4^- , 0,5 ppm de Mn, 0,5 ppm de B, 0,05 ppm de Zn, 0,05 ppm de Mo, 0,02 ppm de Cu y 0,6 ppm de Fe.

Las lechugas se cultivan durante 13 semanas, empezando a contar las semanas desde el momento en que las plantas tienen seis hojas, efectuando una recolección cada semana. Las determinaciones se efectúan por cuadruplicado.

En las plantas recolectadas se determina peso fresco y seco, N y P mediante autoanализador, K Na y Ca por fotometría de llama, Mg, Fe, Mn, y Zn por absorción atómica, vitamina C mediante volumetría con indofenol. Para la determinación de estos análisis se toma toda la planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Peso

El peso fresco de la planta adquiere valores cada vez mas elevados en el transcurso del cultivo de la misma, Tabla N.º I. Los incrementos en peso fresco y seco van aumentando hasta la semana 9 (144,0% y 126,2% respectivamente) a partir de la cual se empieza a acusar un menor aumento de peso cada semana, apareciendo valores de 13,1% y 12,6% de aumento de peso seco para las semanas 11 y 12; Estos datos nos indican claramente la época de mayor poder sintetizante de materia vegetal, donde la planta habrá llegado a su periodo de mayor poder metabólico ó de maxima vitalidad. Este periodo está comprendido entre las semanas 9 y 10, a partir de esta época se inicia el principio del envejecimiento de la planta puesto que disminuye la síntesis de materia producida a pesar de mantenerse la alimentación teniendo la planta a su disposición todos los nutrientes necesarios en el medio en que se desarrolla puesto que la concentración de los mismos se mantiene en la disolución nutritiva durante todo el cultivo. Al mismo tiempo el contenido de humedad es menor en las últimas semanas de cultivo, indicando también un envejecimiento de los tejidos. La diferencia de contenido de humedad entre los valores extremos alcanza el del 2,3%.

Contenido en vitamina C

La concentración de vitamina C en la lechuga disminuye desde la primera semana considerada hasta la última (Tabla II) produciéndose un descenso de contenido en vitamina C del 32,8%.

La disminución de vitamina C entre una semana y la precedente no se

TABLA I

Peso contenido de humedad e incremento de peso de las lechugas.

Duración del cultivo en semanas	Peso		%	% Δ Peso	
	Fresco	Seco		Humedad	Fresco	Seco
4	0,68	0,03	95,55		
5	28,99	1,61	97,86	4163,2	5300,0
6	49,18	2,72	94,46	67,9	69,6
7	74,66	3,84	94,88	41,1	51,8
8	123,10	5,88	95,22	53,1	64,8
9	278,45	14,35	94,84	144,0	126,2
10	417,93	23,19	94,45	61,4	50,1
11	472,85	29,66	93,72	27,8	13,1
12	535,88	33,31	93,80	12,3	12,6
13	659,15	44,98	94,69	33,0	23,0

 Δ = incremento por semana.

mantiene constante, obteniéndose las mayores fluctuaciones entre la semana 6 y 8. La disminución de contenido en vitamina C de la lechuga durante su cultivo no se puede atribuir a la influencia de la variación de nutrientes del medio nutritivo, como hubiera podido suceder en cultivos en suelo, puesto que en el experimento se han mantenido constantes los nutrientes mediante el control sistemático realizado durante todo el tiempo del experimento, si no mas bien al diferente poder sintetizante de vitamina C con la edad de la planta.

Los resultados obtenidos estan de acuerdo con los trabajos realizados por CHEMPA KAM 1983, sobre manzano, que indican un mayor contenido de vitamina C entre los 25 y 55 dias despues de la fertilización del manzano y luego disminuye lentamente.

El contenido de la lechuga en vitamina C para las condiciones en que se ha llevado a cabo el experimento se puede considerar que está dentro de los valores mas bien altos para vegetales ya que según KLEIN 1982, el contenido de 45 mg. que encuentra para tomate, fruto con mas contenido en vitamina C que la lechuga, lo considera como un valor alto para vitamina C.

Las variaciones que experimenta la planta en vitamina C, tienen mucha importancia puesto que la lechuga se utiliza fundamentalmente por su contenido en vitamina C, y por tanto habrá que tener en cuenta la época mas idonea de recolección en la cual las plantas poseen mayor calidad para ser aplicadas en la alimentación humana.

TABLA II
 Contenido en vitamina C y bioelementos en la lechuga.

Duración del cultivo en semanas	mg/100 g Vitamina C	%						ppm			Σ A	Σ C	C/A
		N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn			
4	32,11	5,0	0,61	12,1	1,3	0,44	0,025	58	137	68	5,61	12,84	2,28
5	32,06	5,1	0,63	11,9	1,1	0,44	0,062	67	127	75	5,73	13,57	2,36
6	29,31	4,7	0,72	12,6	1,1	0,43	0,031	47	103	63	5,42	14,16	2,61
7	26,55	4,6	0,82	12,6	1,1	0,44	0,046	36	116	58	5,42	14,18	2,61
8	22,01	5,2	0,84	12,2	1,2	0,44	0,026	32	73	63	6,04	13,86	2,29
9	21,75	4,8	0,87	11,4	1,3	0,44	0,075	70	120	80	5,67	13,21	2,33
10	23,46	4,6	0,85	9,6	1,3	0,46	0,057	110	83	77	5,45	11,41	2,09
11	20,50	4,6	0,78	9,2	1,3	0,47	0,074	112	70	60	5,38	11,04	2,05
12	20,38	4,6	0,76	8,3	1,2	0,42	0,041	150	65	60	5,36	9,96	1,85
13	21,58	4,7	0,72	8,0	1,2	0,49	0,022	170	62	55	5,42	9,71	1,79

Contenido en bioelementos

Se produce una disminución del 4% en el contenido de N durante el cultivo de la planta desde la semana 4 a la 9 y posteriormente parece que se conserva su variación. La concentración de P experimenta una variación inversa a la de N, apareciendo el máximo de contenido entre las semanas 7 y 10. La relación $\text{NO}_3^-/\text{PO}_4^{3-}$ adquiere en general para estas semanas los valores menores de todo el tiempo de cultivo y se corresponden con los aumentos más elevados en peso de una semana a la siguiente, es pues este periodo donde las necesidades de P son máximas y en el cual por tanto, deben de realizarse con mayor intensidad los fenómenos fosforilativos en la planta. Estos datos están de acuerdo con el envejecimiento que se produce en la planta a lo largo de su cultivo siendo necesario menos proporción de N, puesto que el poder sintetizante de la misma disminuye. (Tabla II).

El contenido de K prácticamente se conserva hasta la semana 9, a partir de la cual se produce una gran disminución que se acusa en la relación K/N que adquiere los valores más bajos, al mismo tiempo que experimenta una disminución paulatina.

Por los datos de K se observa la gran cantidad del mismo que necesita la lechuga, diez veces más que de Ca, esto es un comportamiento general de todas las plantas, unas necesidades nutricionales mucho mayores de K que de Ca.

No está todavía claro la necesidad tan alta de este bioelemento para las plantas, HUGH 1972, entre otros autores, cita la necesidad adicional de K para la absorción de NO_3^- independientemente de la necesaria para otras funciones del K (acción de las fructoquinazas y otros enzimas, formación de almidón, etc.).

También se encuentra necesario cantidades altas de K para liberar la energía a través de la oxidación de exosas que a su vez condicionan la cantidad de N asimilado, y para su acción como cofactor de aproximadamente 46 enzimas conocidos de animales, plantas superiores y microorganismos.

El Ca. se mantiene prácticamente constante durante todo el tiempo de cultivo, lo mismo que el Mg. Parece que las necesidades de estos bioelementos para la lechuga son muy semejantes durante todo el tiempo de cultivo que hemos considerado.

Las variaciones de contenido en Na no son sistemáticas. Se produce un gran aumento en el contenido en Fe a partir de la semana 9, mientras el Mn experimenta una variación inversa.

La suma de aniones se mantiene bastante durante el cultivo, mientras la de cationes experimenta un máximo hacia las semanas 6-9 disminuyendo después a valores inferiores de las primeras semanas; estos resultados se ven influidos fundamentalmente por las variaciones que experimenta el K ya indicadas anteriormente, y que se reflejan, aunque no de forma tan intensa en la relación C/A que adquiere los valores mínimos al final del periodo considerado.

El cociente de utilización (TAMARA 1975) de un elemento nos da un índice de la proporción en que el bioelemento ha sido utilizado por la

planta, indicandonos la variación en el poder metabolizante de la misma durante el periodo estudiado.

En las 13 semanas en que se ha estudiado la planta de lechuga ha habido un equilibrio entre el N absorbido y la utilización del mismo por la lechuga.

En las semanas centrales la mayor absorción de P se corresponde con una mayor cantidad de materia vegetal sintetizada por la planta que la que le corresponde con respecto a épocas anteriores indicando una mayor utilización de este bioelemento.

Para el K, los cocientes de utilización son mayores al final de la época considerada lo cual parece indicar una mayor necesidad por la planta al principio de su cultivo.

Con respecto a Ca y Mg no parece existir un periodo de maxima necesidad de los mismos para obtener un buen desarrollo de la lechuga ya que sus cocientes de utilización no siguen una variación determinada.

El cociente de utilización total es menor en las primeras semanas de desarrollo aumentando con la edad de la planta. Parece pues confirmarse según indicamos en trabajos anteriores (SANCHEZ CONDE 1982) que existe una relación inversa entre la utilización de bioelementos y síntesis de vitamina C para la planta de lechuga, a mayor poder de utilización de bioelementos minerales, menor poder sintetizante de vitamina C.

El mayor contenido en K debe ir unido a una mayor síntesis de exo-sas y según ISHEWOOD 1961, a partir de las mismas se produce vitamina C. Estos datos se corresponden con los encontrados por nosotros en los cuales la disminución en el contenido en K va asociada con una menor concentración de vitamina C en la lechuga.

Conclusiones

La composición de la planta de lechuga en bioelementos minerales experimenta variaciones a lo largo de su cultivo.

Se produce una disminución en el contenido en N y K con la edad de la planta, esta disminución es muy acentuada para el K. También el contenido en vitamina C desciende con la edad de la planta.

La concentración de Ca se mantiene a lo largo del cultivo, mientras para el Fe se produce un aumento con la edad de la planta. El Mn experimenta una variación contraria.

A mayor concentración de K en la planta, mayor contenido en vitamina C en la misma.

Para la planta de lechuga existe una relación inversa entre la utilización de bioelementos y síntesis de vitamina C.

RESUMEN

Se estudia en invernadero con cultivo controlado y disolución circulante intermitente la variación de concentración en bioelementos y vitamina C en planta de lechuga durante 13 semanas a partir del momento en que la planta tiene seis hojas.

Los resultados indican que durante el cultivo se produce un aumento de peso cuyos incrementos mayores se obtienen entre las semanas 7 y 11.

La concentración en N y K desciende con la edad, especialmente el K, mientras el Ca y Mg permanecen bastante constantes.

El contenido en vitamina C desciende con la edad de la planta; existe una relación directa entre la concentración de K y contenido de vitamina C en la planta.

Así mismo se observa una relación inversa entre la utilización de los bioelementos y síntesis de vitamina C.

*Unidad Estructural de Investigación de Agrobiología.
Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.*

BIBLIOGRAFIA

- CHEMPA KAM, B. 1983. Distribution of ascorbic acid and ascorbic acid oxidase activity in the developing cashew appell *Anacordium occidentali* L. *Jour of the Hort Sci.* 58: 447-448.
- HUGH, G. GAUCH. 1972. *Inorganic Plant Nutrition*. Dowden Hutchinson and Ross Inc.
- ISHEWOOD, F. A. and MAPSON, L. W. 1962. Ascorbic acid metabolism in plants. Part II Biosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 13: 329-350.
- KLEIN, B. P. PERRY. 1982. Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States *Jour. of Food Sci.* 47: 941-945.
- ORTUÑO, A.; HERNANDEZ, A.; PARRA, M. and CARPENA, O. 1971. L'évolution de bioéléments pendant le développement de la feuille d'oranger sous l'influence de la salinité. *Recht Ad. in Plant. Nut.* 509-534.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. 1976. Estudio de la interacción K-Ca en plantas de lechuga de diferente desarrollo. *An. Edaf. y Agrob.* XXXV; 1131-1246.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. 1982. Evaluación de la distribución de nutrientes en la planta de tomate (*Lycopersicum esulentum*) en dos estados de su ciclo vegetativo. *A. Edaf. Agrob.* XLI; 713-719.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. 1982. Evaluación de la influencia de diferentes niveles de K y de la luz sobre el contenido en vitamina C en lechuga (*Lactuca sativa*). *An. Edaf. y Agrob.* XLI; 1047-1054.
- SANCHEZ CONDE, M.^a P. (1983). Estudio de la distribución y variación de nutrientes en la planta de veza (*Vicia sativa*) durante su ciclo vegetativo. *Agrochimica* XXVII; 219-226.
- SMITH, F. W. and MYERS, R. J. 1978. Patterns of uptake and distribution of phosphorous and nitrogen in grain sorghum during its development. 8th Int. Coll. Plant Anal. and Fert. Prob. (New Zealand) V. 2; 491-498.
- TAMARA, E. A. 1975. The utilization of phosphate in tomato plants at different growth stages. *Plant and Soil* 43; 443-450.
- WILLIAMS, R. F. 1955. Redistribution of mineral elements during development. *Ann. Rev. of Plant Physiol* 6; 25-42.

ESTUDIO DE LA PERSISTENCIA Y DEGRADACION DE 2-HIDROXI-2, 2-BIS (4-CLOROFENIL) ACETATO DE ETILO EN LIMONERO

Por

ORTUÑO, A., ABRISQUETA, J. M.^a, HERNANSAEZ, A. y GOMEZ, J.

SUMMARY

STUDY ABOUT PERSISTENCE AND DEGRADATION OF 2-HIDROXY-2,2-BIS (4-CHLOROPHENYL ETHYL ACETATE ON THE LEMON TREE.

The degradation of the acaricide chlorobenzilate (2-hidroxy-2,2-bis 4-chloro-phenyl) ethyl acetate) was studied in relation to seasonal variation after application to the buds of lemon trees.

By comparing the degradation of the deposited acaricide over the four seasons at three levels, differences were found. The greatest differences were found in the summer in which the chlorobenzilate deposits degrade more quickly than in other seasons.

The linear regression plots, statistically significant at the 0,1 per cent level, show that the processes taking place on the lemon tree buds follow a pattern of first order kinetics which is very typical of non-systemic pesticides like chlorobenzilate.

INTRODUCCION

El uso creciente de diversos tipos de plaguicidas agrícolas en el mundo moderno ha conducido a un mayor énfasis en la posibilidad de una contaminación de cosechas surgida de su aplicación defectuosa, pero la sociedad actual se ha concienciado de los peligros potenciales de la contaminación proveniente del mal empleo de los productos fitosanitarios orgánicos de síntesis. Donde quiera que se aplique un plaguicida, ya sea en la parte aérea de la planta, en la semilla o en el suelo, existe la posibilidad de que algo de materia activa persista y pueda conducir a una contaminación indeseable de los productos que se quieren proteger.

La expansión futura en el desarrollo de nuevos plaguicidas se apoya fundamentalmente en las modernas tendencias, que se dirigen hacia la obtención de productos de una mayor eficacia en los tratamientos y de acción residual menos peligrosa. Cualquier nuevo plaguicida se valora no sólo desde el punto de vista de su acción biocida, selectiva hacia un determinado agente causante de plagas, sino también por sus efectos residuales.

En el presente trabajo se exponen los resultados definitivos de las evoluciones estacionales del acaricida Clorobencilato en brotes de limonero.

PARTE EXPERIMENTAL

Material y métodos

La experimentación se ha llevado a cabo en la finca "Tres caminos" del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (Santomera) en limoneros de 20 años de edad, injertados sobre naranjo amargo como patrón.

Las fechas en las que se efectuaron los tratamientos fitosanitarios a las tres dosis elegidas son: 27 de abril, 2 de julio y 13 de octubre de 1982 y 19 de enero de 1983 respectivamente a las estaciones de primavera, verano, otoño e invierno. A partir de estas fechas se siguió un calendario de muestreo que se prolongó durante 160 días, al cabo de los cuales los residuos de clorobencilato presentes en los brotes eran prácticamente indetectables. Aún así, el muestreo se siguió 100 días más sin cambio alguno en la concentración del acaricida. Las técnicas de extracción, purificación y análisis están ampliamente expuestas en una publicación anterior (2).

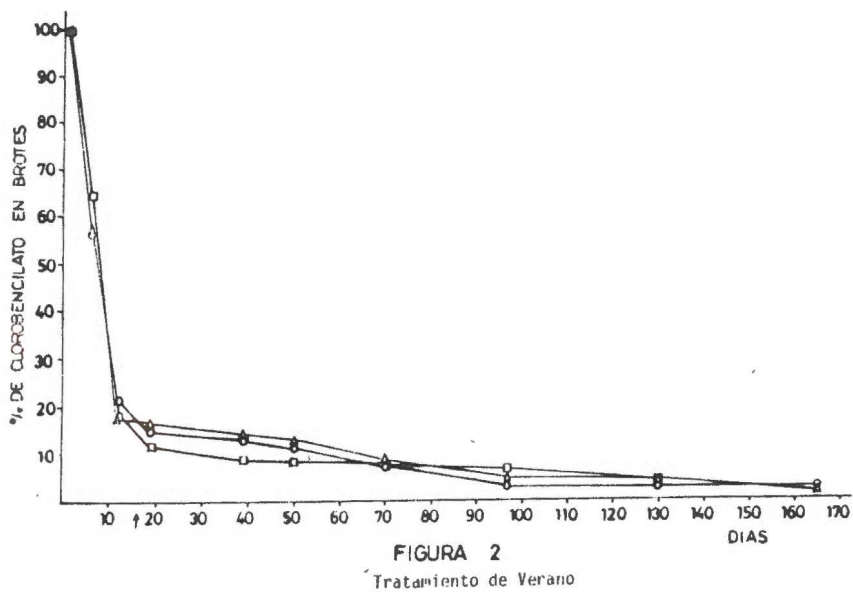
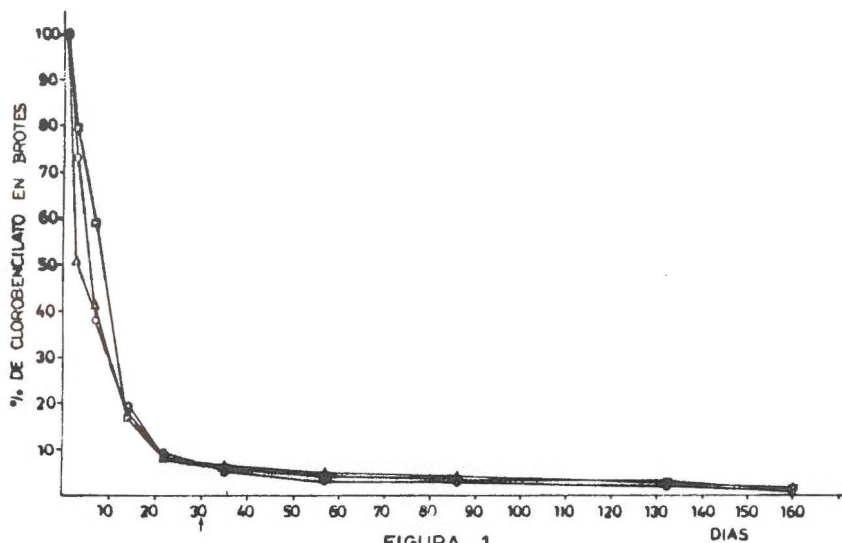
RESULTADOS Y DISCUSION

El trabajo experimental se dió por finalizado cuando la cantidad de residuos de Clorobencilato fué prácticamente no detectable en las condiciones operativas empleadas (2). Esto sucedió alrededor de los 160 días después de los tratamientos fitosanitarios; aún así, el muestreo se siguió hasta los 260 días para asegurarnos que realmente ya no quedaban residuos en los brotes objeto de estudio.

Al representar en un sistema de ejes ortogonales los días transcurridos frente a los porcentajes de residuos que van quedando en los brotes, aparecen las figuras 1, 2, 3 y 4 que representan las evoluciones relativas de los niveles de depósitos en los brotes de limonero en los tratamientos estacionales efectuados.

Existen diferencias en el comportamiento del clorobencilato, que se ponen de manifiesto al comparar las evoluciones de los niveles de depósito de las cuatro épocas del año a las tres dosis empleadas. En las Figuras anteriores se puede comprobar que todas las evoluciones estacionales siguen un tipo general de curva, así como las diferencias entre dosis empleadas, que son mínimas dentro de cada tratamiento. Las mayores diferencias se encuentran al comparar los tratamientos efectuados en verano, en donde los depósitos de Clorobencilato evolucionan más rápidamente que en el resto de las estaciones.

Si representamos los logaritmos decimales de las ppm de Clorobencilato encontrados en los brotes frente a los días transcurridos (Figura



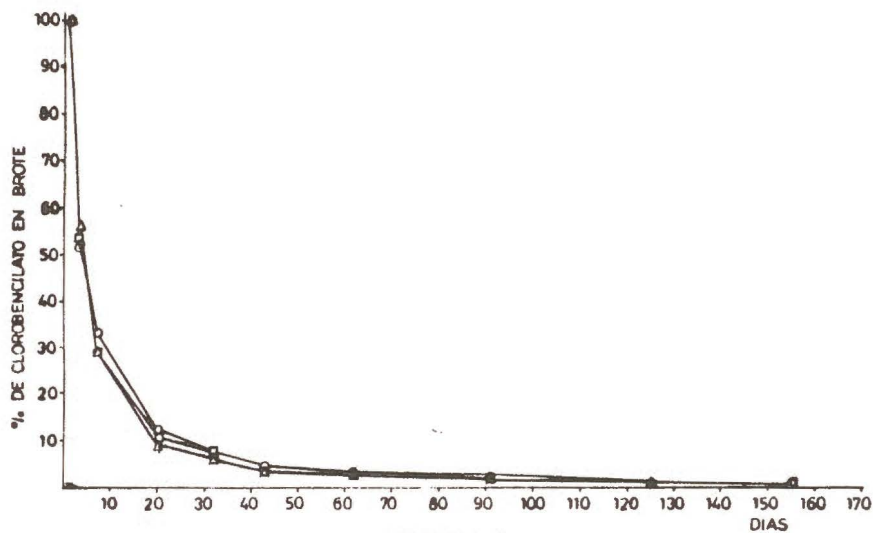


FIGURA 3
Tratamiento de Otoño

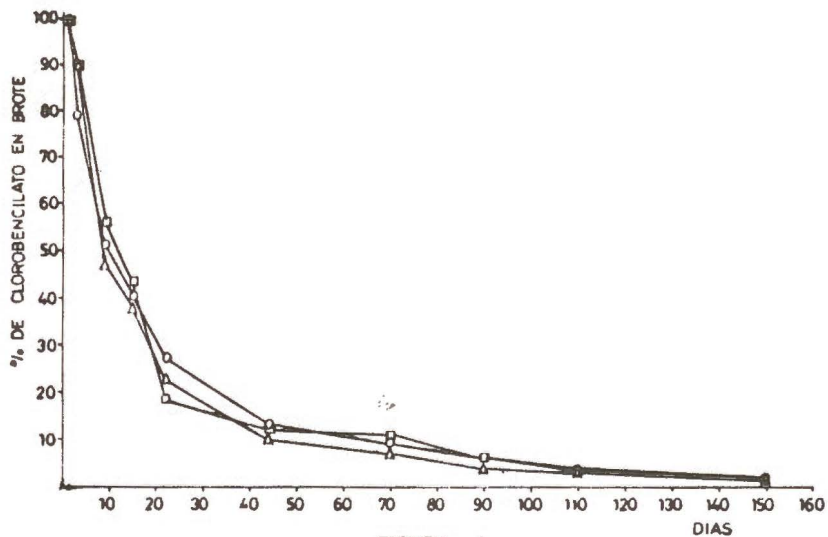


FIGURA 4
Tratamiento de Invierno

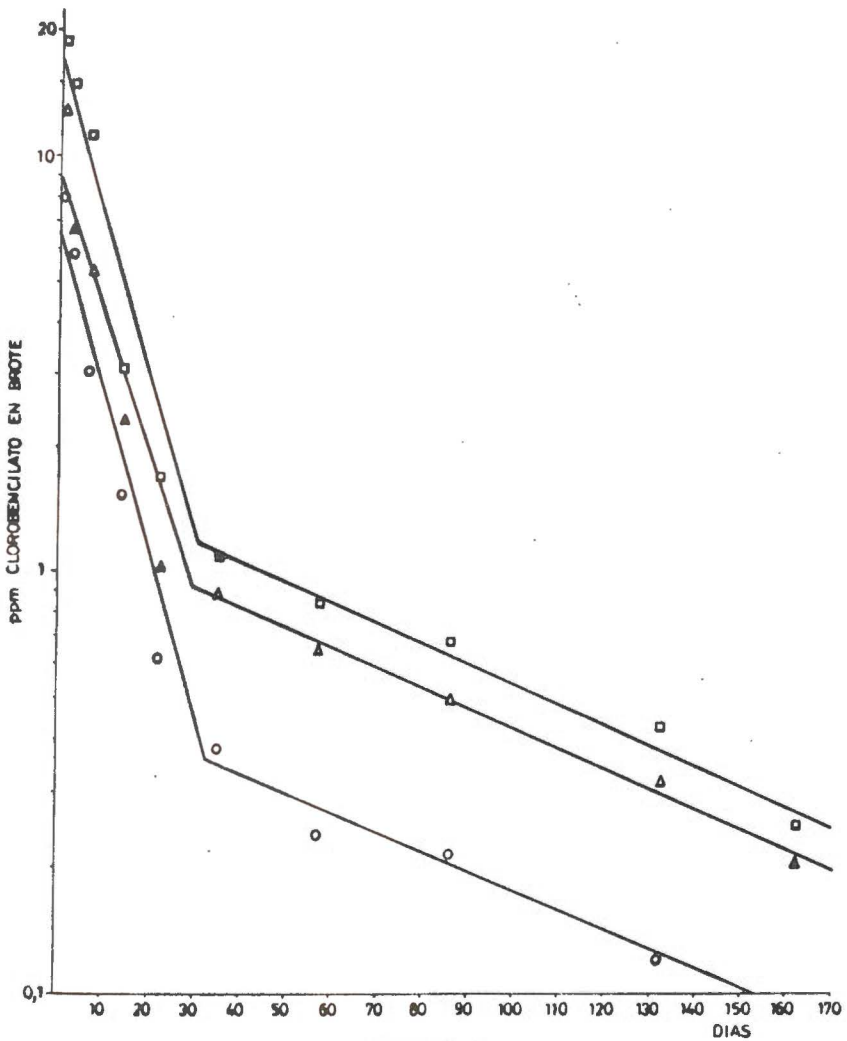


FIGURA 5

Tratamiento de Primavera

ras 5, 6, 7 y 8), se deduce que los depósitos del acaricida empleado se ajustan a dos intensidades diferentes de eliminación en los brotes.

En el caso del tratamiento de primavera (Figura 5) se produce un cambio en la intensidad de eliminación entre los 29 y los 32 días después de efectuarse la aplicación del Clorobencilato, perdiéndose un 94,18% de los depósitos del acaricida en tal periodo, el resto de los residuos (4,45%) desaparecen en unos 127 días.

En el tratamiento efectuado en verano (Figura 6), el cambio en la

intensidad de la eliminación de Clorobencilato de los brotes se produce entre los 14 y 17 días. Durante este periodo se degrada un 85,69% del Clorobencilato existente en los brotes y el 12,52 por ciento restante en 146 días.

El cambio en la intensidad de eliminación del acaricida aplicado en otoño se produce entre 36 y 40 días después de haber sido efectuado el mismo, cuyo promedio corresponde al 95,78 por ciento de los depósitos de Clorobencilato. A los 112 días después de ese primer periodo desaparece el 3,42 por ciento restante de producto fitosanitario.

En el caso del tratamiento efectuado en la estación invernral, el cambio en la intensidad de degradación se produce entre los 32 y 38 días después de la aplicación fitosanitaria, eliminándose durante este

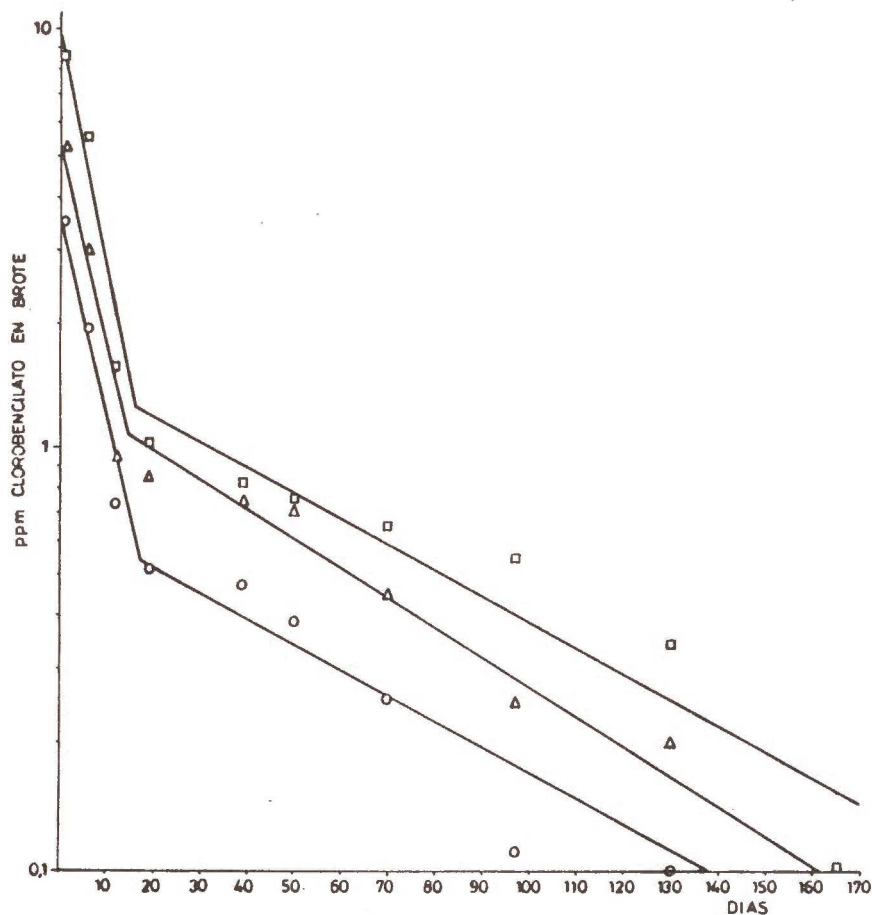


FIGURA 6

Tratamiento de Verano

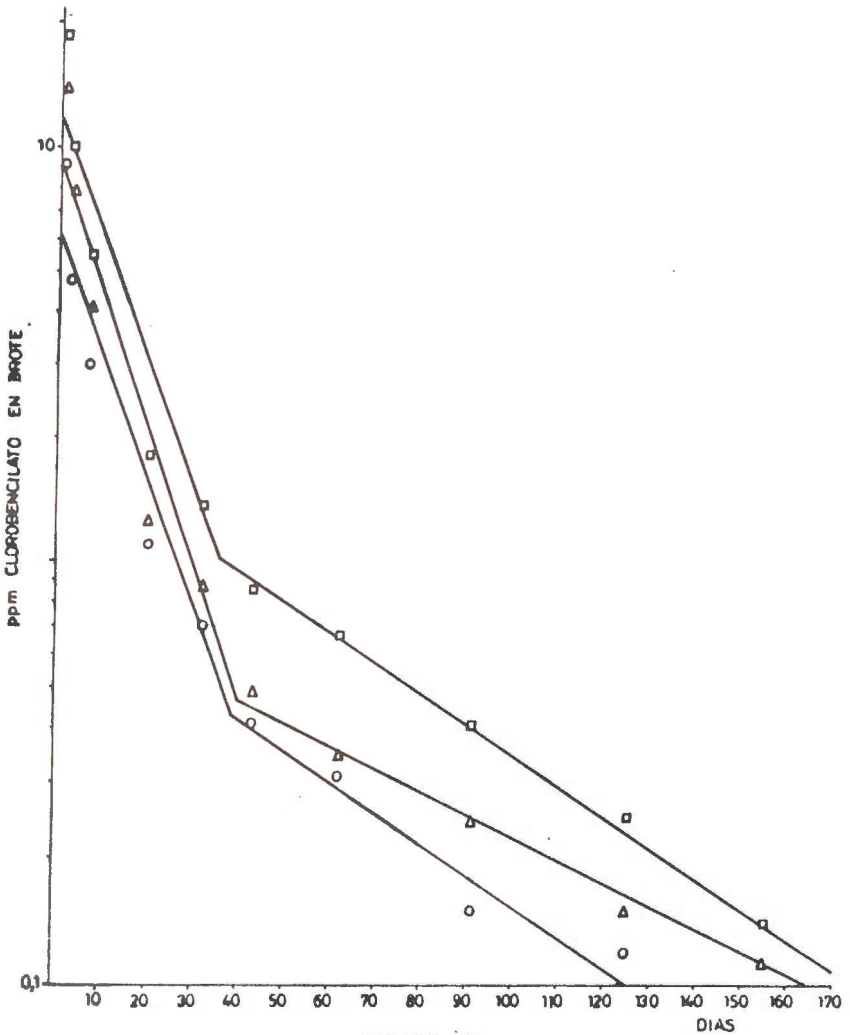


FIGURA 7
Tratamiento de Otoño

periodo el 87,98 por ciento de los depósitos de materia activa empleada; el 10,13 por ciento restante tarda en degradarse 106 días.

En todos los casos aquí estudiados se observa una misma sistemática de comportamiento: descenso inicial rápido de los depósitos de Clorobencilato, perdiéndose entre un 85 y un 95 por ciento de los depósitos iniciales del acaricida (primer tramo recto de las Figuras 5, 6, 7 y 8), para pasar posteriormente a una disminución más lenta de producto activo (segundo tramo recto), existiendo un remanente residual no detectable con el método analítico empleado (1,2).

Al comparar los tratamientos estacionales entre sí, podemos establecer dos casos: en el primero englobaríamos las aplicaciones acariadas de primavera, otoño e invierno; en el segundo al tratamiento de verano, que se diferencia significativamente de los demás porque la degradación de materia activa existente en los brotes (85,69%) se produce en un período de tiempo mitad (16,07 días) del observado (30,51, 38,70 y 36,39 días respectivamente), para que aproximadamente el mismo porcentaje de disminución (98,18, 95,78 y 87,98%) sucediese en los otros tres tratamientos. Dentro del primer caso, las aplica-

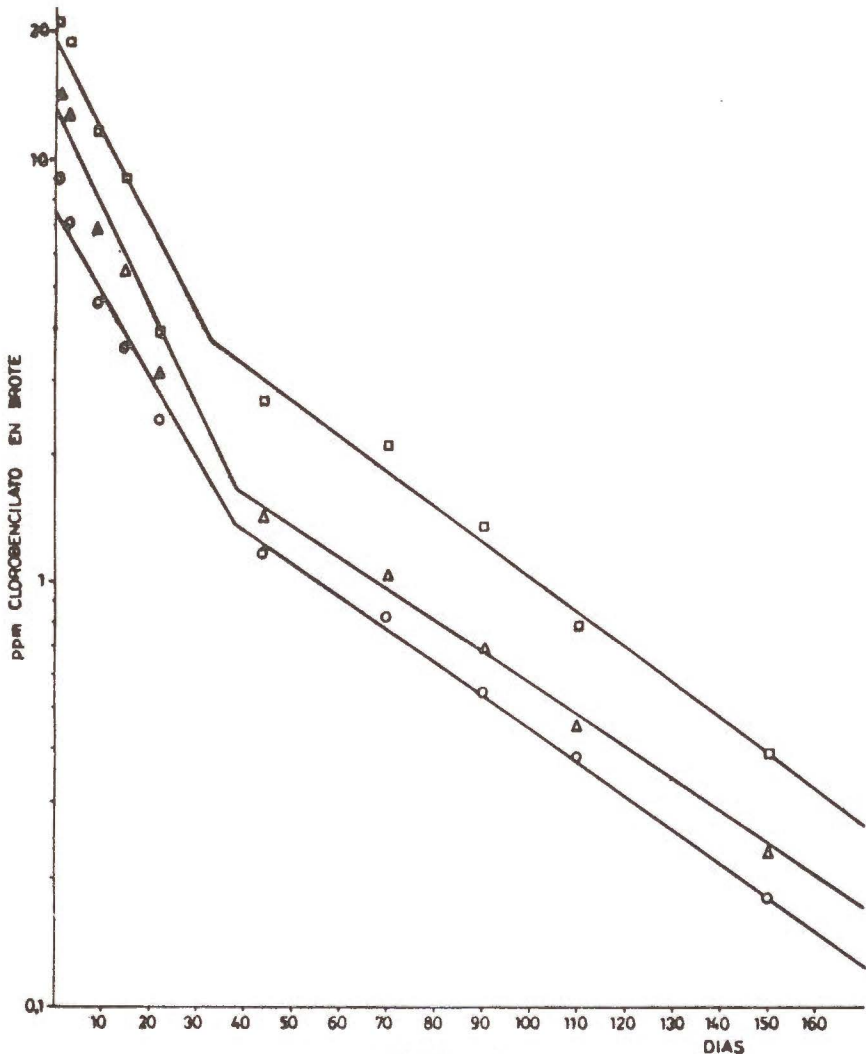


FIGURA 8

Tratamiento de Invierno

ciones efectuadas en otoño e invierno son las que menos diferencias tienen entre sí, con un periodo inicial de 38,7 y 36,39 días respectivamente, épocas en las que se pierde un 95,78 y un 87,98 por ciento respectivamente de materia activa; podríamos decir que se trata de aplicaciones fitosanitarias similares. El tratamiento de primavera, aunque sin diferenciarse mucho de los otros dos del mismo grupo, presenta una disminución de depósitos parecida (94,18%) en un tiempo comprendido entre seis y ochos días, (30,51) menos que para los indicados, 38,70 días para otoño y 36,39 días en invierno.

La Tabla I resume los resultados correspondientes a las regresiones lineales obtenidas, cuyas representaciones se reflejan en las figuras 5, 6, 7 y 8. En ellas se especifican las ordenadas en el origen, las pendientes y los coeficientes de correlación; estos últimos se encuentran en un intervalo comprendido entre -0,9430 y -0,9986, todos, por tanto, estadísticamente significativos a un nivel del 0,1 por ciento.

CONCLUSIONES

La primera muestra tomada después de cada tratamiento se efectuó dentro de las veinticuatro horas siguientes al mismo, concretamente a las tres horas de haberse realizado; durante este periodo de tiempo el agua añadida en el tratamiento se evaporó y las muestras fueron tomadas una vez secas. Los depósitos de Clorobencilato así encontrados no son los auténticamente reales, ya que existen pérdidas de producto producidas por el goteo, viento, roce de las ramas entre sí, que eliminan de la superficie vegetal la disolución de plaguicida que no está adherido a la superficie vegetal. Pasado este tiempo la porción que queda se mantiene estabilizada, constituyendo el depósito efectivo desde donde nosotros partimos.

El primer tramo recto de las figuras 5, 6, 7 y 8, podemos considerarlo como la suma de dos efectos: uno consiste en el desprendimiento físico del Clorobencilato en forma de pequeñas partículas de la capa situada en la parte más externa del depósito efectivo, que se encuentran débilmente unidas al resto del mismo; y el otro es el efecto típico de la degradación del acaricida en donde intervienen acciones tales como transpiración, volatilización, fotodescomposición, hidrólisis, oxidación, metabolismo microbiano y penetración de la materia activa en el interior de la planta. Por lo tanto, los depósitos de Clorobencilato se encuentran durante esta fase expuestos a las condiciones del medio ambiente y a todas las acciones que en éste intervienen. Serán por tanto los factores climáticos los responsables principales de que la permanencia del acaricida sea más o menos larga sobre la superficie vegetal.

Los segundos tramos rectos de las figuras anteriormente citadas representan un proceso de persistencia típico, en el que el Clorobencilato se ha introducido en el material vegetal a través de la epidermis, debido a su gran solubilidad en los aceites esenciales, que poseen las numerosas glándulas oleígenas de los brotes del limonero, ayudado por

TABLA I

Tratamiento		Primavera			Verano			Otoño			Invierno		
Dosis (%)		A	B	r	A	B	r	A	B	r	A	B	r
0,1	D	83,10	-3,96	-0,9723	56,12	-4,79	-0,9782	79,42	-2,96	-0,9688	39,36	-1,99	-0,9824
	P	-29,42	-0,46	-0,9855	-16,28	-0,61	-0,9515	-8,92	-0,71	-0,9860	43,00	-0,77	-0,9986
0,15	D	96,14	-3,39	-0,9430	72,55	-4,72	-0,9463	97,25	-3,24	-0,9614	111,61	-2,32	-0,9808
	P	10,35	-0,47	-0,9964	13,44	-0,70	-0,9873	-11,78	-0,52	-0,9871	50,33	-0,74	-0,9968
0,2	D	124,03	-3,88	-0,9603	99,47	-5,5	-0,9723	107,68	-2,93	-0,9508	128,03	-2,17	-0,9510
	P	21,94	-0,48	-0,9893	20,23	-0,61	-0,9454	25,66	-0,70	-0,9983	84,59	-0,83	-0,9906

A = Ordenada en el origen $\times 10^{-2}$.

B = Pendiente $\times 10^{-2}$.

r = Coeficiente de correlación lineal.

D = Degradación.

P = Persistencia.

el efecto adherente del tensoactivo de la formulación. La materia activa, una vez en el interior, es objeto de una degradación más lenta, debido a los procesos metabólicos del limonero, cuyas rutas normalmente no se realizan en substratos acuosos dada su baja solubilidad en agua (3, 4, 5). De acuerdo con estas consideraciones, esta claro que salvo una pequeña porción de residuos de Clorobencilato introducida en la epidermis de los limones el resto puede ser eliminado de forma total, mediante lavados y cepillados de los frutos maduros, no existiendo por tanto riesgo de contaminación de los zumos (6). La velocidad de disminución de residuos una vez ya en el interior de la planta, es pequeña y constante (7, 8, 9 y 10). Los procesos bioquímicos que tienen lugar siguen una cinética de primer orden, especialmente para aquellos plaguicidas no sistémicos en el interior de la piel de los frutos cítricos, como lo es el caso del acaricida Clorobencilato.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a todo el personal del Departamento de Protección Vegetal la ayuda que en mayor o menor grado le ha sido prestada especialmente a Doña Antonia García Carrasco.

RESUMEN

ESTUDIO DE LA PERSISTENCIA Y DEGRADACION DE 2-HIDROXI-2,2-BIS (4-CLOROFENIL) ACETATO DE ETILO EN LIMONERO.

Se estudian las evoluciones estacionales del acaricida Clorobencilato (2-hidroxi-2, 2-bis (4 clorofenil) acetato de etilo) en brotes de limonero.

Se ponen de manifiesto las diferencias existentes en el comportamiento del acaricida considerado comparando las evoluciones de los niveles de depósito de las cuatro épocas del año a las tres dosis aplicadas. Las mayores diferencias se encuentran al comparar los tratamientos efectuados en verano, en donde el clorobencilato se degrada con mayor rapidez que en el resto de las estaciones.

Los resultados de las regresiones lineales obtenidas, estadísticamente significativas a un nivel del 0,1 por ciento, ponen de manifiesto que los procesos que tienen lugar en los brotes de limonero siguen una cinética de primer orden, muy específica de los plaguicidas no sistémicos como es el clorobencilato.

BIBLIOGRAFIA

1. GUNTHER, F.A. 1969. Residue Reviews, 28.
2. ABRISQUETA, J. Ma.; A. ORTUÑO, J. GOMEZ, A. HERNANSAEZ, 1982. Anal. Edaf. Agrob. 41, 2075-2081.
3. CRAFTS, A.S.; C.L. FOY, 1962. Residue Reviews, 1.
4. BELING, W.; 1963. Residue Reviews, 3.
5. LINSKENS, H.F. W. HEINNEN, A.L. STOFFERS. 1965. Residue Reviews, 8.
6. GUNTHER, F.A. L.R. JEPPSON, 1951. J. Econ. Entomol. 47, 1027.
7. GUNTHER, F.A. R.C. BLINN, 1955. Interscience N.Y.
8. HOSKINS, W.M. 1961. U.S.D.A. Regional Project W-45.
9. FREAR, D.E.H. 1963. Pennsylvania State University Agr. Expt. Station Bull. 703.
10. COOK, J.W. 1965. Research in pesticides, 205-212. Academic Press. N.Y.

Recibido para publicación: 8-VI-84.

LITOLOGIA Y MINERALES DE LA ARCILLA EN EL "HORST" DE PEÑALCAZAR, (LA ALAMEDA) SORIA.

Por

ANTONIO GUTIERREZ MAROTO, JOSE B. ALVAREZ MARTIN,
JOAQUIN GUIJARRO GALIANO Y JOSE GUMUZZIO FERNANDEZ

Dept.^o de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid.

SUMMARY

LITOLOGY AND CLAY MINERALS IN PEÑALCAZAR'S "HORST" (LA ALAMEDA - SORIA)

In the present work we study the litology of a systematic cut in the slates of the base of the occidental branch in the Iberian System, pertaining to the "Horst" of Peñalcazar (Pallard. 1975), as well as the clay minerals associated to the different litological facies in the area of mines La Alameda (Soria).

INTRODUCCION

Encuadre geológico

La zona investigada —que se encuentra geográficamente en la Provincia de Soria (Fig. 1)— pertenece geológicamente a la Rama Occidental del Zócalo de la Cordillera Ibérica. Según Schmitz (1971), las formaciones paleozoicas (del Cámbrico inferior al Tremadoc) de la Rama Occidental de las Cadenas Ibéricas, están constituidas por tres series distintas: Clástica inferior, calcárea-arcillosa media y clástica superior.

En particular la serie superior, de más de 3.700 m. de espesor, se subdivide en cinco horizontes litológicos (A: Cámbrico medio superior; B: Cámbrico superior-Tremadoc; C, D, E: Tremadoc), formados por cuarcitas-areniscas, alternancia de areniscas con pizarras y pizarras areniscosas.

Por lo general (salvo el horizonte C) cada uno de estos horizontes se han dividido en tres unidades, aunque en ciertos lugares esta división no se ha podido realizar aplicándole entonces, el término de "indiferenciado".

Así pues este trabajo se encuadra, según la escala estratigráfica regional (Tabla I). En la serie alternante de Dere del Tremadoc en el horizonte D indiferenciado.

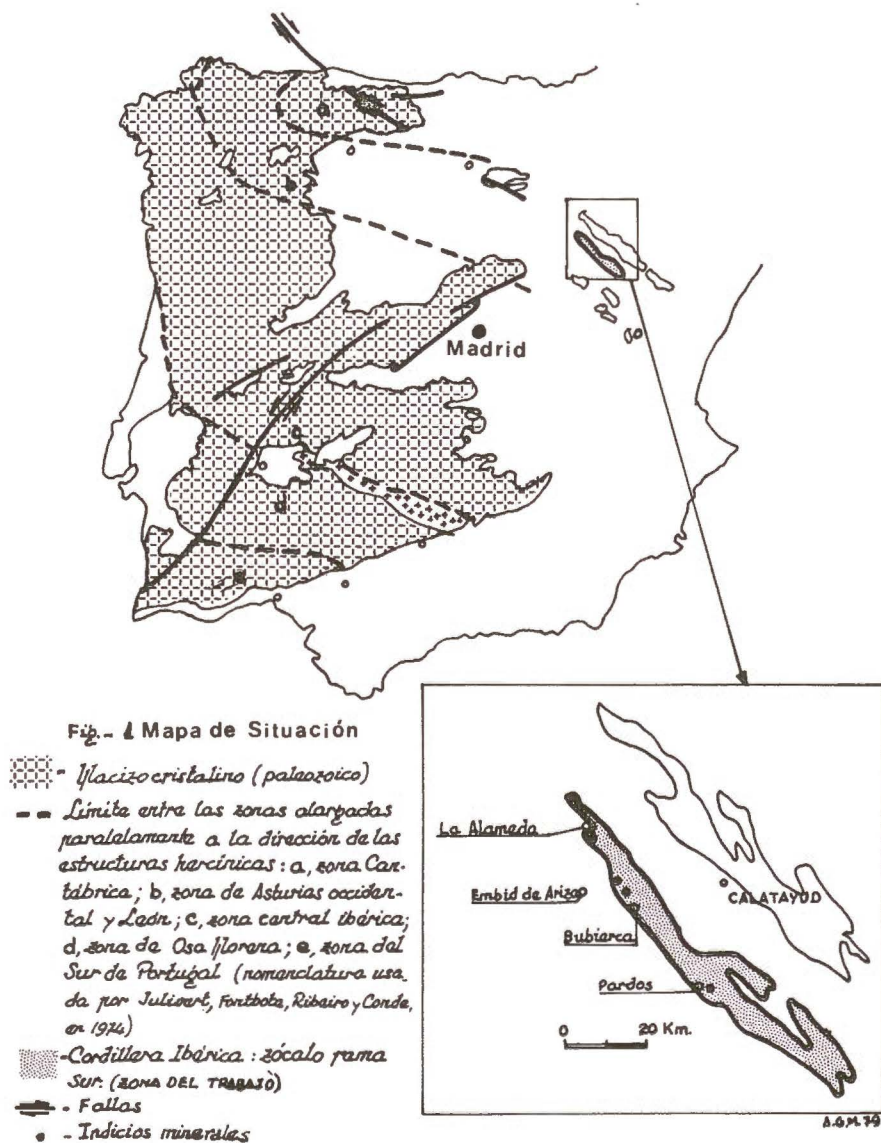


TABLA I
Escala estratigráfica regional

Sistema	Serie	Piso	Formaciones	SCHMITZ (1.971)	JOSOPAIT (1.972)
			Pizarras de Espino	E	D5-6 D4
			SERIE ALTERNANTE DE DERE D indiferenciado	D3 D2 D1	D3 D2 D1
			Pizarras de Corzas Cuarcita de Barrea	C B3	C B3
	Súperior	Superior	Capas de Acon	B2	B2
	Medio	Medio		B1	B1
	Inferior	Inferior		A3	A2-5
				A2 A1	A1
			Capas de Muremo Cuarcita de Daroca Pizarra de Huérmeda Dolomia de Ribota Capas abigarradas del Jalón Capas de Embid.	(LOTZE 1961)	(SCHMITZ 1971)

Características litológicas del horizonte D. (Serie alternante de Dere).

Este horizonte está constituido por dos series cuarcíticas (D_1 y D_3) separadas por una serie intermedia arenisco pizarrosa (D_2). En el valle del Jalón su potencia total es de 810 m. (D_1 : 380 m.; D_2 : 170 m.; D_3 : 260 m.).

La serie inferior (D_1) se compone de muro a techo de:

- Un paquete de potentes capas de cuarcita clara y areniscas duras, de grano medio y de color gris, cuyas potencias son superiores a los 0,75 m., por término medio. Aunque subordinadas, las pizarras gris-claras intercaladas en la parte inferior de este paquete, son casi todas areniscosas y micáceas mientras que en la parte más alta aparecen pizarras oscuras.
- Una serie alternante de pizarras y areniscas color rojizo.
- Un paquete de arenisca gris, de potencia media.

La serie media (D_2) está constituida, de muro a techo, de:

- Parte inferior que presenta una alternancia de arenisca y pizarras.
- Parte media y superior compuesta de pizarras.
- Parte media y superior compuesta de pizarras de color azul oscuro verdoso y con escasas capas de arenisca.

La serie superior (D_3), consta de muro a techo, de:

- Un importante paquete de cuarcitas blanco-gris y areniscas gris pardo, de grano medio á fino, en capas bastante potentes (hasta 1,5 m.).
- Una serie alternante de pizarras y de areniscas donde predominan las pizarras (las capas de arenisca alcanzan hasta una potencia de 0,30 m.).
- Una serie areniscosa con predominio de capas de arenisca de color rojizo y donde las cuarcitas son muy escasas.

Tectónica, Metamorfismo, Paleogeografía, Plutonismo, Vulcanismo

Tectónica-Metarmofismo.

De una manera general, la estructura geológica de la Cadena Ibérica se caracteriza por un gran anticlinal cuyo eje marca la dirección NNO-SSE sumergiéndose al SSE; los pliegues secundarios y las fallas principales armonizan con esta dirección (Schmitz, 1971).

Es interesante observar que los dos grupos de fallas (hercínicas y alpinas) presentan orientaciones idénticas: longitudinales (NO-SE, dirección armórica) y transversales (NE-SO). En el zócalo, las fallas NE-SO son más numerosas pero menos importantes que las fallas NO-SE; se trata sobre todo de "dicrochements" con saltos horizontales (Desparmet, A., 1967 y Desparmet, R., 1968).

Respecto a los movimientos hercínicos y alpinos que han afectado a esta cordillera de tipo intermedio, caracterizada por la ausencia de metamorfismo y por la falta casi total de una actividad magmática posthercínica (Julivert, Fontboté, Ribero y Conde, 1975), se puede subrayar en particular según Pallard (1974-75) que, la zona de la Alameda ha actuado como un "horst" desde el final del Paleozoico y ha sufrido movimientos en varias épocas estratigráficas.

Durante la orogénesis alpina se pueden distinguir diferentes fases: dos pulsaciones, una entre el Portlandiense y Neocomiense y otra antes del Albiense (Julivert, Fontboté, Ribro y Conde 1974); un plegamiento principal al final del Cretácico (Riba y Rios, 1960-62); un plegamiento entre el Eoceno y el Mioceno (discordancia pre-aquitaniense) (Riba, 1.959; Riba y Rios, 1962) y finalmente por lo menos tres fases (Esparmet, A. 1967) después del Aquitaniense.

Paleogeografía

Dentro de las características paleogeográficas, a escala regional, hay que mencionar (Schmitz, 1971):

- a) *Los rápidos cambios laterales* de facies en los diferentes horizontes de la Serie Ibérica.
- b) Las estructuras sedimentarias que, mostrando una dirección de transporte de sedimento de E a W, implican un medio *nerítico*.
- c) Las alternancias de arenisca-pizarra y las sucesiones de pizarras que contienen niveles poco potentes de turbiditas.
- d) La sucesión de ciclos sedimentarios a gran escala (megarritmos) que afectan, en conjunto, a la serie Ibérica.

Plutonismo-Vulcanismo

Como ya queda dicho, las rocas ígneas juegan un papel menor en esta cadena; se observa hacia el techo del nivel litológico C un horizonte de tufita de potencia variable (0-2,5 m.) que se ha podido seguir durante una decena de Kilómetros (Schmitz, 1971; Josopait, 1972; Pallard; Monseur; Gutierrez, 1974-75).

Además en la serie paleozoica de la región de Alhama de Aragón (Provincia de Zaragoza), R. Esparmet (1968) ha observado dos afloramientos de origen volcánico:

- El primero consta de una capa volcano-sedimentaria, masiva, interestratificada en las pizarras rojas del Tremadociense, visible a lo largo de 250 m., con 1 m. de espesor y situada sobre la ribera izquierda del Barranco de Valderoque (entre Cuatro Mojones y Muela Grande); esta formación puede ser considerada como una colada de lodo que remueve elementos de cenizas volcánicas y de rocas ígneas.
- El segundo consta de riolitas blancas visibles en la región de Castejón de las Armas. Localmente (ribera izquierda del Barranco de las Minas) estas riolitas alcanzan 10 m. de potencia y se fracturan en prismas poligonales de unos 10 cm. de arista; el alargamiento de los prismas es perpendicular a la dirección del dique.

Estas riolitas son posteriores a la serie de Ateca (Postdamiense) a la que recortan. No se puede determinar la edad de esta formación volcánica con más precisión.

LITOLOGIA Y SEDIMENTACION

Para el estudio de la litología y sedimentación se ha realizado una serie de toma de muestras en diferentes puntos del monte del Estrejal (Figura 2) con un estudio litológico por lámina delgada que nos ha llevado a unas conclusiones provisionales, a saber: una cierta ritmicidad de la sedimentación y una concentración relativamente más abundante de carbonatos y elementos metalíferos en las zonas de transición entre seudorritmos (A. Gutiérrez y G. Monseur, 1981) (G. Monseur y A. Gutiérrez 1980).

Para la discusión de estas conclusiones se ha realizado un corte casi perpendicular a la pizarrosidad con toma de muestras cada 12-15 m. Gracias a los resultados obtenidos en el estudio previo y en este corte sistemático, sabemos que las bases y los techos de seudorritmos están respectivamente caracterizados por rocas areniscosas y pizarrosas.

Sin embargo en las partes media y superior de cada megarritmo, constituidas por la formación pizarrosa, existen intercalaciones de tendencia areniscosa que podrían corresponder a bases de nuevas secuencias o seudorritmos dentro de cada megarritmo.

Del examen al microscopio se han podido reconocer siete tipos de rocas que se integran en una "serie virtual local".

Situación zonas de muestreo y corte estratigrafico del Perfil A

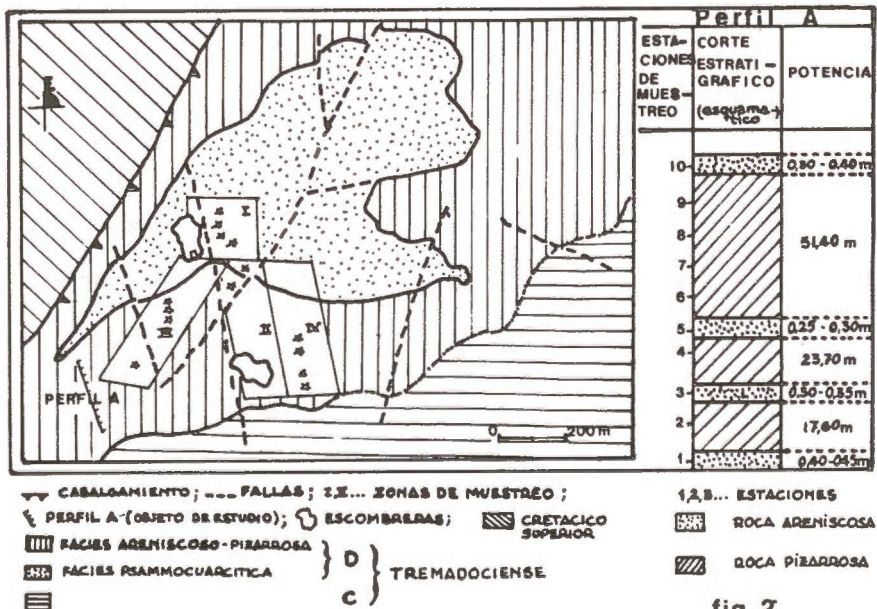


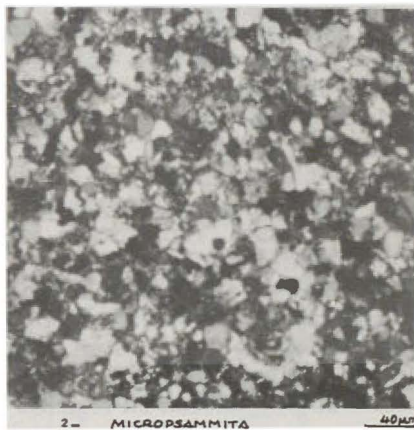
fig. 2

SERIE VIRTUAL LOCAL (PERFIL A)



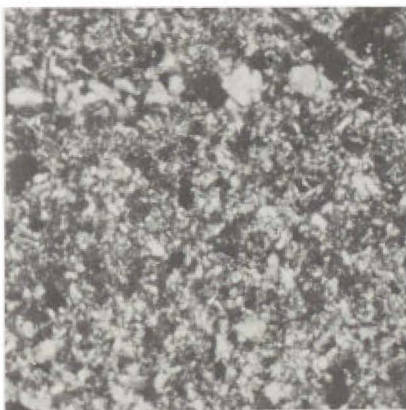
1 - PSAMMITA

40 μm



2 - MICRPSAMMITA

40 μm



3 - MICRPSAMMITA Δ MICRPSAMMOFILITA

40 μm



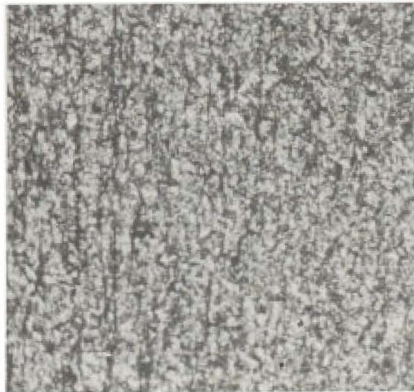
4 - MICRPSAMMOFILITA

40 μm



5 - MICRPSAMMOFILITA BANDEADA

90 μm



6 - MICRPSAMMOFILITA FINA

40 μm

Serie virtual local

Desde un polo arenoso hacia un polo pizarroso, esta serie se define de la manera siguiente.

1. Psammocuarcita: roca masiva, con textura cuarcítica-puzelítica, conteniendo 90 - 95% de granos de cuarzo con tamaño entre 70 y 210 μm (300 - 350 μm), de granulometría relativamente homogénea y presentando frecuentemente en los granos corona de crecimiento secundario. Aparecen vestigios intergranulares de sericita; no existen apenas óxidos e hidróxidos de hierro y se nota una ausencia de opacos (mineralización y materia carbonosa).

2. Psammita: roca masiva, de textura reticulada a cuarcítica, con 60 - 75% de granos heterogeneos de cuarzo y tamaño entre 70 y 175 μm (30 - 50 μm). A veces se observa algo de clorita y carbonato, así como laminillas de moscovita subrayando la estratificación. Los óxidos e hidróxidos de hierro son escasos (6%) o relativamente abundantes (15%, psammita ferruginosa) y los opacos (mineralización y materia carbonosa) aparecen en relación con los óxidos-hidróxidos y los cordones de sericita (Fot. 1).

3. Psammita a micropsammita: roca masiva, con textura reticulada y un 60 a 65% de granos de cuarzo bastante homogéneos, con un tamaño entre 40 y 80 μm (a veces 25 - 35 μm y 100 - 110 μm). Cotiene sericita intergranular, vestigios de laminillas de moscovita alargadas, gran cantidad de óxidos e hidróxidos de hierro (20%) y un porcentaje de un 7% de opacos (mineralización y materia orgánica).

4. Psammita con bandas pizarrosas: roca con estructura bandeada y textura a la vez cuarcítica (granos de cuarzo de 100 - 140 μm) y reticulada (en las bandas pizarrosas, granos de cuarzo de 60 - 70 μm), con 55% de granos de cuarzo. Los óxidos e hidróxidos de hierro, relativamente abundantes (15%); los pequeños granos de opacos (mineralización) se observan en las bandas pizarrosas.

5. Micropsammita a micropsammofilita: roca masiva con textura reticulada; los granos de cuarzo (45%) son subangulosos o subredondeados a veces cementados entre sí, y de un tamaño de 20 - 70 μm ; algo de clorita. Los óxidos-hidróxidos materia carbonosa, y asociados a la sericita, son abundantes (15 - 25%); los granos de opacos (mineralización), de hasta 100 μm de tamaño, están relativamente bien representados (Fotos: 2 y 3).

6. Micropsammofilita: roca pizarrosa, a veces algo bandeada (bandas arenosas; granos de cuarzo de 35 - 50 μm (70 - 150 μm) de tamaño. El conjunto óxidos-hidróxidos-materia carbonosa, relativamente abundante (5 - 15%; 25%), marcan frecuentemente la estratificación, acumulándose como acordonados en la sericita; los pequeños granos de opacos (mineralización), más o menos bien representados, están relacionados con la materia carbonosa (Fotos: 4 y 5 bandeada).

7. Micropsammofilita fina: roca pizarrosa, con textura empaquetada y granos homogéneos, subredondeados (10 - 15%) de tamaño pequeño (15 - 20 μm). Los óxidos-hidróxidos-materia carbonosa (10 - 15%) se encuentran diseminados en la masa sericítica (75%),

Difractogramas de R-X

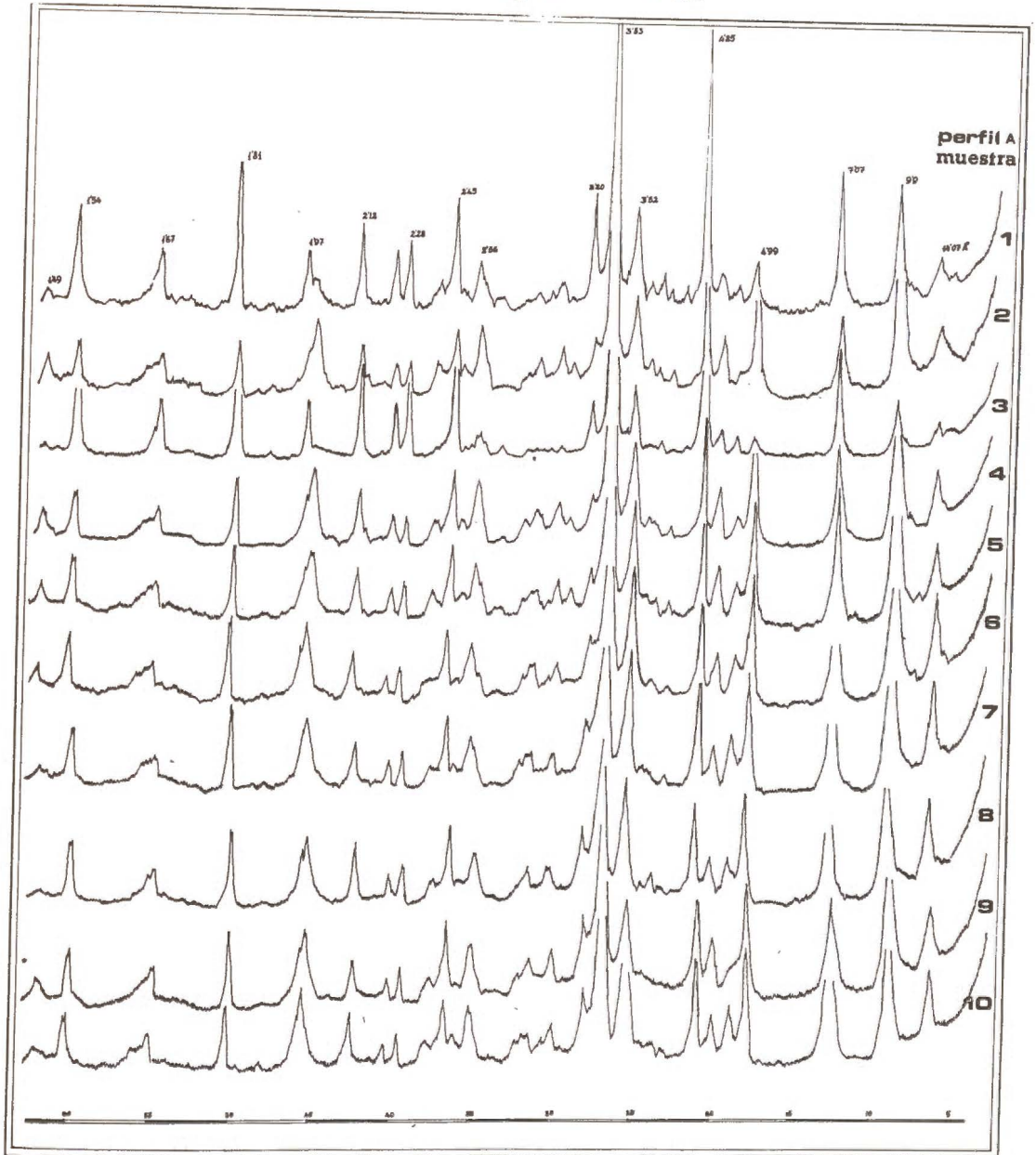


fig. 3

mientras que los pequeños granos de opacos (mineralización) aparecen alineados (Fot. 6).

Hay que añadir que, por su escasa cantidad, han sido agrupados en un mismo porcentaje: cuarzo, turmalina, circon, albita, ... y análogamente para sericita, moscovita, clorita.

De todos estos datos, podemos poner de relieve la existencia, en la parte inferior-media del corte, de tres seudorritmos de potencias desiguales, indicadores además de que la sedimentación en esta región presenta variaciones laterales de facies.

Difractogramas de R-X

Análisis por D.R.X. en cada una de las estaciones del perfil tomado en el monte del Estrepal nos permiten relacionar los minerales de la arcilla en cada estación de muestreo con la litología estudiada (Tabla II; Figs. 2 y 3).

Es de hacer notar la relativa homogeneidad en cuanto a minerales de la arcilla se refiere, en todas las muestras:

Clorita - Micas Ilita - Moscovita y Biotita (*).

Respecto a otros minerales: el *cuarzo* es dominante en la matriz "pizarroso-areniscosa", la presencia de feldespatos-plagioclasas es *clara* en casi todas las muestras y respecto a los carbonatos tenemos indicios.

Para la determinación de la clorita hemos sometido las muestras a 550.° C comprobando que a dicha temperatura no colapsa la reflexión a 14 Å (Fig. 4). Tratados con HCl 1:1 hemos observado que la desaparición de las reflexiones corresponden exclusivamente a la clorita no existiendo caolinita.

En el término micas podemos señalar la presencia de moscovita (9,99 y 4,99 Å) ya que se presenta además una reflexión a 1,49 Å correspondiente a minerales dioctaédricos.

Las pequeñas variaciones de los DRX son debidas probablemente; ya a la posible orientación, ya a la derivación de concentración en cuanto a clorita se refiere así como a la presencia de feldespatos que no es constante en todos los difractogramas apreciándose variaciones de los mismos en las muestras 3, 4, 7, 8 y 9.

CONCLUSIONES

Siendo el interés del presente trabajo la comparación de las pizarras areniscosas correspondientes al zócalo del paleozoico en el Sistema Ibérica (Rama Sur minas de Peñalcazar) con los minerales de la arcilla, esto queda reflejado en la Tabla II.

(*) Biotita clorilizada se ha determinado su presencia por el microscópio petrográfico de luz transmitida y los difractogramas nos confirman su presencia en algunos.

difractogramas R-X

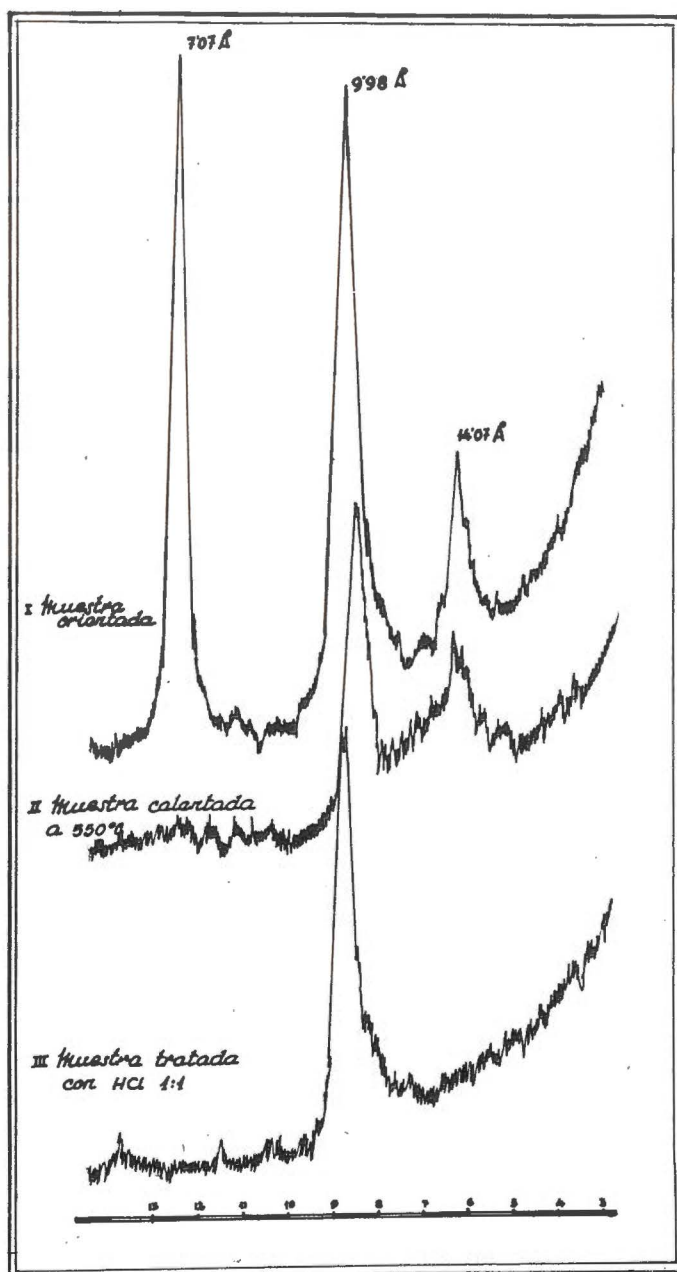


fig. 4

TABLA I

Cuadro resumen del estudio litológico y minerales de la arcilla (En el Monte del Estrepeal. La Alameda. Soria).

Estación muestreo	Estructura	Textura	COMPOSICION				CLASIFICACION		MINERALES DE LA ARCILLA					
			C %	S %	O-H M.C.%	Carbo-natos	Macroscópica	Microscópica	Seudo-ritmos	Ilita	Mosco-vita	Clorita	Biotita	Feldes-patos	Carbonato
10	Masiva	Reticulada	45	40	15	+	Arenisca	Micropsammita a Micropsammofilita	++	+	+++	+	+	indicios
9	Pizarrosa y algo bandeada	Empaquetada	20	65	15	+	Pizarra	Micropsammofilita fina algo bandeada	+++	++	++	+	-	indicios
8	Pizarrosa y algo bandeada	Empaquetada	30	55	15	-	Pizarra Areniscosa	Micropsammofilita algo bandeada	+++	++	+++	+	+	
7	Pizarrosa	Empaquetada	15-20	65	5-10		Pizarra	Micropsammofilita	+++	++	+++	+	+	
6	Pizarrosa	Empaquetada a reticulada	30	55-60	10-15	-	Pizarra Areniscosa	Micropsammofilita	+++	++	++	+	+	
5	Masiva	Cuarcítica a reticulada	45	30-35	20-25	+	Arenisca	Micropsammita ferruginosa	++	+++	++	+	+	indicios
4	Pizarrosa	Empaquetada	10-15	75	10-15	-	Pizarra	Micropsammofilita fina	+++	+++	++	+	+	
3	Masiva	Cuarcítica a reticulada	65	5-10	25-30	++	Arenisca	Psammita ferruginosa	+	+	+	+	+	
2	Pizarrosa	Empaquetada a reticulada	25-30	60	10-15	-	Pizarra Areniscosa	Micropsammofilita	+++	+++	+	+	++	
1	Masiva	Reticulada a cuarcítica.	65	20-25	10-15	-	Arenisca	Psammita a micropsammita	+	+	++	+	++	

Símbolos: C= cuarzo, S= matriz sericitica, O-H= Oxidos e Hidróxidos de hierro, M.C.= materia carbonosa.

No obstante hemos de resaltar que:

1. La homogeneidad de los minerales de la arcilla en cuanto a su presencia es lógica ya que se trata de una misma capa de sedimentación correspondiente al D indiferenciado.
2. Los minerales de clorita - moscovita - Illita y biotita, así como la ausencia de caolinita son los minerales de la arcilla que cabe esperar en el Paleozoico (Tremadociense).
3. Las variaciones semicuantitativas que se observan pueden tener relación con las variaciones litológicas en la sedimentación (psammita a micropsammofilita) sobre todo en cuanto a la clorita se refiere, factor que puede influir juntamente con esta litología en la acumulación de iones metálicos de interés en las antiguas explotaciones de minerales.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la litología de un corte sistemático en las pizarras del zócalo de la rama occidental del Sistema Ibérico, perteneciente al "Horst" de Peñalcazar (Pallard, 1975), así como, los minerales de la arcilla asociados a las diferentes facies litológicas en la zona de las minas de La Alameda (Soria).

BIBLIOGRAFIA

- BRINDLEY, G. W. 1951. X-Ray identification and crystal structures of clay minerals. London.
- BRINDLEY, G. W. y BROW, N. G. 1980. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, London, 495 págs.
- BROWN, G. 1961. The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals. London.
- DESPARMET, A.: Etude géologique détaillée des environs du "Monasterio de Piedra" (Province de Saragosse, Espagne). Mémoire Fac. Sc. Dijon 105 pp. 1967.
- DESPARMET, R.: Etude géologique de la región de Alhama de Aragón (Province de Saragosse, Espagne). Mémoire Fac. Sc. Amiens (D.E.S. 70 pp. 1968).
- GRIM, R. E. 1968. Clay Mineralogy. MC Graw-Hill Book Company, 2ª Ed. New York, 579 págs.
- GUTIERREZ MAROTO, A.: Estudio Metalogénico en la rama occidental del zócalo de la Cordillera Ibérica (prov. Soria-Zaragoza). Tesis Doctoral, Madrid, Universidad Autónoma p.p. 257, 1979.
- GUTIERREZ MAROTO, A. y MONSEUR, G.: Interferencia del metalosector y mineralización plomo-argentífero de Peñalcazar. *Tecniterrae* n.º 33, pp. 39-47. Madrid 1980.
- GUTIERREZ MAROTO, A. y MONSEUR, G.: Mineralizaciones estratoligadas en el tremadociense de la rama occidental del zócalo de la cordillera Ibérica, Prov. Soria, Zaragoza. VIII Cong. Geol. Argentino. Actas II, pp. 705-729. San Luis, 1981.
- JOSOPAIT, V.: Das Kambrium und das Tremadoc von Ateca (Westliche Iberische Ketten, NE-Spanien) Münster. *Forsch. Geol. Paläont. Münster*, 23, 121 pp. 1972.
- JULIVERT, M., FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A. y CONDE, L.: Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares. *Inst. Geol. y Min. de España*, Madrid, 113 pp. 1974.
- LOTZE, F.: Das Kambrium Spaniens. *Math. Nat. Klasse*. 1961.

- MICHOT, P.: Classification et terminologie des roches lapidifiées de la serie psammito-péltique. Ann. Soc. Geol. de Belgique, Liège, 81, 312-342. 1958.
- MONSEUR, G.; GUTIERREZ MAROTO, A.; MORCILLO LOPEZ, E.; GUIJARRO, J.: Control lito-estratigráfico y tectónico de la mineralización plomo-argentífero de Peñalcazar (Soria, España). Rev. Iberoam. Crist. Miner. Metalogen, n.º 1 pp. 77-99, Madrid 1978.
- PALLARD, B.: Permis "Alameda". Rapport de fin d'étape sur le contexte géologique des minéralisations Cu, Zn, Pb, Ag du Tremadoc des Chaines Ibériques Occidentales (Provinces de Soria et Saragosse) Madrid: Peñarroya-España, Geología e Investigación (inédito) 1974-75.
- RIBA, O.: Estudio geológico de la Sierra de Albarracín. Inst. "Lucas Mallada", C.S.I.C., Madrid, 16, 283 pp. 1959.
- RIBA, O. y RIOS, J. M.: Observations sur structure du secteur Sud.Ouest de la chaîne ibérique (Espagne). In: Livre Mén. Professeur Paul Fallot, 1, Soc. Geol. France, Men. Hors. Sér., 275-190, 1969-62.
- SCHMITZ, V.: Stratigraphie und sedimentologie im Kambrium und Tremadoc der Westlichen Iberischen Ketten nördlich Ateca (Zaragoza, NE-Spanien). Münster. Forsch. Geol. Paläont., Münster, 22, 123 pp. 1971.

Recibido para publicación: 2-II-84.

ESTIMACION DE PARAMETROS EN ISOTERMAS DE ADSORCION POR EL METODO DEL SIMPLEX. APLICACION A LA ISOTERMA DE LANGMUIR PARA LA ADSORCION DE FOSFATOS POR SUELOS.*

Por

Santa Cruz, F., M.G. Guillén, F.G. Fernández y M. Caro
Departamento de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia.

SUMMARY

PARAMETER ESTIMATION IN ADSORPTION ISOTHERMS BY THE SIMPLEX METHOD. APPLICATION TO THE LANGMUIR EQUATIONS OF THE PHOSPHATE ADSORPTION BY CALCAREOUS SOILS.

A wide review of the Langmuir isotherm application to the adsorption of phosphate by soil is presented.

The simplex method is applied to the parameter estimation of the Langmuir equation and its modifications (Gunary, Langmuir two-surface, Sibbesen and Sibbesen two-surface) in the phosphate adsorption for calcareous soils belonging to the Aridisol, Entisol, Mollisol and Inceptisol orders.

The use of non-linear regression methods (simplex, Rosenbrock, etc.) offer great advantage (best fit goodness) versus those of linearization which must be left.

ANTECEDENTES

El proceso de determinación de las constantes ("parámetros") que aparecen en los modelos matemáticos, teóricos o empíricos, a partir de medidas de las variables, se denomina usualmente estimación de parámetros. Los parámetros obtenidos pueden tener o no un significado físico directo.

La denominación "estimación de parámetros" no es aceptada universalmente. Otros términos utilizados son: mínimos cuadrados no lineales, estimación no lineal, regresión no lineal e identificación de sistemas, aunque los últimos algunas veces se emplean con un sentido completamente diferente. El término "estimación" se utiliza en estadística e "identificación de sistemas" en ingeniería (Bard, 1974; Beck y Arnold, 1977; Daniel y Wood, 1980).

En un trabajo anterior, Guillén et al. (1983), han considerado los antecedentes de la estimación de parámetros por el método del simplex (algoritmo o estrategia eficaz que no requiere gran número de experiencias ni los cálculos complejos de otros métodos) y su aplicación al caso

* Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto N.º 612-140 "Clasificación, cartografía y condiciones de fertilidad de los suelos de la zona sur-oriental de España", subvencionado por el CSIC.

de la isoterma de Freundlich y modificaciones para la adsorción de fosfato por suelos, demostrando que el ajuste de los datos experimentales al modelo mejora notablemente.

Ecuaciones de Langmuir y adsorción de fosfato por suelos

La isoterma inicial fué desarrollada por Langmuir (1916, 1918) para describir la adsorción de gases por sólidos y posteriormente se ha extendido para describir las reacciones sólido-solución en suelos.

Mientras que la isoterma de Freundlich se introdujo inicialmente como una ecuación puramente empírica cuyas constantes no tenían una significación física, el desarrollo de la ecuación de Langmuir está basado en criterios físico-químicos, partiendo de la suposición de que la energía de adsorción no varía con la saturación superficial y sus constantes tienen un significado físico cuantitativo.

La forma típica de la ecuación de Langmuir es:

$$m = \frac{ABC}{1+BC} \quad (1)$$

donde m es la cantidad de soluto adsorbida por la matriz del suelo, C la concentración de soluto en la disolución del suelo, A la cantidad máxima de soluto que puede ser adsorbida por la matriz del suelo, un parámetro de capacidad, y B una constante relacionada con la energía de adsorción, es decir un parámetro de afinidad.

Se ha demostrado (Graham, 1953, Shapiro y Fried, 1959, Aveyard y Haydon, 1973) que B es equivalente a la constante de equilibrio de la reacción de sorción. De acuerdo con ello, se puede calcular la energía libre de sorción usando la relación $\Delta G = -RT \ln B$ (Graham, 1953).

Frecuentemente, la ecuación (1) se lineariza, de la forma:

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{AB} + \frac{C}{A} \quad (2)$$

donde la pendiente, $1/A$, permite calcular el parámetro de capacidad y la intersección con el eje de adsorciones, $1/AB$, junto con el valor de la pendiente, el parámetro de afinidad.

Otras formas lineales de la ecuación de Langmuir menos usuales son las siguientes:

$$m = A - \frac{1}{B} \frac{m}{C} \quad (3)$$

o bien

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{A} + \frac{1}{AB} \frac{1}{C} \quad (4)$$

Las ecuaciones (2) (3) y (4) se conocen comunmente por bioquímicos y fisiólogos, como de Hanes, Eadie o Eadie-Hofstee y Lineweaver-Burk respectivamente (Dowd y Riggs, 1965; Syers et al. 1973; González Carcedo y Pérez Mateos, 1982).

En un estudio de simulación con ordenador de los méritos relativos de estas tres ecuaciones (2) (3) y (4), realizado por Dowd y Riggs (1965), se concluye que los ajustes estadísticos de los datos a la ecuación (3) para obtener los valores de los parámetros A y B, son más fidedignos que los efectuados mediante la ecuación (2), supuesto que el error en la medición de m es relativamente grande. Si los errores de medida son pequeños, cualquiera de las ecuaciones (2) ó (3) darán valores seguros de los parámetros A y B, aunque la ecuación (3) tiende a mostrar mejor las desviaciones de la linealidad. Por esto, a menos que m se conozca de forma muy precisa, el diagrama usual de la ecuación (2) puede no exhibir desviaciones como lo haría un diagrama con la ecuación (3). Por otra parte, la transformación (4), que corresponde al método "doble recíproco" de graficar datos cinéticos, resulta siempre la menos segura, cualquiera que sea el error supuesto en la medida de m, por lo que Dowd y Riggs (1965) sugieren que no debe utilizarse como método de estimación de parámetros a partir de datos experimentales.

La isoterma de adsorción de Langmuir se ha usado extensivamente para describir la sorción de solutos por el suelo. Por ejemplo, esta ecuación describe adecuadamente la sorción de potasio, cadmio, plomo, zinc, aluminio, manganeso, boro y especialmente fosfato.

Los primeros investigadores que han utilizado la isoterma de Langmuir, para calcular la adsorción máxima de fosfato en suelos, han sido Olsen y Watanabe (1957), Rennie y McKercher (1959) y Woodruff y Kamprath (1965).

Khasawneh y Copeland (1973) encuentran que los resultados de la adsorción de fósforo por algodón se expresan mejor utilizando un factor de reposición definido por Khasawneh (1971) que cuando se utilizan solo los parámetros cantidad o intensidad. Este factor es el resultado de la interacción de tres parámetros interrelacionados, cantidad, intensidad y capacidad tampón, los dos primeros normalmente relacionados por una ecuación tipo Langmuir.

Dalal y Hallsworth (1976, 1977), empleando la ecuación simple de Langmuir, determinan la capacidad tampón potencial y la capacidad tampón máxima, para la adsorción de fosfato por suelos.

Taylor y Ellis (1978) investigan el mecanismo de la adsorción de fosfato sobre suelo y resinas de intercambio aniónico, para bajas concentraciones de equilibrio, con la ayuda de la isoterma de Langmuir.

Hernando y Eleizalde (1981) estudian la relación Q/I de fosfato en suelos aluviales y autóctonos utilizando la ecuación de Langmuir, a partir de la cual calculan la adsorción máxima y la constante de enlace.

Eleizalde y Fernández (1982), utilizan la relación Q/I, definida por la isoterma de Langmuir, para estudiar la adsorción de fosfato

por suelos salinos del valle del Ebro y calcular la adsorción máxima y la constante de enlace de los suelos considerados.

Eleizalde et al. (1983), en un estudio de la influencia de los factores de fertilidad del suelo sobre la absorción de fosfato en el crecimiento de rye-grass en suelos salinos, encuentran que la absorción de fosfato estuvo gobernada por el factor de reposición de Khasawneh (1971), con una absorción máxima, en casi todos los suelos, para el valor 4 de este factor.

Keramides y Polyzopoulos (1983) utilizan la isoterma de Langmuir para calcular la capacidad de tamponación máxima, en un estudio de la adsorción de fosfato por Alfisoles.

La ecuación simple de Langmuir (1), ha sido modificada también, postulando que existe más de una superficie discreta. Para suelos, Syers et al (1973), Holford et al. (1974), Holford y Mattingly (1975, 1976a, 1976b), Holford (1978), Rajan (1975a, 1975b), Rajan y Fox (1975) y Rajan y Perrot (1975), utilizan ecuaciones de Langmuir con términos para dos tipos de superficies con diferentes afinidades y capacidades máximas de adsorción:

$$m = \frac{A_1 B_1 C}{1 + B_1 C} + \frac{A_2 B_2 C}{1 + B_2 C} \quad (5)$$

donde los subíndices se refieren a las dos superficies postuladas.

Holford et al. (1974) encuentran que las relaciones entre los parámetros A_1/A_2 y B_1/B_2 de la ecuación doble de Langmuir aplicada a la adsorción de fosfatos en suelos, son próximas a 0,3 y 100 respectivamente.

Holford y Mattingly (1976a) emplean la ecuación doble de Langmuir para obtener una característica de adsorción de fosfato, la capacidad tampón máxima, que integra los componentes intensivos y extensivos de la adsorción y que es prácticamente constante hasta la proximidad de la saturación de la superficie de alta energía de adsorción, disminuyendo entonces rápidamente hasta alcanzar el valor correspondiente a la superficie de menor energía de adsorción. Derivando la ecuación (5), obtienen la capacidad tampón de equilibrio para cualquier concentración de fosfato en suelos:

$$\frac{dm}{dC} = \frac{A_1 B_1}{(1 + B_1 C)^2} + \frac{A_2 B_2}{(1 + B_2 C)^2} \quad (6)$$

y la capacidad tampón máxima:

$$\left(\frac{dm}{dC}\right)_{C \rightarrow 0} = A_1 B_1 + A_2 B_2 \quad (7)$$

Holford (1979) utiliza siete índices de tamponación de fosfato para determinar la varianza adicional explicada, al adicionar cada índice a

la regresión: *absorción de fósforo por la planta vs. fosfato lábil del suelo*. De estos siete índices, tres son las pendientes máximas de las isothermas del Langmuir (simple o doble), y dos, las pendientes de la tangente para la misma isoterma.

Mead (1981) compara las ecuaciones de Langmuir, Freundlich y Temkin, para describir las propiedades de adsorción de fosfato por suelos, y encuentra que el mejor ajuste a los datos se obtiene con la doble de Langmuir.

Cabrera et al. (1977) y Arambarri et al. (1984) han estudiado la adsorción de fosfato sobre diversos óxidos metálicos y suelos, aplicando los modelos de adsorción de Freundlich y Langmuir, previas transformaciones lineales.

Ryden et al. (1977, a,b) en un estudio sobre la adsorción de fosfato por suelos y óxidos de hierro amorfos, utilizan la isoterma triple de Langmuir para describir los resultados experimentales. Consideran que de los tres tipos de puntos o sitios de adsorción propuestos, dos de ellos están cargados positivamente o son neutros y son responsables de la adsorción química, mientras que el tercer grupo, es responsable de la adsorción física.

Griffin y Au (1977) y Harter y Baker (1977, 1978), señalan que la naturaleza curvilínea del diagrama de C/m frente a C puede explicarse por la presencia de iones desorbidos en la solución de equilibrio mejor que por la existencia de múltiples centros o puntos de adsorción. Harter y Baker (1977) utilizan la ecuación competitiva de Langmuir propuesta por Boyd et al. (1947).

$$\frac{C_1/C_2}{m_1} = \frac{B_2}{B_1 A} + \frac{1}{A} \frac{C_1}{C_2} \quad (8)$$

donde los subíndices 1 y 2 se refieren, respectivamente, al ión adsorbato y al ión presente originalmente sobre la superficie adsorbente. La dificultad para la aplicación de esta ecuación radica en que es necesario conocer C_2 (concentración de ión o iones desorbidos en la disolución de equilibrio).

Sposito (1979), usando la mecánica estadística, deriva de forma inédita y rigurosa la ecuación de la isoterma de adsorción de Langmuir, que es apropiada para las reacciones de intercambio en suelos. Sin embargo, Posner y Bowden (1980), afirman que, excepto bajo condiciones muy restringidas, ni la isoterma de Langmuir, ni combinaciones de la misma, proporcionan una descripción real de la adsorción de fosfato por suelos, ya que la hipótesis en la que se basa esta ecuación (carencia de interacción entre las especies adsorbidas) no es cierta cuando estas especies están cargadas y su adsorción cambia la carga sobre la superficie adsorbente. El uso de la isoterma de Langmuir en estos casos, sólo puede justificarse desde un punto de vista pragmático, no mecánico.

Elprince y Sposito (1981) obtienen, mediante consideraciones ter-

modinámicas, ecuaciones del tipo Langmuir con parámetros de significado químico (constantes de afinidad), para procesos de intercambio de iones homovalentes y heterovalentes en suelos y para reacciones de fijación aniónica en las que el anión es capaz de formar un precipitado insoluble con algún catión de cambio. Señalan que aunque el intercambiador no puede en general considerarse como una disolución sólida ideal, lo que haría inaplicable la ecuación de Langmuir, sin embargo, para sistemas con baja concentración de un ión en un electrolito soporte, la relación de coeficientes de actividad en la fase sólida sería constante y una ecuación del tipo de la de Langmuir podría describir con precisión ese tramo de la isoterma de intercambio. También demuestran que las isotermas de fijación aniónica pueden describirse completamente resolviendo simultáneamente tres ecuaciones: Un producto de solubilidad, una ecuación tradicional del tipo Langmuir para intercambio catiónico, y una ecuación de equivalencia.

Harter y Smith (1981), consideran los problemas e imprecisiones que se han encontrado al emplear la ecuación de Langmuir y aunque no sugieren que sea abandonada por completo, sí proponen que su uso no sea universal.

Olsen y Khasawneh (1981) indican que son necesarios por lo menos tres factores ligados a la ecuación de Langmuir, cantidad, intensidad y capacidad tampón, para determinar la relación funcional entre la absorción y el estado del fósforo en el suelo.

Sposito (1982) emplea la transformada de Stieltjes como representación matemática rigurosa de una isoterma de sorción para demostrar un teorema sobre la ecuación doble de Langmuir.

Diversos investigadores (Gunary, 1970; Bache y Williams, 1971; Holford et al. 1974; Ballaux y Peasle, 1975), han encontrado que los diagramas obtenidos según la ecuación (2), en el caso de la adsorción de fosfato por los suelos, no son lineales, sino que ofrecen curvaturas, lo que ha conducido a proponer otras modificaciones de la ecuación (1). Una de ellas, debida a Gunary, (1970) es:

$$\frac{C}{m} = A + BC + D\sqrt{C} \quad (9)$$

que también puede expresarse como:

$$\frac{1}{m} = B + \frac{A}{C} + \frac{D}{\sqrt{C}} \quad (10)$$

De esta última puede calcularse la adsorción máxima $= \frac{1}{B}$, ya que cuando $C \rightarrow \infty$, $m \rightarrow 1/B$.

La comparación de la ecuación (9) con la (2), muestra que esta última es equivalente a la primera, añadiendo un término con raíz cuadrada para describir la curvatura observada cuando se representa gráficamente C/m frente a C . Gunary (1970) interpreta esta curvatura admitiendo que el suelo adsorbe una pequeña cantidad de fosfato fuertemente,

una cantidad ligeramente mayor con menos firmeza y así sucesivamente, es decir, suponiendo una afinidad decreciente con la adsorción creciente.

Sibbesen (1981) considerando que los suelos son sistemas complejos con superficies de heterogeneidad desconocida, lo que dificulta el conocimiento del comportamiento de los iones fosfato en el sistema suelo-disolución del suelo y por tanto, el establecimiento de un modelo mecanicista para describir la adsorción de P por los suelos, propone una modificación empírica de la ecuación de Langmuir, que trata de describir los procesos de sorción actuales:

$$m = \frac{ABC^{-E}C}{1+BC^{-E}C} \quad (11)$$

en la cual la constante A puede asimilarse al parámetro que gobierna la posición de las curvas, el término BC^{-E} representa el parámetro que determina su forma y que varía con la concentración de soluto C y E es una constante.

Por analogía con la ecuación (7), proponemos en este trabajo la siguiente:

$$m = \frac{A_1 B_1 C^{-E_1} C}{1+B_1 C^{-E_1} C} + \frac{A_2 B_2 C^{-E_2} C}{1+B_2 C^{-E_2} C} \quad (12)$$

que puede considerarse como una ecuación doble de Sibbesen, no utilizada hasta el momento en la bibliografía.

Otros investigadores (Larsen, 1967; Barrow, 1978, Parfit, 1978, Travis y Etnier, 1981), han publicado revisiones sobre la adsorción de fosfatos y solutos por suelos, en las que se comentan diversos modelos de adsorción usados corrientemente para describir la sorción de solutos reactivos por suelos.

El objetivo del presente trabajo, es determinar utilizando el método del simplex, los parámetros de las ecuaciones de adsorción del tipo Langmuir y modificaciones, aplicándolas al caso de la adsorción de fosfato por suelos calizos.

MATERIAL Y METODOS

Los datos de adsorción de fosfatos utilizados, proceden de otros trabajos anteriores (Bolarín et al. 1981, Guillén et al. 1983), y corresponden a 4 suelos de los órdenes Aridisol (Muestras 1-6), Entisol (muestras 7-9), Mollisol (Muestras 10-13) e Inceptisol (Muestras 14-17).

Las concentraciones de fosfato se expresan en $\mu\text{mol/L}$ (μM), el fosfato adsorbido en $\mu\text{mol/g}$, los valores de A en μmol de P/g de suelo, y los de B en $\text{L}/\mu\text{mol}$ de P, unidades del SI.

Las ecuaciones estudiadas han sido las siguientes, citadas con la numeración con que aparecen en el texto:

N.º Ref. en el texto	Ecuación	Procedimiento
(1)	Langmuir simple	Simplex y Rosenbrock
(2)	Langmuir simple	linearización (Hanes)
(3)	Langmuir simple	linearización (Eadie)
(4)	Langmuir simple	linearización (Lineweaver-Burk)
(5)	Langmuir doble	Simplex y Rosenbrock
(10)	Modificación de Gunary	Simplex y Rosenbrock
(11)	Modificación de Sibbesen	Simplex y Rosenbrock
(12)	Sibbesen doble	Simplex y Rosenbrock

No se ha utilizado la ecuación (8), propuesta por Boyd, por no disponer de los datos de concentración de iones desorbidos en la disolución de equilibrio.

Se ha incluido la ecuación (12), que se propone en este trabajo como modificación doble de la de Sibbesen, por analogía con la doble de Langmuir propuesta por Holford y Mattingly (1975).

Para la estimación de parámetros se ha utilizado el método del simplex modificado (Nelder y Mead, 1965), con el programa SIMFAS, en lenguaje HPL. Como método comprobatorio se ha empleado el algoritmo de Rosenbrock (1960). Como criterio de la bondad de los ajustes se ha considerado la relación entre la suma de cuadrados residuales o del error y la suma de cuadrados totales (SCE/SCT).

Los cálculos se han realizado en un ordenador HP 9825 A.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I figuran los valores de los parámetros A y B de la ecuación (1) obtenidos por el método del simplex, y de las (2), (3), y (4), mediante un proceso de linearización. De la comparación de estos valores se deduce que la bondad del ajuste, medida por la relación (SCE/SCT) $\times 10^3$, disminuye en el orden citado, ya que esta relación aumenta de forma apreciable. Existen diferencias importantes entre los valores obtenidos por los dos procedimientos, con una ventaja clara a favor de los alcanzados con el simplex. Por otra parte, las tres ecuaciones linearizadas, discrepan en sus resultados, observándose la misma tendencia ya citada por Dowd y Riggs (1965) y Veith y Sposito (1977).

Estas discrepancias numéricas observadas entre los valores de los parámetros al utilizar métodos de regresión no lineal y linearizando la ecuación, no son admisibles y la única excusa válida para no realizar un ajuste de modelos por un procedimiento riguroso, sería la carencia de ordenadores, excusa que en la actualidad no es aceptable, pues cualquier centro de investigación dispone de ellos. Deming (1943), Went-

TABLA I
Parámetros y ajustes en las ecuaciones de Langmuir (1), (2), (3) y (4)

Suelo	Simplex (1)			Linearizadas								
				(2)			(3)			(4)		
	A	B.10 ³	(SCE/SCT) x10 ³	A	B.10 ³	(SCE/SCT) x10 ³	A	B.10 ³	(SCE/SCT) x10 ³	A	B.10 ³	(SCE/SCT) x10 ³
1	9,47	5,47	25,60	9,09	7,03	33,21	7,26	17,33	109,92	6,41	22,51	207,17
2	10,17	6,72	22,35	9,81	8,71	30,50	7,86	22,88	114,36	6,92	29,88	219,34
3	10,21	7,45	30,59	9,94	9,54	39,33	7,77	31,94	146,19	6,83	41,68	258,33
4	8,92	7,02	55,75	8,69	9,12	65,51	6,73	38,08	177,02	6,06	47,59	261,06
5	11,07	5,28	53,96	10,24	8,05	68,81	7,51	38,51	223,41	6,51	50,87	353,49
6	9,16	6,85	48,21	8,87	9,04	58,15	6,84	37,21	179,59	6,11	47,18	275,88
7	8,52	5,53	44,47	8,17	7,39	54,72	6,10	32,98	208,24	5,42	42,08	317,87
8	6,42	5,93	45,98	6,21	7,81	56,59	4,66	49,94	257,39	4,24	60,13	338,95
9	9,62	6,00	70,10	9,23	8,17	80,96	6,82	43,17	228,96	6,03	55,38	338,09
10	12,01	6,00	20,00	11,63	7,30	24,99	9,93	12,41	54,92	9,10	14,69	94,59
11	13,25	11,93	48,55	13,54	12,30	52,73	11,49	24,74	76,47	11,70	23,66	72,55
12	11,81	10,50	36,13	11,78	12,38	43,05	9,41	37,73	122,19	8,27	49,34	225,78
13	9,68	11,12	37,25	9,87	11,39	40,60	8,57	22,43	63,76	8,71	21,26	59,50
14	9,29	2,55	7,86	8,48	3,36	13,72	7,21	5,04	40,35	6,29	6,45	103,58
15	10,61	5,88	37,19	10,11	8,00	47,43	7,89	23,75	139,45	6,96	30,77	238,31
16	10,60	7,16	26,98	10,26	9,27	35,72	8,01	29,39	142,26	6,98	38,94	265,17
17	9,51	7,50	28,64	9,31	9,33	36,18	7,34	29,88	139,12	6,50	38,66	245,80
Media	.....	.....	37,62	Media	.....	46,02	Media	.....	142,56	Media	.....	227,97

TABLA II
 Parámetros y ajuste mediante el método del Simplex en la ecuación de
 Langmuir doble (5)

Suelo	A ₁	B ₁ .10 ³	A ₂	(SCE/SCT)			B ₁ /B ₂
				B ₂ .10 ³	x 10 ³	A ₁ /A ₂	
1	3,66	34,33	13,03	0,66	1,90	0,28	52,4
2	2,92	74,39	9,98	1,91	1,39	0,29	39,0
3	3,59	72,65	11,15	1,30	0,24	0,32	56,0
4	3,24	102,70	12,01	0,82	0,61	0,27	124,9
5	3,39	95,72	19,42	0,59	5,64	0,17	161,8
6	3,11	102,69	11,10	1,04	2,22	0,28	98,4
7	3,30	52,16	19,08	0,33	3,02	0,17	156,2
8	2,00	149,21	7,23	1,13	2,12	0,28	132,1
9	3,72	77,50	56,17	0,12	3,10	0,07	646,4
10	5,69	24,06	31,69	0,25	0,36	0,18	96,4
11	6,85	56,53	71,66	0,15	1,60	0,10	380,2
12	5,36	65,69	15,33	0,88	0,62	0,41	74,6
13	4,57	61,76	9,56	1,24	1,99	0,48	49,6
14	2,59	13,00	11,44	0,65	1,16	0,23	20,1
15	3,86	54,52	17,17	0,59	1,49	0,22	92,1
16	3,48	69,13	11,66	1,51	2,10	0,30	45,7
17	3,42	65,85	9,89	1,37	1,19	0,35	48,2
				Media . . .	1,81	0,26	133,8

worth (1965), Barrow (1978), Olsen y Khasawneh (1981) y Meyer (1982 a, b), insisten en la necesidad de efectuar ajustes de modelos con procedimientos rigurosos, y olvidar los métodos por linealización.

Los valores más elevados de A (adsorción máxima), corresponden a las muestras n.º 10 y 11, y el más bajo a la n.º 8.

En la Tabla II, se ofrecen los valores de los cuatro parámetros de la ecuación (5), doble de Langmuir. Puede apreciarse que la bondad del ajuste aumenta extraordinariamente con respecto al caso anterior.

Los valores más elevados de A corresponden a las muestras n.ºs 10, 11 y 12 y el más bajo a la n.º 8, resultados muy parecidos a los obtenidos con la ecuación (1).

La capacidad tampón máxima, calculada mediante la ecuación (7) ofrece el valor más alto para la muestra 11 (398 mL/g) y el más bajo para la n.º 14 (41 mL/g).

En la Tabla III, se muestran los valores de los parámetros A, B, D y E de las ecuaciones (10) y (11) de Gunary y Sibbesen obtenidos

TABLA III
*Parámetros y ajuste mediante el método del Simplex de las ecuaciones de
 Gunary (10) y Sibbesen (11).*

Suelo	Modificación de Gunary (10)				Modificación de Sibbesen (11)			
	A	B.10 ³	D	SCE/SCT x 10 ³	A	B.10 ³	E	SCE/SCT x 10 ³
1	1,19	42,4	2,31	3,33	20,31	16,25	0,449	3,83
2	1,21	47,8	1,78	2,36	18,35	22,56	0,442	2,61
3	0,22	45,4	1,80	1,74	24,87	23,15	0,517	1,74
4	-0,66	48,9	2,24	7,93	72,96	9,19	0,613	5,69
5	-0,85	25,0	2,33	11,48	43,20	14,52	0,587	5,80
6	-0,48	47,3	2,19	7,03	35,42	16,99	0,573	5,85
7	-0,84	40,7	2,82	7,07	30,11	14,31	0,539	6,38
8	-1,60	66,8	3,42	4,94	16,92	22,69	0,548	4,72
9	-1,14	32,7	2,50	15,82	30,74	16,99	0,540	15,42
10	1,91	35,5	1,64	2,41	22,88	16,77	0,415	3,20
11	0,22	35,6	1,12	12,30	38,29	25,15	0,541	12,14
12	0,17	43,2	1,27	3,73	27,23	30,56	0,528	3,69
13	0,83	61,1	1,34	6,54	15,70	37,47	0,459	7,42
14	13,08	35,5	3,05	1,26	16,05	6,11	0,304	1,46
15	-0,05	33,9	2,13	4,87	52,16	10,80	0,553	4,41
16	0,53	43,5	1,75	2,79	21,46	23,52	0,475	3,02
17	0,48	51,3	1,87	2,29	18,69	25,96	0,482	2,50
Media	.....	.....	.....	5,76	Media	.....	.....	5,29

por el método del simplex. En la ecuación de Gunary el valor más bajo de D corresponde a la muestra n.^o 11 y el más alto a la n.^o 8, el más alto de B a la n.^o 14 y en la de Sibbesen el más bajo de E a la n.^o 14. Ambas ecuaciones presentan valores medios del criterio de bondad de ajuste similares.

En la Tabla IV, se ofrecen los valores de los seis parámetros de la ecuación doble de Sibbesen (12). Esta ecuación no se ha empleado en la bibliografía consultada y por ello la ofrecemos para comparar sus resultados con los de los otros modelos. Es la que presenta un mejor ajuste de los datos experimentales. Los valores más elevados de las adsorciones máximas, A₁ y A₂, corresponden a la muestra n.^o 11.

Puede observarse el comportamiento diferencial del grupo de suelos correspondientes al Orden Mollisol, que resulta más evidente al comparar los valores de A en las ecuaciones 1, 2, 3, 4, 5, y 12.

TABLA IV
*Parámetros y ajuste mediante el método del Simplex en la modificación
propuesta (12) de la ecuación de Sibbesen.*

Suelo	A ₁	B ₁ .10 ³	E ₁	A ₂	B ₂ .10 ³	E ₂	SCE/SCT .10 ³
1	4,38	37,34	0,107	12,43	0,378	-0,063	1,82
2	2,67	67,87	-0,127	9,94	1,851	-0,020	1,35
3	4,22	75,92	0,128	11,15	0,966	-0,016	0,16
4	3,98	81,15	0,041	7,04	0,070	-0,479	0,36
5	3,61	97,68	0,063	20,29	0,469	-0,019	5,61
6	3,26	91,47	-0,050	8,73	0,455	-0,187	2,05
7	4,67	60,40	0,241	17,32	0,056	-0,231	2,24
8	1,94	138,60	-0,119	6,94	1,030	-0,030	2,11
9	4,33	84,00	0,139	55,95	0,046	-0,127	2,88
10	5,70	24,94	0,013	31,12	0,267	0,007	0,36
11	6,27	37,86	-0,225	71,36	0,156	-0,007	1,01
12	6,16	71,83	0,122	15,54	0,534	-0,045	0,53
13	3,37	25,64	-0,591	9,91	0,238	0,041	0,47
14	1,33	13,64	-0,221	11,67	1,360	0,057	1,06
15	4,06	56,96	0,046	17,28	0,511	-0,014	1,48
16	4,12	73,34	0,144	11,52	1,401	0,028	2,00
17	4,21	68,27	0,148	9,86	0,957	-0,015	1,07
					Media	.....	1,56

Deben resaltarse, lo mismo que se hacía en un trabajo anterior, relativo a la isoterma de Freundlich (Guillén et al. 1983), las grandes diferencias encontradas en los valores de los parámetros cuando se determinan por el método del simplex y por linearización de las ecuaciones correspondientes, con una clara ventaja, en cuanto a significación de la bondad del ajuste, a favor del primer procedimiento.

La comparación entre las diversas ecuaciones y métodos utilizados tanto en el trabajo relativo a la isoterma de Freundlich como en el presente, permite ofrecer la siguiente clasificación en orden decreciente de preferencias con respecto a los modelos utilizables para estudiar la adsorción de fosfato por suelos calizos, en razón del valor medio del criterio de bondad de ajuste:

N.º Orden	Ecuación (proced.) y (N.º Ref.)	(SCE/SCT).10 ³
1	Langmuir-Sibbesen doble (simplex) (12)	1,56
2	Langmuir doble (simplex) (5)	1,81
3	Fitter-Sutton (simplex)	3,71
4	Freundlich-Sibbesen (simplex)	4,52
5	Langmuir-Sibbesen (simplex) (11)	5,29
6	Gunary (simplex) (10)	5,76
7	Fitter-Sutton D de Olsen (simplex)	5,89
8	Freundlich (simplex)	7,42
9	Shayan-Davey (simplex)	25,97
10	Freundlich (linearizada)	33,29
11	Langmuir (simplex) (1)	37,62
12	Langmuir (linearizada) (2)	46,01
13	Langmuir (linearizada) (3)	142,56
14	Langmuir (linearizada) (4)	227,97

En todas las ecuaciones se ha efectuado también la determinación de parámetros por el método de Rosenbrock, obteniéndose valores idénticos a los alcanzados por el simplex.

Puede concluirse que los procesos de linearización, que se utilizan corrientemente en muchos trabajos y textos, implican errores importantes en la estimación de los parámetros de las isotermas, como ya ha quedado de manifiesto en el estudio sobre la de Freundlich (Guillén et al. 1983) y se confirma en este trabajo. Por ello, es fundamental utilizar diversos algoritmos (simplex, Marquardt, 1963, Rosenbrock, 1960, etc.) para estimar los parámetros ya que no solo se obtienen mejores ajustes en las ecuaciones ya clásicas susceptibles de ser linearizadas, sino que permite el acceso a ecuaciones no linearizables, que no son calculables por otros procedimientos. Sólo cuando no se disponga del programa y ordenador adecuado, es justificable recurrir a las linearizaciones.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a Da. María Isabel Palop Miras, Ayudante de Investigación, la mecanografía del manuscrito.

RESUMEN

Se presenta una amplia revisión bibliográfica sobre la aplicabilidad de la isoterma de Langmuir a la adsorción de fosfatos por suelos.

Se aplica el método del simplex para la estimación de parámetros de dicha ecuación y las modificaciones de Gunary, Holfrod, Sibbesen y Sibbesen doble en la adsorción de fosfatos por suelos calizos de los órdenes Aridisol, Entisol, Mollisol e Inceptisol.

Se encuentra gran ventaja, en cuanto a significación de la bondad de ajuste, en la utilización de métodos de regresión no lineal (simplex, Rosenbrock, etc) frente a los de linearización, que deben ser abandonados.

BIBLIOGRAFIA

- ARAMBARRI, P., L. MADRID y F. CABRERA. 1984. Comparación de modelos utilizados para la descripción de la adsorción de aniones por materiales del suelo. *Química e Industria*, 30, 105-111.
- AVEYARD, R. and D.A. HAYDON. 1973. *An introduction to the principles of surface chemistry*. Cambridge Univ. Press, London.
- BACHE, B.W. and E.G. WILLIAMS. 1971. A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.* 22, 289-301.
- BALLAUX, J.C. and D.E. PEASLE. 1975. Relationship between sorption and desorption of phosphorus by soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39, 275-278.
- BARD, Y. 1974. *Nonlinear parameter estimation*. Academic Press, New York, N.Y.
- BARROW, N.J. 1978. The description of phosphate adsorption curves. *J. Soil Sci.* 29, 447-462.
- BECK, J.V. and K.J. ARNOLD. 1977. *Parameter estimation in engineering and science*. Wiley, New York, N.Y.
- BOLARIN, M.C.; F. SANTA CRUZ, F.G. FERNANDEZ y M. ROMERO. 1981. Adsorción de fosfato en suelos calizos. I. Ajuste a distintas isoterma. Parámetros de adsorción. *An. Edaf. Agrob.* XL, 589-599.
- BOYD, G.E., J. SCHUBERT and A.W. ADAMSON. 1947. The exchange adsorption of ions from aqueous solutions by organic zeolites. I. Ion-exchange equilibria. *J. Am. Chem. Soc.* 69, 2818-2829.
- CABRERA, F., P. de ARAMBARRI y L. MADRID. 1977. Isotermas de adsorción y cinética de la adsorción de fosfato sobre óxidos de hierro, aluminio, cromo, manganeso y titanio. *An. Edaf. Agrob.* XXXVI, 847-858.
- DALAL, R.C. and E.G. HALLSWORTH. 1976. Evaluation of the parameters of soil phosphorus availability factors in predicting yield response and phosphorus uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40, 541-546.
- DALAL, R.C. and E.G. HALLSWORTH. 1977. Measurement of isotopic exchangeable soil phosphorus and interrelationship among parameters of quantity, intensity and capacity factors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 81-86.
- DANIEL, C. and F.S. WOOD. 1980. *Fitting equations to data*. 2nd. Ed. New York. John Wiley and Sons, Inc.
- DEMING, W.E. 1943. *Statistical adjustment of data*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- DOWD, J.E., and D.S. RIGGS. 1965. A comparison of estimate of Michaelis-Menten kinetic constants from various linear transformations. *J. Biol. Chem.* 240, 863-869.
- ELEIZALDE, B y M. FERNANDEZ. 1982. Q/I ratio in saline soils belonging to the Ebro Valley (Spain). *An. Edaf. Agrob.* XLI, 271-281.
- ELEIZALDE, B., M. FERNANDEZ and P. DIAZ. 1983. Influence of the soil fertility factors on the P absorption of rye-grass grown in saline soils. *An. Edaf. Agrob.* XLII, 531-543.
- ELPRINCE, A.M. and G. SPOSITO. 1981. Thermodynamic derivation of equations of the Langmuir type for ion equilibria in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 277-282.
- GONZALEZ CARCEDO, S. y M. PEREZ MATEOS. 1982. Estudios cinéticos de la actividad ureásica en suelos calizos. *An. Edaf. Agrob.* XLI, 2335-2343.
- GRAHAM, D. 1953. The characterisation of physical adsorption systems. I. The equilibrium function and the standard free energy of adsorption. *J. Phys. Chem.* 57, 665-689.

- GRIFFIN, R.A. and A.K. AU. 1977. Lead adsorption by montmorillonite using a competitive Langmuir equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 880-882.
- GUILLEN, M.G., F. SANTA CRUZ y M.C. BOLARIN. 1983. Estimación de parámetros en isotermas de adsorción por el método del simplex. Aplicación a la isoterma de Freundlich para la adsorción de fosfato por suelos. *An. Edaf. Agrob. XLII.*, 1101-1110.
- GUNARY, D. A new adsorption isotherm for phosphate in soil. *J. Soil Sci.* 21, 72-77.
- HARTER, R.D. and D.E. BAKER. 1977. Application and misapplication of the Langmuir equation to soil adsorption phenomena. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 1077-1080.
- HARTER, R.D. and D.E. BAKER. 1978. Further reflections on the use of the Langmuir equation in soils research. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 987-988.
- HARTER, R.D. and G. SMITH. 1981. Langmuir equation and alternate methods of studying "adsorption" reactions in soils. En R.H. Dowdy et al. (ed) *Chemistry in the soil environment*. ASA Spec. Pub. no. 40, Soil Sci. Soc. of Am. Madison, Wis.
- HERNANDO, V. y ELEIZALDE, B. 1981. Influencia del carbonato y contenido de arcilla sobre la relación Q/I del P en suelos. *An. Edaf. Agrob. XL*, 573-587.
- HOLFORD, I.C.R. 1978. Soil adsorption phenomena and the Langmuir equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 986-987.
- HOLFORD, I.C.R. 1979. Evaluation of soil phosphate buffering indices. *Aust. J. Soil. Res.* 17, 495-504.
- HOLFORD I.C.R., R.W.M. WEDDERBURN and G.E.G. MATTINGLY. 1974. A Langmuir two-surface equation as a model for phosphate adsorption by soils. *J. Soil Sci.* 25, 242-255.
- HOLFORD, I.C.R. and G.E.G. MATTINGLY. 1975. The high and low-energy phosphate adsorbing surfaces in calcareous soils. *J. Soil Sci.* 26, 407-417.
- HOLFORD, I.C.R. and G.E.G. MATTINGLY. 1976a. A model for the behaviour of labile phosphate in soil. *Plant and Soil* 44, 219-229.
- HOLFORD, I.C.R. and G.E.G. MATTINGLY. 1976b. Phosphate adsorption and availability plant of phosphate. *Plant and Soil* 44, 377-389.
- KERAMIDES, V.Z. and N.A. POLYZOPOULOS. 1983. Phosphorus intensity, quantity, and capacity factors of representative alfisols of Greece. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 232-236.
- KHASAWNEH, F.E. 1971. Solution ion activity and plant growth. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35, 426-436.
- KHASAWNEH, F.E. and J.P. COPELAND. 1973. Cotton root growth and uptake of nutrients: Relation of phosphorus uptake to quantity, intensity and buffering capacity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37, 250-254.
- LANGMUIR, I. 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part 1. *Soils. J. Am. Chem. Soc.* 38, 2221-2295.
- LANGMUIR, I. 1918. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. Am. Chem. Soc.* 40, 1361-1402.
- LARSEN, S. 1967. Soil phosphorus. *Adv. Agron.* 19, 151-210.
- MARQUARDT, D.W. 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Ind. Appl. Math.* 11, 431-441.
- MEAD, J.A. 1981. A comparison of the Langmuir, Freundlich and Temkin equations to describe phosphate adsorption properties of soils. *Aust. J. Soil Res.* 19, 333-342.
- MEYER, E.F. 1982a. Comments on curve-fitting methods. *Anal. Chem.* 54, 1878-1879.
- MEYER, E.F. 1982b. Proper curve fitting is not difficult. *Anal. Chem.* 54, 1104A.
- NELDER, J.A. and R. MEAD. 1965. A simplex method for function minimization. *Comput. J.* 7, 308-13.
- OLSEN, S.R. and F.E. KHASAWNEH. 1980. Use and limitation of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. En Khasawneh F.E. (ed) *The role of phosphorus in agriculture*. p. 361-410. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- OLSEN, S.R. and F.S. WATANABE. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21, 144-149.
- PARFITT, R.L. 1978. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.* 30, 1-50.
- POSNER, A.M. and J.W. BOWDEN. 1980. Adsorption isotherms: Should they be split? *J. Soil Sci.* 31, 1-10.
- RAJAN, S.S.S. 1975a. Phosphate adsorption and the displacement of structural silicon in an allophane clay. *J. Soil Sci.* 26, 250-256.
- RAJAN, S.S.S. 1975b. Mechanism of phosphate adsorption by allophane clays. *N.Z.J. Sci.* 18, 93-101.

- RAJAN, S.S.S. and R.L. FOX. 1975. Phosphate adsorption by soils: II. Reactions in tropical acid soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39, 846-851.
- RAJAN, S.S.S. and K.W. PERROTT. 1975. Phosphate adsorption by synthetic amorphous alumino silicates. *J. Soil Sci.* 26, 257-266.
- RENNIE, D.A. and R.B. McKERCHER. 1959. Adsorption of phosphorus by four Saskatchewan soils. *Can. J. Soil. Sci.* 39, 64-75.
- ROSENBROCK, H.H. 1960. An automatic method for finding the greatest or least value of a function. *Comput. J.* 3, 175-184.
- RYDEN, J.C. J.K. SYERS, and J.R. McLAUGHLIN, 1977a. Effects of ionic strength on chemisorption and potential-determining sorption of phosphate by soils. *J. Soil Sci.* 28, 62-71.
- RYDEN, J.C., J.R. McLAUGHLIN, and J.K. SYERS. 1977b. Mechanisms of phosphate sorption by soils and hydrous ferric oxide gel. *J. Soil Sci.* 28, 72-92.
- SHAPIRO, R.E. and M. FRIED. 1959. Relative release and retentiveness of soil phosphate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23, 195-198.
- SIBBESEN, E. 1981. Some new equations to describe phosphate sorption by soils. *J. Soil Sci.* 32, 67-74.
- SPOSITO, G. 1979. Derivation of the Langmuir equation for ion exchange reactions in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43, 197-198.
- SPOSITO, G. 1982. On the use of the Langmuir equation in the interpretation of "adsorption" phenomena: II. The "two-surface" Langmuir equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46, 1147-1152.
- SYERS, J.K., M.G. BROWMAN, G.W. SMILLIE, and R.B. COREY. 1973. Phosphate sorption by soils evaluated by the Langmuir adsorption equation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37, 358-363.
- TAYLOR, R.W. and B.G. ELLIS. 1978. A mechanism of phosphate adsorption on soil and anion exchange resin surfaces. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 432-436.
- TRAVIS, C.C. and E.L. ETNIER. 1981. A survey of sorption relationships for reactive solutes in soil. *J. Environ. Qual.* 10, 8-17.
- VEITH, J.A. and G. SPOSITO. 1977. On the use of the Langmuir equation in the interpretation of "adsorption" phenomena. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 697-702.
- WENTWORTH, W.E. 1965. Rigorous least squares adjustment. Application to some non-linear equations. I y II. *J. Chem. Educ.* 42, 96-103, 162-167.
- WOODRUFF, J.R. and E.J. KAMPRATH. 1965. Phosphorus adsorption maximum as measured by the Langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 29, 148-150.

Recibido para publicación: 22-VI-84.

NORMAS PARA LA COLABORACION EN "ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA"

1.^a *Envío*.— Los trabajos que se remitan para su publicación en ANALES DE EDAFOLOGIA 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. Deberán enviarse por duplicado.

2.^a *Título*.— El título de los trabajos deberá ser muy claro y preciso, reflejando su contenido. Seguidamente se indicará nombre y apellidos de los autores, Centro donde ha sido realizado y fecha de envío a la REVISTA. También se incluirá el título abreviado.

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 con su título. 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. Población (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 incompreensión.

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 mansera 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 **espaciadas**.

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 el autor 25 separatas. A petición de éste —hecha constar por escrito en la cubierta del original— podrán servírsele, 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 EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

Publicados por el INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA "JOSE M.^a Albareda", del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Integrado por los Centros:

Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.	Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.
Centro de Investigaciones Agrícolas de Badajoz.	Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.
Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife.	Departamento de Economía Agraria. Madrid. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia.	Estación Experimental de Zonas Áridas. 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 de León.
Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.	Estación Experimental "La Mayora". Málaga.

Con la colaboración de los Organismos siguientes:

Instituto de Zootecnia de Córdoba; Instituto "Jaime Ferrán" de Microbiología, Madrid; Instituto de Biología Celular, Madrid; Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca, Huesca; Instituto de Biología del Tabaco, Sevilla; Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas; Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas); Sociedad Española de Ciencia del Suelo; Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

Cátedras de:

Edafología, Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Madrid; Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada; Edafología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid; Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela; Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona; Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Navarra; Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia; Fisiología Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago; Fisiología Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada; Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca; Química Agrícola. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

Consejo de Anales de Edafología:

Presidente: D. Angel Hoyos de Castro.

D. Luis J. Alías Pérez, D. Julio Boza López, D. Manuel Chaves Sánchez, D. Enrique Fernández Caldas, D. Antonio García Rodríguez, D. José García Vicente, D. Miguej Gerardo Guillén López, D. Francisco Guitián Ojea, D. José Manuel Gómez Gutiérrez, D. Gaspar González González, D. Antonio Guerra Delgado, D. Joaquín Herrero Catalina, D. Luis Jimeno Martín, D. Manuel Lachica Garrido, D. José Martín Aranda, D. Pedro Montserrat Recoder, D. Angel Ortuño Martínez, D. Luis Recalde Martínez, D. Andrés Suárez y Suárez, D. Francisco Velasco de Pedro, D. Ernesto Vicitez Córdizo.

Director en funciones: D. Eloy Dorado Bernal

Precios

ESPAÑA:

Suscripción anual..... 6.000 ptas.
Fascículo suelto 1.200 "

EXTRANJERO:

Suscripción anual 8.000 ptas.
Fascículo suelto 1.500 "

La correspondencia relativa a trabajos y su publicación, a:

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA
SERRANO, 115 BIS. MADRID-6 (ESPAÑA)

La correspondencia relativa a suscripciones o adquisiciones, a:

DISTRIBUCION DE PUBLICACIONES DEL C.S.I.C.
VITRUBIO, 16. MADRID-6 (ESPAÑA)



C.S.I.C.

TOMO XLIII - NUMEROS 1-2

Páginas 1-376 Enero-febrero 1984

«Anales de Edafología y Agrobiología»