

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Anal. Edaf. Tomo XXXIII. Núms. 9-10. Págs. 721-954

Madrid, Septiembre-Octubre 1974

SUMARIO

	Páginas
Estudio del equilibrio nutritivo en cultivos de chirimoyo (<i>Annona cherimolia</i>), por César González O., Miguel Fuentes y Soledad Díaz	721
Resistencia a la desecación del tejido foliar y cierre de estomas en alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) y trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L.) con relación al déficit de agua, por M. Sánchez-Díaz y M. Sánchez-Marin	748
Determinación del calor isostérico y consideraciones sobre el mecanismo de la adsorción de fosfato por óxidos de hierro, por L. Madrid, F. Cabrera, P. de Arambarri y E. Díaz	755
Studies on sodium-calcium exchange equilibria. II. In Egyptian soils, by M. H. Najady	767
Índices nutritivos en manzano (var. R. Delicious), por C. González O., M. Rodríguez M., J. Solé D. y A. Wylie W.	781
Caracteres de los suelos de las zonas citricolas del valle de Murcia (España), por J. A. Sánchez F., F. Artes y J. López-Tarruella	791
Estudio micromorfológico de suelos desarrollados sobre andesitas en Andalucía oriental, por J. Aguilar y M. Delgado	813
Estudio edafológico de los relieves próximos a la vega de Motril, por J. Aguilar Ruiz, A. Monge Ureña y C. Sierra Ruiz de la F.	827
Consideraciones experimentales sobre el análisis de boro en plantas, por A. León, F.-J. López-Andréu, F. Romojaro y C. Alcaraz	849
Efectos de la aplicación conjunta de fertilizantes químicos y microbianos (<i>Asotobacter</i> + <i>Fosfobacterias</i>) en cultivos «enarenados» de tomate, por R. Azcón, M. Gómez y J. M. Barea	863
Formas de calcio en suelos del piso tropical de Barbacoas, Colombia, por G. Hugo Eraso, L. Federman Ortiz y O. Hernán Burbano	879
Compuestos fenólicos en <i>Erica vagans</i> L., por J. Arinés, J. L. G. Mantilla y E. Vietez	891
Determinación de glúcidos en plantas por fotocolorimetría. Estudio comparativo de métodos clásicos y automáticos, por C. Cadahia y M. T. Piñero ...	901
 NOTAS	
Nombramiento de Consejeros Adjuntos del Patronato «Alonso de Herrera» ...	921
Nombramiento y cese de Vocales de la Junta de Gobierno del Patronato «Alonso de Herrera»	921
Fallo de los Premios «Alonso de Herrera» y «Antonio José de Cavanilles» ...	921
Propuesta del Instituto de Alimentación y Productividad Animal sobre nombramiento de Vicedirector del mismo	921
Congresos y Reuniones internacionales	922
Creación de la Comisión Conjunta de Investigación Agraria de los Ministerios de Educación y Ciencia y de Agricultura	922
Restauración y adecuación del Jardín Botánico de Madrid	924
III Reunión Nacional de Centros de Investigación Ganadera	926
Tribunales	927
Clausura del XI Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal	931
7th International Colloquium on Plant Analysis and Fertilizer Problems	932
X Congreso Internacional de Ciencia del Suelo	935
Clausura del IV Congreso de Ciencia y Tecnología de Alimentos	941
50th Anniversary Meeting of the British Society for Experimental Biology ...	942
XXIX Symposium on Symbiosis, Society for Experimental Biology	942
IV Reunión de la Sociedad Española de Microscopía Electrónica	942
Subvención de la Fundación «Barrie de la Maza» a la Misión Biológica de Galicia	942
Conferencia	943
Los universitarios y la defensa de la naturaleza	943
Seminario sobre «Tipos diferentes de costras calizas y su distribución regional».	943
Bibliografía	945



ESTUDIO DEL EQUILIBRIO NUTRITIVO EN CULTIVOS DE CHIRIMOYO (*ANNONA CHERIMOLIA*)

por

CESAR GONZALEZ O., MIGUEL FUENTES y SOLEDAD DIAZ

SUMMARY

NUTRITIONAL STATUS OF CHERIMOYA

This study covers the nutrient content (N - P - K - Ca - Mg - Fe - Mn - Zn - Cu) of dardo Floral leaves and dardo Foliar leaves in 8 varieties of custard apple (*Annona cherimolia*). The samples were taken every 30 days between the months of January and November, 1971.

The seasonal evolution of the micro and macronutrients were studied.

In order to evaluate the nutritional condition, alternative dates of samples and tissue collection are proposed.

Different criteria to relate the nutrient content with the yield is applied and values for good yield are provided.

INTRODUCCIÓN

En Chile, como en otros lugares del mundo, el chirimoyo ha encontrado buenas condiciones para su desarrollo, preferentemente en las provincias de Atacama, Coquímbo y Valparaíso, donde existen plantaciones comerciales de este cultivo. Esto ha hecho que existan elevados conocimientos experimentales sobre el manejo y respuesta a las principales labores culturales de las variedades existentes en el país.

Sin embargo, no existen mayores antecedentes respecto a los estados nutricionales, ya que no se han efectuado investigaciones al respecto.

Este trabajo tiene por objeto precisamente entregar los primeros antecedentes obtenidos a través del análisis foliar sobre estados nutricionales de cultivos de diferentes producciones y variedades, los que servirán de base para la búsqueda de mejores rendimientos, mediante fertilizaciones adecuadas.

Para ello se han elegido las variedades más representativas que se cultivan en la provincia de Coquímbo. Estas son Local núm. 1. Local

número 2, Deliciosa o Cuero de Chancho, Concha lisa, Concha núm. 2, Tumba, Canaria y Verde oscura.

Cada una de ellas posee características especiales de color, tamaño, conformación, grado sacarino, textura de la pulpa, tipo de pipa, ubicación en el árbol y adaptación al medio, que las hacen ser las más cultivadas en esa zona.

ANTECEDENTES

El chirimoyo es un cultivo subtropical que no se desarrolla en los trópicos por exceso de calor y humedad. Comparado con el limonero es menos resistente al frío; sus requerimientos climáticos son más parecidos a los de la lima. No resiste la acción de vientos calientes que queman la planta y frutos.

Las modalidades de propagación pueden ser: por semilla, por estacas, por injertación y por reinjertación.

CAMPO DE EXPERIENCIA

Las experiencias se realizaron en chirimoyos del Jardín Botánico del Ministerio de Agricultura, ubicado en la ciudad de La Serena, provincia de Coquimbo. Los árboles fueron plantados en el año 1947. De todas las variedades sólo las Locales tienen producción más o menos constante. Actualmente el huerto tiene 239 árboles en producción.

SUELOS (1)

Es un suelo areno-limoso, con baja proporción de arcilla, de segunda y tercera calidad. Muy delgado. Posee un 7 por 100 de materia orgánica en la capa superficial, que es poco recomendable para cultivos de esta especie.

MANEJO DE LOS HUERTOS

Se abona solamente con materia orgánica, de preferencia humus, guano de cabra y de aves marinas. Se abonó además con una mezcla de micronutrientes: manganeso, boro, silicio, flúor en una proporción de 2,5 Kg/Há.

Solamente se hace una poda de raleo.

Se usan desinfectantes fosforados para los insectos chupadores. No se han encontrado nemátodos. Se usan carbamatos para los insectos masticadores.

PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizaron ocho variedades de chirimoyos y de cada una de ellas se analizaron dos tejidos: hoja dardo foliar y hoja dardo floral.

Las muestras se recolectaron cada veintiocho días, aproximadamente, por espacio de once meses (enero a noviembre de 1971). El tejido floral se recolectó hasta el mes de septiembre solamente, porque a partir de esa fecha no se podía diferenciar de otros tejidos.

En el cuadro adjunto se encuentran descritas las parcelas, variedades, número de muestras recogidas por parcela y el rendimiento expresado en Kg/árbol.

Parcela	Variedad	Tejidos	Muestras recogidas p/parcela	Det. por parcela	Rendimiento (Kg./árbol)
A	Local núm. 1	Foliar	11	99	92
		Floral	9	81	
B	Deliciosa	Foliar	11	99	38
		Floral	9	81	
C	Local núm. 2	Foliar	12	108	45
		Floral	10	90	
D	Conchalisa	Foliar	12	108	70
		Floral	10	90	
E	Concha n.º 2	Foliar	12	108	65
		Floral	10	90	
F	Tumba	Foliar	12	108	48
		Floral	9	81	
G	Canaria	Foliar	12	108	73
		Floral	10	90	
H	Verde oscuro	Foliar	10	90	38
		Floral	10	90	

DETERMINACIONES ANALÍTICAS

Se determinaron los macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg; y los micronutrientes: Fe, Zn, Mn, Cu en los dos tipos de tejidos y en todas las muestras recolectadas.

Tratamiento de las muestras

Las muestras se recolectaron en bolsas de polietileno y se trasladaron al laboratorio en cajas aislantes. En el laboratorio se sometieron

TABLA I *Nitrógeno*

(Expresado en % y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg
A	Foliar	3,78	270	1,71	122	1,85	132			1,55	110	3,13	224
	Floral	2,55	183	2,96	211	1,90	136			1,70	121	1,54	110
B	Foliar	3,00	214	1,56	111	1,65	118			1,39	92	2,41	165
	Floral	4,47	319	2,74	196	1,94	139			1,72	123	2,04	146
C	Foliar	3,20	229	2,64	189	2,20	157	1,66	118	1,68	120	2,85	204
	Floral	4,14	314	3,10	221	2,09	149	1,31	94	2,05	147	2,14	153
D	Foliar	3,08	220	2,04	146	2,42	173	2,17	155	1,99	142	2,55	182
	Floral	3,23	231	2,37	169	1,66	119	1,76	126	1,90	136	1,85	132
E	Foliar	2,85	204	1,72	123	2,44	174	1,48	106	1,52	139	2,28	163
	Floral	2,69	192	2,52	180	1,63	124	1,95	139	1,20	86	2,25	161
F	Foliar	2,81	201	2,71	194	2,49	178	2,22	159	1,04	74	2,88	206
	Floral	3,54	253	2,50	179	2,18	156	2,19	156			1,63	116
G	Foliar	3,47	248	3,35	240	2,27	162	2,47	176	1,95	140	2,92	209
	Floral	3,92	280	3,50	250	2,05	147	1,64	117	1,86	133	2,59	185
H	Foliar	2,62	187	2,13	152	1,90	136	1,76	126	1,87	134	2,94	210
	Floral	2,14	153	1,46	104	1,74	124	1,60	114	1,18	84	1,82	130

a lavado con solución de detergente no iónico al 1:1.000 (twenn 20), enjuagando tres veces con agua destilada y una vez con agua bidestilada; se secaron a 65° C por un período entre dieciocho-veinticuatro horas con estufa de circulación de aire forzado y se molieron en un molino Wiley de acero inoxidable, utilizando tamiz número 40. Luego se sometieron dos gramos de este tamizado al proceso de calcinación por vía seca, utilizando crisoles de cuarzo y muflas con camisa de cuarzo. La calcinación se efectuó a 550° C durante seis-ocho horas. El calcinado se disolvió en mezcla ácida (agua:HCl:HNO₃ = 8:1:1 v/v) y se aforó a 50 ml. (extracto original). En esta solución se determinó fósforo, potasio, calcio, magnesio, cinc, hierro, manganeso y cobre. El nitrógeno se determinó en otra alícuota de muestra tamizada.

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	
3.80	271	2.13	152	2.88	206	2.57	184	2.47	176	2.72	194	92
2.39	171	2.23	159	1.84	131	1.78	127					
2.33	164	2.54	181	1.70	121	2.43	174	2.27	162	2.43	174	38
1.89	135	1.96	140	1.88	134	1.92	137					
2.68	191	2.96	211.3	4.11	293	3.02	216	2.62	187	3.13	224	45
1.82	130	2.05	146	1.95	139	2.03	145					
2.27	162	2.02	144	2.35	168	2.59	185	2.30	164	2.60	185	70
2.17	155	2.20	157	1.97	140	1.82	130					
2.44	174	3.14	224	2.15	154	2.30	164	1.77	126	2.15	154	65
2.03	145	2.09	149	2.16	154	1.86	133					
2.58	184	2.12	151	2.21	158	2.39	171	1.69	121	2.50	179	48
2.01	144	1.75	125	1.68	120	1.94	139					
2.95	211	2.50	179	2.86	204	2.45	175	2.27	162	2.56	183	73
1.91	136	2.14	153	2.04	146	2.43	174					
2.12	151	2.17	155	2.34	167	2.37	199					38
1.60	114	1.69	121	1.54	110	2.45	175					

Técnicas analíticas utilizadas

Nitrógeno

La determinación de nitrógeno se hizo por el método de Dumas, en muestra sólida previamente molida y desecada a 65° C, utilizando un analizador de nitrógeno modelo Coleman (5).

Potasio

Se determinó por fotometría de llama.

TABLA II *Fósforo*

(Expresado en % y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg
A	Foliar	.41	13,34	.36	11,62	.29	9,52			.26	8,45	.28	8,97
	Floral	.45	14,47	.41	13,34	.39	12,45			.28	8,97	.29	9,24
B	Foliar	.30	9,80	.28	9,11	.25	8,19			.29	9,24	.28	8,97
	Floral	.34	10,99	.30	9,80	.24	7,69			.24	7,69	.25	8,19
C	Foliar	.32	10,38	.28	8,97	.19	6,29	.22	6,97	.24	7,69	.25	8,19
	Floral	.40	12,98	.35	11,30	.31	10,09	.26	8,46	.26	8,46	.26	8,46
D	Foliar	.35	11,14	.29	9,24	.21	6,74	.20	6,52	.19	6,07	.19	6,07
	Floral	.34	10,99	.30	9,80	.22	6,97	.21	6,63	.19	6,07	.21	6,74
E	Foliar	.33	10,53	.24	7,69	.20	6,52	.18	5,85	.19	6,07	.18	5,87
	Floral	.29	9,24	.25	8,19	.19	8,07	.19	6,07	.22	6,97	.22	6,97
F	Foliar	.39	12,63	.36	11,62	.27	8,71	.25	7,93	.27	8,71	.24	7,69
	Floral	.44	14,09	.39	12,63	.30	9,80	.29	9,38			.31	10,09
G	Foliar	.27	8,71	.22	6,97	.19	6,29	.18	5,85	.19	6,07	.18	5,85
	Floral	.26	8,45	.25	7,94	.26	8,45	.20	6,52	.18	5,85	.18	5,85
H	Foliar	.39	12,62	.29	9,52	.23	7,45	.22	6,97	.23	7,45	.25	7,94
	Floral	.36	11,62	.31	10,09	.26	8,45	.25	7,94	.25	7,94	.26	8,45

Calcio y magnesio

Se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando como agente protector Sr en cantidad de 400 p. p. m. en ácido perclórico 0,1 M (2).

Cinc, cobre, manganeso y hierro

Estos microelementos se determinaron directamente en el extracto original por espectrofotometría de absorción atómica (7).

Fósforo

Se utilizó el método elaborado por González y Báez (6).

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	
.25	7,94	.25	8,19	.23	7,45	.19	6,07	.20	6,52	.19	6,07	92
.28	8,97	.26	8,45	.25	7,94	.20	5,52					
.29	9,24	.26	8,45	.25	8,19	.25	7,94	.19	6,29	.29	9,52	38
.27	8,71	.25	7,94	.22	7,21	.23	7,45					
.24	7,69	.23	7,45	.23	7,45	.18	5,85	.17	5,64	.21	6,74	45
.26	8,46	.29	9,24	.12	6,97	.22	7,21					
.19	6,07	.19	6,12	.17	5,43	.18	5,85	.17	5,64	.17	5,43	70
.21	6,74	.21	6,74	.07	2,34	.19	6,29					
.19	6,07	.18	5,95	.16	5,02	.16	5,22	.14	4,42	.16	5,22	65
.19	6,07	.19	6,28	.18	5,85	.25	8,19					
.25	7,84	.22	6,97	.20	6,52	.22	7,21	.20	6,52	.22	6,97	48
.25	8,06	.25	7,94	.23	7,45	.22	7,21					
.18	5,79	.16	5,22	.14	4,62	.15	4,82	.14	4,62	.14	4,62	73
.18	5,85	.17	5,48	.17	5,43	.17	5,43					
.24	7,69	.24	7,69	.18	5,85	.18	5,85					38
.30	9,80	.27	8,71	.25	8,19	.25	7,94					

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

No se encuentran en la literatura estudios sobre contenidos nutricionales para estas variedades; hay valores aislados para otras, donde no se precisan fechas de recolección ni tejidos utilizados. Por estas razones se ha prescindido de la comparación de valores.

A continuación se entregan algunas observaciones relacionadas con las curvas de evolución estacional, que se desprenden de los valores obtenidos para los distintos elementos y variedades (tablas anexas 1 al 9).

Nitrógeno

Rangos	D. Floral	D. Foliar
	1,18-4,47 %	1,08-4,11 %

TABLA III *Potasio*

(Expresado en % y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (22-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg
A	Foliar	1,74	44,6	1,38	35,3	1,38	35,3			1,38	35,3	1,38	35,3
	Floral	1,87	47,7	1,62	41,5	1,68	43,1			1,56	39,9	1,26	32,2
B	Foliar	1,68	43,1	1,62	41,5	1,59	50,8			1,74	50,8	1,81	46,2
	Floral	1,62	41,5	2,05	52,4	1,74	44,0			1,56	39,9	1,62	41,5
C	Foliar	1,44	36,9	1,38	35,3	1,62	41,5	1,32	33,8	1,50	38,4	1,38	35,5
	Floral	1,74	44,6	1,50	38,4	1,62	41,5	1,62	41,5	1,14	29,1	1,08	27,5
D	Foliar	1,74	44,6	1,93	49,3	1,81	46,2	1,87	47,7	1,56	39,9	1,56	39,9
	Floral	1,62	41,5	1,99	50,8	1,99	50,8	1,99	50,8	1,87	47,7	1,38	35,3
E	Foliar	2,23	57,0	1,62	41,5	1,74	44,6	1,20	30,7	1,38	35,3	1,38	35,3
	Floral	1,99	50,8	2,11	53,9	1,50	38,4	1,99	50,8	1,81	46,2	1,44	36,9
F	Foliar	2,05	52,4	1,87	47,7	1,74	44,6	1,50	38,4	1,87	47,7	1,50	38,4
	Floral	1,99	50,8	1,93	49,3	1,87	47,7	1,99	50,8			1,87	47,7
G	Foliar	1,62	41,5	1,32	33,8	1,38	35,3	2,11	53,9	1,68	43,1	1,74	44,6
	Floral	1,74	44,6	1,62	41,5	1,26	32,2	1,87	47,7	1,74	44,6	1,81	46,2
H	Foliar	1,74	44,6	1,68	43,1	1,62	41,5	1,81	46,2	1,87	47,7	1,62	41,5
	Floral	1,74	44,6	1,99	50,9	1,99	50,9	2,17	54,5	1,99	50,8	1,62	41,5

Las curvas son irregulares. El contenido máximo en todas las variedades y tejidos se encuentra en el mes de enero.

Es el único elemento de los analizados cuyo contenido en el dardo floral es menor al dardo foliar.

Fósforo

La curva para ambos tejidos es constante. Los contenidos no varían mayormente a lo largo del ciclo evolutivo y son iguales para las distintas variedades y tejidos.

Potasio

Rangos D. Floral 1,08-2,17 % D. Foliar 1,20-2,23 %. No existe gran semejanza en la evolución de este elemento en las diferentes variedades.

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	
1,32	33,8	1,32	33,8	1,32	33,8	1,74	44,6	1,38	35,3	1,26	32,2	92
1,26	32,2	1,26	32,2	1,14	22,1	1,38	35,3					
1,87	47,3	1,99	50,8	2,05	52,4	2,11	53,9	2,11	53,9	2,05	52,4	38
1,81	46,2	1,50	38,4	1,93	49,3	1,87	47,7					
1,32	33,7	1,38	35,3	1,38	35,3	1,50	38,4	1,32	33,8	1,38	35,3	45
1,26	32,2	1,50	38,4	1,38	35,3	1,32	33,8					
1,44	36,9	1,74	44,6	1,62	41,5	1,74	44,6	1,68	43,1	1,62	41,5	70
1,62	41,5	1,50	38,4	1,50	38,4	2,05	52,4					
1,38	35,3	1,26	32,2	1,38	35,3	1,38	35,3	1,50	38,4	1,93	49,3	65
1,62	41,5	1,62	41,5	1,68	43,1	1,99	50,8					
1,68	43,1	1,62	41,5	1,74	44,6	1,81	46,2	1,87	47,7	1,93	49,3	48
1,81	46,2	1,50	38,4	1,68	43,0	1,50	38,4					
1,74	44,6	1,74	44,6	1,74	44,6	1,93	49,3	1,87	47,7	2,05	52,4	73
1,87	47,7	1,87	47,7	1,99	50,8	1,99	50,8					
1,74	44,6	1,74	44,6	1,74	44,6	1,62	41,5					38
1,81	46,2	1,68	43,1	1,68	43,1	1,74	44,6					

Entre los tejidos floral y foliar, sólo para las variedades Local núm. 1, Concha lisa, Canaria y Verde oscura, existe similitud en cuanto a la evolución y contenido de potasio.

Calcio

Rangos D. Floral 0,68-3,46 % D. Foliar 0,82-2,77 %. En los dos tejidos y en todas las variedades existe una manifiesta tendencia al alza. En la curva se distinguen tres zonas. La primera comprende desde enero a fines de marzo, donde el alza es leve y paralela para ambos tejidos. La segunda desde abril a junio, y tiene un período de alza brusca, presentando un aumento mayor el contenido del tejido foliar. La tercera zona muestra diferencia entre las variedades, pero en cada caso los tejidos tienen evolución similar.

TABLA IV *Calcio*

(Expresado en % y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg
A	Foliar	0,95	23,8	1,13	28,1	1,34	33,6			1,87	46,6	1,77	44,2
	Floral	0,85	21,2	1,12	27,8	1,64	41,0			2,21	55,0	2,36	59,0
B	Foliar	1,58	39,4	1,15	28,6	1,64	41,0			1,48	36,8	1,83	45,7
	Floral	0,83	20,8	1,41	35,2	1,50	37,5			2,77	69,2	2,94	73,4
C	Foliar	1,27	31,8	1,25	31,1	1,31	32,8	1,75	43,8	1,63	40,6	1,76	43,9
	Floral	1,04	26,0	1,34	33,3	1,80	44,9	1,82	45,8	2,56	63,9	2,59	64,7
D	Foliar	1,15	28,7	1,01	25,3	1,70	42,4	1,78	44,5	2,23	53,7	2,45	61,1
	Floral	1,32	32,9	1,54	38,3	1,97	49,2	2,27	56,5	3,10	77,3	3,46	86,2
E	Foliar	0,90	22,6	1,38	34,5	1,74	43,3	1,31	32,7	1,73	43,2	1,64	41,0
	Floral	1,53	38,2	1,86	46,4	1,50	37,4	2,14	53,4	2,76	68,8	2,90	72,4
F	Foliar	0,93	23,3	1,31	32,7	1,55	38,6	1,52	37,9	2,27	56,7	1,84	45,8
	Floral	1,23	30,7	1,43	35,7	1,79	44,6	1,88	46,9			2,74	68,4
G	Foliar	0,92	22,9	1,13	28,2	1,43	35,7	1,64	41,0	1,52	37,9	1,76	43,9
	Floral	0,68	17,0	1,01	25,2	1,60	39,9	1,49	37,1	1,91	47,7	2,07	51,8
H	Foliar	0,82	20,4	1,23	30,6	1,65	41,3	1,75	43,6	1,72	42,9	1,86	46,4
	Floral	0,97	24,2	1,31	32,8	1,71	42,6	2,03	50,6	2,45	61,2	2,45	61,2

Magnesio

Rangos D. Floral 0,20-1,20 % D. Foliar 0,16-0,63 %. Las curvas para las distintas variedades y para ambos tejidos son similares. Los contenidos, salvo pequeñas excepciones, no presentan grandes variaciones a lo largo del ciclo evolutivo.

Cinc

Rangos D. Floral 14-39 p. p. m. D. Foliar 12-34 p. p. m. En ambos tejidos las curvas de evolución para las ocho variedades son iguales. Los contenidos en el dardo floral son levemente mayores que en el dardo foliar.

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	
1,72	43,0	1,93	48,1	2,12	52,9	2,20	54,9	2,62	65,4	2,57	64,1	92
2,21	55,2	2,49	62,1	2,47	61,8	2,49	62,1					
1,84	45,8	1,92	48,0	2,45	61,2	2,25	56,0	2,25	56,2	2,23	55,7	38
2,72	67,9	2,55	63,7	2,42	60,3	2,78	69,4					
2,03	50,6	2,19	54,5	2,21	55,0	2,40	59,8	2,74	68,3	2,71	67,7	45
2,55	63,7	2,40	59,8	2,71	67,7	2,96	73,8					
2,47	61,6	2,23	55,7	2,17	54,0	2,77	69,2	2,45	61,2	2,56	63,9	70
3,14	78,4	2,75	68,6	3,05	76,1	3,10	77,3					
1,58	39,4	1,75	43,8	1,72	42,7	2,05	51,1	1,90	47,5	1,95	48,7	65
2,50	62,3	2,47	61,6	2,55	63,6	2,88	72,0					
1,71	42,7	1,94	48,4	1,90	47,5	2,28	56,9	2,22	55,4	2,28	56,9	48
2,58	64,3	2,70	67,5	2,58	64,3	2,70	67,5					
1,87	46,6	1,98	49,4	2,23	55,5	2,40	60,0	2,37	59,1	2,38	59,5	73
2,49	62,1	2,11	52,7	2,47	61,8	2,74	68,4					
2,13	53,0	2,10	52,4	2,23	55,5	2,55	63,7					38
2,57	64,1	2,59	64,7	2,81	70,2	2,61	65,0					

Hierro

Valores extremos D. Floral 63-453 p. p. m. D. Foliar 50-198 p. p. m. De los elementos menores es el que se encuentra en mayor cantidad. Las curvas son muy irregulares, presentando alzas y bajas bruscas de un período a otro. Las ocho variedades tienen mayor contenido de hierro en el dardo foliar.

Manganeso

Valores extremos D. Floral 13-35 p. p. m. D. Foliar 14-34 p. p. m. El contenido de manganeso en ambos tejidos es muy parecido durante todo el ciclo evolutivo y en todas las variedades. Todas presentan una

TABLA V *Magnesio*

(Expresado en % y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg
A	Foliar	.24	9,91	.22	9,23	.27	11,21			.30	12,41	.26	10,61
	Floral	.24	9,67	.25	10,16	.30	12,25			.40	16,44	.37	15,39
B	Foliar	.25	10,41	.31	12,94	.28	11,68			.27	10,96	.26	10,66
	Floral	.21	8,47	.26	10,61	.22	9,04			.33	13,37	.34	13,92
C	Foliar	.25	10,36	.25	10,31	.21	8,61	.30	12,51	.26	10,71	.25	10,11
	Floral	.39	16,15	.30	12,20	.38	15,50	.40	17,78	.46	18,97	.42	17,47
D	Foliar	.57	23,41	.56	22,97	.25	10,31	.33	13,37	.32	13,16	.28	11,52
	Floral	.26	10,86	.34	13,87	.30	12,20	.33	13,49	.33	13,65	.33	13,54
E	Foliar	.20	8,37	.22	8,99	.24	9,76	.21	8,41	.30	12,25	.26	10,81
	Floral	.27	11,01	.28	11,68	.25	10,46	.31	12,94	.31	12,73	1,20	46,11
F	Foliar	.23	9,37	.23	9,37	.23	9,37	.21	8,80	.29	11,99	.24	9,96
	Floral	.31	12,67	.25	10,41	.27	11,16	.28	11,47			.32	13,16
G	Foliar	.63	25,98	.16	6,68	.22	9,04	.22	9,23	.22	9,18	.25	10,11
	Floral	.20	8,37	.24	9,86	.50	20,48	.20	26,70	.22	8,89	.22	8,94
H	Foliar	.25	10,11	.26	10,66	.27	10,98	.26	10,76	.22	9,18	.21	8,75
	Floral	.30	12,25	.30	12,41	.32	13,05	.33	13,59	.35	14,20	.32	13,05

tendencia muy leve al alza hacia final de año y con un contenido máximo en el mes de septiembre (Primavera).

Cobre

Valores extremos D. Floral 10-17 p. p. m. D. Foliar 8-17 p. p. m. Este elemento sigue la tendencia que tiene la mayoría de los cultivos de frutales, es decir, no presenta variaciones de ningún tipo durante el ciclo evolutivo, ni para las distintas variedades, ni para los tejidos estudiados, por tanto sus curvas son prácticamente horizontales.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los métodos y conceptos utilizados en este trabajo para interpretar los resultados analíticos son aquellos que han entregado buena infor-

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	%	At-mg	
.29	11,88	.20	8,23	.23	9,42	.28	11,57	.30	12,25	.21	8,56	92
.23	9,62	.30	12,35	.75	30,22	.29	11,99					
.25	10,26	.22	9,18	.20	8,14	.33	13,70	.22	8,89	.24	9,96	38
.31	12,67	.34	13,81	.30	12,36	.28	11,32					
.26	10,81	.28	11,32	.22	8,89	.25	10,31	.28	11,32	.23	9,52	45
.40	16,38	.41	16,74	.45	18,35	.61	25,25					
.31	12,83	.31	12,82	.29	11,78	.28	11,47	.22	9,09	.28	11,62	70
.35	14,45	.28	11,47	.34	14,14	.32	13,32					
.22	8,99	.20	8,42	.20	8,09	.24	9,96	.19	7,72	.30	12,41	65
.25	10,26	.27	11,16	.28	11,57	.31	12,89					
.26	10,76	.22	8,94	.19	7,68	.22	8,94	.25	10,21	.22	8,85	48
.34	13,87	.24	10,01	.25	10,31	.25	10,11					
.20	8,09	.18	7,26	.28	11,62	.21	8,47	.17	6,81	.18	7,31	73
.29	11,88	.20	8,09	.23	9,28	.20	8,23					
.41	16,68	.24	9,96	.23	9,37	.25	10,21					38
.36	14,99	.29	12,09	.37	13,37	.27	11,16					

mación sobre el estado nutricional de otros cultivos como olivos, manzanos, viñedos, etc. Estos son:

Niveles críticos de Chapman y Ulrich, que permiten interpretar a través de una correlación entre el rendimiento y contenido foliar de cada elemento o niveles observados las posibles deficiencias o excesos existentes.

La alimentación global e intensidad de nutrición, que dan cuenta de la capacidad de asimilación de un vegetal.

Relaciones binarias, que permiten obtener con mayor seguridad el balance nutritivo óptimo (3-4).

Método de las coordenadas nutritivas de Recalde (8). Método que consiste en obtener una proporción múltiple en la que quedan involucrados todos los elementos mayores, considerados a través de razones binarias óptimas.

TABLA VI Hierro

(Expresado en p. p. m. y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg
A	Foliar	68,7	.123	70,3	.126	115	.216			112	.201	102	.194
	Floral	68,2	.113	80,9	.145	112,3	.201			156,8	.281	172	.307
B	Foliar	145	.259	107	.192	200	.358			72,0	.140	114,6	.205
	Floral	117	.209	127	.227	146	.262			221	.396	180,4	.323
C	Foliar	137	.245	96,4	.172	170	.304	85,4	.153	85,4	.153	103	.184
	Floral	92,1	.165	120	.213	154	.275	102,9	.184	226	.404	253	.453
D	Foliar	61,7	.111	97,7	.175	96,9	.173	84,2	.151	91,7	.162	116	.208
	Floral	99,9	.179	96,4	.173	122,4	.219	126	.226	198	.355	218	.389
E	Foliar	57,8	.104	91,7	.164	127	.227	74,3	.133	112	.200	98,1	.176
	Floral	98,6	.177	157	.281	104	.187	157	.281	140	.250	176	.315
F	Foliar	50,2	.090	96,4	.173	158	.283	112	.200	145	.260	109	.196
	Floral	80	.143	102	.183	146	.262	202	.362			185	.332
G	Foliar	50,3	.090	69,1	.124	101	.181	93,8	.168	60,5	.108	85,8	.154
	Floral	66,4	.119	89,6	.160	148,6	.266	101,2	.181	176	.315	99,9	.179
H	Foliar	82,1	.147	146	.261	283	.508	148	.265	159,4	.285	183	.325
	Floral	167	.301	208	.372	398	.713	320	.573	205	.448	191,7	.343

Recalde trabaja con rendimientos normalizados para independizar las conclusiones que se obtienen al aplicar el método en variedades distintas, de estados nutritivos diferentes y que crecen sobre suelos también diferentes.

Al relacionar cada macronutriente con el rendimiento, se encontró que el contenido de nitrógeno del tejido floral influye significativamente y solo para el mes de julio.

La alimentación global encontrada para las ocho variedades en el mes de julio y en el tejido floral para rendimientos buenos y regulares está alrededor de 200 at-mg.

De las razones binarias estudiadas, resultaron significativas con el rendimiento aquéllas que tienen al nitrógeno como elemento común (N/P, N/K, N/Ca, N/Mg) y que corresponden al tejido floral recolectado en julio.

La aplicación del método de Recalde se hizo para las muestras de

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	
96,4	.173	110	.197	125	.223	106	.189	172	.307	252	.510	92
299	.535	232	.416	248	.444	136	.244					
130	.233	116	.208	114	.204	176	.315	130	.233	299	.535	38
295	.528	215	.385	364	.651	198	.355					
135	.241	110	.197	84,2	.151	133	.239	137	.245	314	.562	45
318	.570	267	.478	168	.301	204	.365					
110	.197	98,6	.177	85,7	.155	155	.277	132	.237	316	.566	70
174	.311	197	.353	130	.233	208	.373					
75,6	.135	84,2	.151	64,4	.115	105,2	.188	147	.263	308	.551	65
219	.393	188	.330	113	.202	198	.355					
122	.218	159	.285	130	.233	202	.361	293	.545	459	.821	48
195	.350	169	.303	142	.254	169	.303					
114,6	.205	83,7	.151	149	.267	269	.482	231	.414	219	.392	73
203	.364	198	.355	200	.359	165	.295					
179	.321	398	.713	266	.476	386	.691					38
375,7	.673	453	.810	444	.795	374	.669					

ambos tejidos recolectados en julio y agosto, por haber sido estos meses, con la aplicación de los otros criterios, los mejores indicadores del estado nutricional con respecto al rendimiento.

Los valores de la proporción de Recalde óptimos, obtenidos a partir de las relaciones binarias óptimas que tienen al N como elemento común, y los valores que se encuentran en la variedad local número 1 (de mayor rendimiento) y en la variedad verde oscura (de menor rendimiento), en el mes de julio, para el tejido floral, son los siguientes:

	N	P	K	Ca	Mg
Óptimo	58.83	2.94	12.94	21.76	3.53
Variedad local número 1	59.10	2.90	12.00	22.00	4.00
Variedad verde oscura	46.73	3.40	17.50	26.50	4.87

TABLA VII *Cobre*

(Expresado en p. p. m. y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (1-71)		Abril (22-71)		Mayo (26-71)	
		p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg
A	Foliar	16,9	.0267	12,9	.0203	11,6	.0182			10,2	.0161	9,7	.0153
	Floral	17,2	.0271	14,2	.0224	10,8	.0169			10,0	.0157	11,3	.0178
B	Foliar	14,2	.0224	10,5	.0165	12,1	.0190			9,7	.0153	9,4	.0148
	Floral	13,7	.0216	11,6	.0182	10,8	.0169			13,2	.0207	12,2	.0195
C	Foliar	15,6	.0245	12,1	.0190	12,6	.0199	9,2	.0144	9,7	.0153	9,7	.0153
	Floral	15,6	.0245	13,7	.0216	12,4	.0195	9,7	.0153	12,1	.0190	12,4	.0195
D	Foliar	14,8	.0233	15,6	.0245	10,0	.0157	8,6	.0136	9,7	.0153	10,0	.0157
	Floral	14,8	.0233	13,7	.0216	16,4	.0258	11,3	.0178	12,4	.0195	13,4	.0211
E	Foliar	14,2	.0224	10,4	.0165	11,0	.0174	8,9	.0140	10,0	.0157	10,5	.0165
	Floral	13,4	.0211	12,9	.0203	10,8	.0169	11,8	.0186	11,3	.0178	12,9	.0203
F	Foliar	17,2	.0271	12,9	.0203	12,1	.0190	11,0	.0174	12,2	.0195	11,3	.0178
	Floral	16,9	.0263	13,4	.0211	11,6	.0182	12,1	.0190			12,9	.0203
G	Foliar	13,7	.0216	11,0	.0174	11,8	.0186	10,2	.0161	9,4	.0148	10,2	.0161
	Floral	10,5	.0165	11,0	.0174	12,1	.0196	10,8	.0169	13,7	.0216	11,0	.0174
H	Foliar	14,8	.0233	13,2	.0207	11,8	.0186	9,4	.0148	10,2	.0161	11,0	.0174
	Floral	14,8	.0233	17,5	.0275	14,8	.0233	13,2	.0207	12,1	.0190	12,1	.0190

Se puede observar claramente que la variedad Local núm. 1 presenta valores muy similares a los valores óptimos de la proporción óptima de Recalde, hecho que no sucede en el caso de la variedad verde oscura, en donde están bastante alejados.

Del análisis de las triadas N P K y K Ca Mg con relación al rendimiento, se obtienen correlaciones más significativas para la triada N P K.

La triada N P K en el mes de agosto y en el tejido foliar nos da la mejor correlación con respecto a las otras fechas de muestreo.

CONCLUSIONES

Se entregan los primeros antecedentes sobre el estado nutricional de ocho variedades de chirimoyos cultivados en Chile.

Se encontró el mes de julio como la fecha más adecuada para con-

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	
9,4	.0148	9,7	.0153	11,3	.0178	8,6	.0136	10,2	.0161	11,6	.0182	92
12,4	.0195	12,1	.0190	12,6	.0199	9,7	.0153					
10,8	.0169	10,2	.0161	10,2	.0161	11,0	.0174	8,9	.0140	13,9	.0220	38
15,1	.0237	12,1	.0190	14,8	.0233	12,1	.0190					
9,7	.0153	9,4	.0148	8,1	.0128	10,2	.0161	8,9	.0140	12,6	.0199	45
11,8	.0186	12,6	.0199	10,0	.0157	12,1	.0190					
10,5	.0165	8,9	.0140	8,9	.0140	10,2	.0161	8,6	.136	13,4	.0211	70
12,6	.0199	12,9	.0203	10,5	.0165	14,0	.0220					
9,7	.0153	9,4	.0148	7,8	.0135	9,2	.0144	10,8	.0169	14,2	.0224	65
12,1	.0190	12,9	.0203	10,5	.0165	12,9	.0203					
10,5	.0165	11,4	.0174	10,0	.0157	11,3	.0178	13,4	.0211	17,0	.0265	48
11,8	.0186	11,0	.0174	10,2	.0161	12,1	.0190					
10,5	.0165	10,0	.0157	11,3	.0178	14,2	.0224	13,2	.0207	12,6	.0199	73
14,8	.0233	13,7	.0216	14,2	.0224	13,4	.0211					
10,5	.0165	13,7	.0216	12,9	.0203	14,5	.0228					38
14,5	.0228	15,3	.0241	16,1	.0254	15,1	.0237					

trolar el estado nutricional del chirimoyo y el dardo floral como el tejido más representativo.

Las relaciones binarias del nitrógeno, especialmente las del tejido floral recolectado en julio, son importantes de considerar. Los valores óptimos para éstas son:

$$N/Mg = 17,20$$

$$N/P = 20,91$$

$$N/K = 4,61$$

$$N/Ca = 2,71$$

La triada N P K, calculada para las muestras de tejido foliar recolectadas en agosto, explica mejor los diferentes rendimientos entre variedades.

TABLA VIII *Manganeso*

(Expresado en p. p. m. y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (22-71)		Abril (28-71)		Mayo (26-71)	
		p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg
A	Foliar	18,2	.0332	17,3	.0314	21,6	.0393			27,5	.0500	26,8	.0487
	Floral	18,5	.0337	17,4	.0316	24,0	.0436			27,8	.0507	28,7	.0522
B	Foliar	28,5	.0428	16,4	.0299	23,9	.0436			23,0	.0418	26,7	.0485
	Floral	15,2	.0276	16,1	.0293	24,1	.0439			27,0	.0492	25,6	.0466
C	Foliar	20,6	.0375	15,8	.0287	18,5	.0337	24,9	.0453	27,0	.0492	28,8	.0524
	Floral	16,0	.0291	17,7	.0322	25,7	.0468	29,9	.0544	26,9	.0489	28,4	.0518
D	Foliar	17,4	.0316	22,7	.0414	24,9	.0453	22,7	.0414	27,5	.0500	29,6	.0540
	Floral	19,3	.0351	21,1	.0303	23,8	.0432	24,6	.0447	23,9	.0434	28,6	.0520
E	Foliar	17,3	.0314	18,1	.0330	21,8	.397	24,4	.0445	26,3	.477	27,7	.0505
	Floral	17,4	.0316	18,0	.0328	24,7	.0449	25,9	.0472	23,3	.0424	32,6	.0594
F	Foliar	17,3	.0314	18,9	.0343	22,8	.0416	21,8	.0397	23,1	.0420	24,0	.0451
	Floral	20,6	.0375	19,6	.0357	20,5	.0373	24,6	.0447			26,4	.0481
G	Foliar	13,9	.0253	14,5	.0265	21,6	.0393	25,0	.0455	21,9	.0399	25,1	.0457
	Floral	13,1	.0238	13,9	.0253	23,1	.0420	20,8	.0379	17,9	.0326	20,2	.0367
H	Foliar	15,3	.0278	16,7	.0304	19,4	.0353	18,1	.0330	20,9	.0381	20,1	.0365
	Floral	17,8	.0324	18,3	.0334	22,1	.0420	21,4	.0389	21,7	.0395	21,6	.0393

Los valores de las coordenadas nutritivas de Recalde, para los meses de julio y agosto en los dos tejidos, calculadas con las relaciones binarias óptimas, son:

Mes	Tejido	N %	P %	K	Ca	Mg
Julio	Floral	58.83	2.94	12.94	21.76	3.53
	Foliar	69.45	2.08	11.11	14.58	2.78
Agosto	Floral	55.55	2.22	10.56	27.78	3.89
	Foliar	65.36	1.96	12.42	17.65	2.61

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	
28,7	.0522	26,9	.0489	30,3	.0551	29,2	.0537	29,5	.0537	30,3	.0551	92
29,8	.0542	32,2	.0587	32,2	.0587	28,6	.0520					
26,1	.0474	26,3	.0479	24,9	.0453	29,4	.0535	28,8	.0524	28,8	.0524	38
29,3	.0533	30,0	.0546	30,6	.0588	29,5	.0537					
31,4	.0571	30,0	.0546	33,8	.0615	31,0	.0504	28,2	.0513	22,9	.0418	45
31,7	.0578	31,2	.0569	33,9	.0615	33,5	.0610					
30,4	.0553	29,6	.0540	30,4	.0553	31,7	.0578	28,4	.0518	27,6	.0502	70
29,5	.0537	26,3	.0479	34,9	.0636	34,0	.0619					
24,2	.0441	27,2	.0496	26,5	.0483	29,6	.0540	22,3	.0406	25,5	.0464	65
26,5	.0483	30,0	.0546	27,7	.0505	30,5	.0555					
27,0	.0492	28,2	.0513	26,1	.0474	26,9	.0489	27,7	.0505	24,3	.0443	48
28,3	.0515	27,6	.0502	26,5	.0483	27,4	.0498					
28,2	.0513	29,3	.0533	30,4	.0553	32,2	.0587	33,1	.0613	31,5	.0573	73
24,9	.0453	25,9	.0472	27,4	.0498	27,7	.0505					
23,5	.0428	25,4	.0462	24,3	.0443	26,4	.0481					38
27,4	.0498	26,2	.0477	28,6	.0520	26,8	.0487					

Para obtener rendimientos de alrededor de 100 Kg. por árbol, los nutrientes deberían tener, según los distintos criterios de interpretación, los valores:

%

Niveles	N = 2,23	Zn = 24 p. p. m.
	P = 0,25	Cu = 12 »
	K = 1,26	Mn = 32 »
	Ca = 2,49	Fe = 23 »
	Mg = 0,30	

TABLA IX *Cinc*

(Expresado en p. p. m. y At-mg en materia seca)

Variedad	Tejido	Enero (11-71)		Feb. (1-71)		Marzo (1-71)		Abril (31-71)		Abril (28-71)		Mayo (26-71)	
		p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg
A	Foliar	25,0	.0381	20,6	.0315	18,5	.0283			19,4	.0297	15,8	.0242
	Floral	29,7	.0454	26,7	.0409	22,6	.0345			22,6	.0345	27,0	.0403
B	Foliar	26,5	.0406	22,0	.0336	20,7	.0317			19,5	.0299	20,5	.0313
	Floral	22,5	.0344	22,5	.0344	20,6	.0315			30,6	.0468	28,9	.0442
C	Foliar	21,4	.0328	18,4	.0281	16,7	.0256	16,1	.0246	16,0	.0244	14,6	.0224
	Floral	24,2	.0369	23,4	.0358	21,7	.0333	25,4	.0388	23,5	.0300	25,1	.0384
D	Foliar	22,9	.0349	23,6	.0362	17,7	.0271	17,2	.0263	23,8	.0364	27,2	.0416
	Floral	25,7	.0393	23,8	.0364	23,2	.0354	24,6	.0377	30,4	.0466	31,1	.0476
E	Foliar	27,0	.0413	21,3	.0325	20,9	.0318	14,1	.0216	16,0	.0244	15,0	.0229
	Floral	26,2	.0400	28,1	.0431	19,2	.0294	23,1	.0353	24,6	.0377	27,4	.0418
F	Foliar	30,4	.0465	25,4	.0388	21,5	.0329	17,3	.0264	24,1	.0369	19,6	.0301
	Floral	30,4	.0465	24,6	.0376	23,0	.0351	23,3	.0356			27,9	.0426
G	Foliar	20,5	.0313	14,1	.0216	15,8	.0242	14,3	.0219	15,4	.0236	14,6	.0224
	Floral	18,3	.0280	14,3	.0219	19,9	.0304	18,3	.0280	18,6	.0285	17,0	.0259
H	Foliar	27,6	.0422	23,2	.0354	21,2	.0324	17,8	.0273	20,1	.0308	22,2	.0340
	Floral	26,6	.0407	25,5	.0390	27,5	.0420	28,0	.428	30,0	.0480	26,2	.0401

A = Local núm. 1

C = Local núm. 2

B = Deliciosa

D = Conchalisa

%

Triada N P K N = 80,0

P = 4,3

K = 15,7

	N	P	K	Ca	Mg
	%	%	%	%	%
Coordenadas de Recalde...	59,10	2,9	12,0	22,0	4,0

Junio (23-71)		Julio (21-71)		Agosto (17-71)		Sept. (13-71)		Oct. (13-71)		Nov. (10-71)		Rendimiento (kg/árbol)
p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	p.p.m.	At-mg	
15,7	.0241	18,3	.0280	19,8	.0302	17,7	.0271	18,5	.0283	19,3	.0295	92
23,2	.0354	24,0	.0367	39,0	.0596	20,8	.0318					
21,5	.0329	21,0	.0322	21,0	.0320	20,1	.0308	20,8	.0318	25,6	.0392	38
32,4	.0496	26,3	.0403	27,1	.0415	26,6	.0407					
15,7	.0241	29,9	.0458	14,2	.0217	22,5	.0344	17,6	.0269	18,6	.0285	45
25,4	.0288	24,7	.0379	21,3	.0325	24,5	.0375					
22,3	.0342	22,6	.0345	19,3	.0295	21,7	.0333	22,0	.0336	23,9	.0366	70
31,0	.0474	36,4	.0557	27,6	.0422	38,4	.0587					
15,1	.0231	24,4	.0373	12,5	.0199	15,6	.0239	21,4	.0327	25,5	.0390	65
23,8	.0364	34,3	.0525	24,0	.0367	31,1	.0476					
19,1	.0292	23,1	.0353	17,7	.0271	22,1	.0338	26,3	.403	24,5	.0375	48
25,4	.0388	23,8	.0364	22,1	.0338	26,9	.0413					
14,1	.0216	13,8	.0211	14,8	.0227	15,7	.0241	19,8	.0302	19,2	.0294	73
20,0	.0306	32,7	.0500	20,8	.0318	18,2	.0278					
23,0	.0351	34,2	.0523	20,6	.0315	26,2	.0401					38
30,4	.0466	38,9	.0596	32,4	.0496	26,6	.0407					

E = Concha núm. 2

G = Canaria

F = Tumba

H = Verde oscura

RESUMEN

Se estudia el contenido de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn y Cu en hojas dardo floral y hojas dardo foliar de ocho variedades de chirimoyo (*Annona cherimolia*) de la provincia de Coquimbo. Las muestras se recolectaron aproximadamente cada treinta días desde enero a noviembre de 1971.

Se estudia la evolución estacional de macro y micronutrientes.

Se proponen fechas de recolección de muestras y tejido más apropiado para evaluar el estado nutricional.

Se aplican diversos criterios para relacionar el contenido de nutrientes con rendimiento y se determinan los valores adecuados para buenos rendimientos.

*Departamento de Química Inorgánica y Analítica. Química Vegetal.
Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Chile.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AGUIRRE, O. 1971. Director Jardín Botánico La Serena. Chile. Comunicación personal.
- (2) BERRY, W. L. and JOHNSON, C. M. 1966. Determination of Calcium and Magnesium in Plants material and Culture solution, using atomic absorption Spectroscopy. *Appl. Spectr.*, 20, 209-211.
- (3) CARPENA, O., ALCARAZ, C. y EGEA, L. 1968. Relaciones de nutrientes en variedades de citrus. II Coloquio Europeo y Mediterráneo. Sevilla-España.
- (4) CARPENA, O., ALCARAZ, C. y EGEA, L. 1968. Relaciones nutritivas en albaricquero. II Coloquio Europeo y Mediterráneo. Sevilla-España.
- (5) COLEMAN INST. CORPORATION. 1966. Operating Directions for the Coleman Model 29 A. Nitrogen analyser II. Cat. núm. 29-904 Maywood, Illinois.
- (6) GONZÁLEZ, C. y BÁEZ, M. 1972. Método de determinación de fósforo en tejidos vegetales. *Agrochimica*, Vol. XVI, núms. 4-5, 342-44.
- (7) MANUAL ESPECTROFOTÓMETRO PERKIN ELMER 303. 1968. Revision of Analytical Methods for Atomic absorption spectrophotometry.
- (8) RECALDE, L. 1966-70. Estación Experimental del Zaidín. Granada-España. Comunicaciones personal y epistolares.

Recibido para publicación: 24-V-73

RESISTENCIA A LA DESECACION DEL TEJIDO FOLIAR Y CIERRE DE ESTOMAS EN ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA* L.) Y TREBOL BLANCO (*TRIFOLIUM REPENS* L.) CON RELACION AL DEFICIT DE AGUA

por

M. SANCHEZ-DIAZ (*) y M. SANCHEZ-MARIN

SUMMARY

LEAF TISSUE RESISTANCE TO DESSICATION AND STOMATAL CLOSURE OF LUCERNE (*MEDICAGO SATIVA* L.) AND WHITE CLOVER (*TRIFOLIUM REPENS* L.) IN RELATION TO WATER STRESS

Lucerne (*Medicago sativa* L., ecotypes Aragón and Tierra de Campos) and white clover (*Trifolium repens* L.) plants were subjected to two drought cycles in greenhouse experiments.

Leaf tissue resistance to desiccation decreased according to the following order: lucerne-Tierra de Campos, lucerne-Aragón and white clover.

Stomatal closure (measured with a viscous flow porometer) in lucerne-Tierra de Campos during the first drought cycle took place for higher water potentials (— 8 bars) than in Aragón (— 10 bars). For a second drought cycle, stomatal control in lucerne-Tierra de Campos took place at lower water potentials (— 11 bars) than in the first one, being more similar to the lucerne-Aragón behaviour. Stomatal closure in white clover was more gradual than in lucerne ecotypes and not-change from first to second cycle.

These results suggest a higher adaptation to drought of lucerne-Tierra de Campos when compared with lucerne-Aragón and white clover.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido el hecho de que la alfalfa es una planta mesofítica que prefiere la fluctuación hídrica. Soporta más fácilmente el déficit hídrico que el exceso debido, en parte, a la capacidad de mayor penetración en profundidad que tiene su aparato radical y, por consiguiente, la mejor explotación de una masa de terreno mayor (4).

(*) Dirección actual: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Bilbao. Apartado 644. Bilbao.

Al igual que en la mayoría de las especies vegetales, cuando se presenta la sequía, la falta de agua no afecta por igual a todos los procesos de la planta (6). Taylor y col. (17) encontraron que la producción de semillas de alfalfa es máxima cuando el potencial hídrico del suelo está comprendido entre -2 y -8 bares, pero que, en cambio, la cantidad de materia fresca disminuye desde el momento en que el potencial hídrico del suelo adquiere un valor inferior a la capacidad de campo. Asimismo Landsberg (7) encontró que el crecimiento en longitud de la planta presenta una correlación negativa con el contenido hídrico del suelo y la turgencia relativa de la hoja. Estos efectos no son siempre persistentes, siendo posible que la planta recupere casi completamente sus funciones una vez que vuelva a disponer de suficiente cantidad de agua y de transcurrido un cierto período de tiempo necesario para su normal desarrollo (19).

El trébol blanco es otra especie pratense con un tipo de morfología y adaptabilidad a las condiciones hídricas que son distintas a las de la alfalfa. Para que su desarrollo sea normal requiere suficiente cantidad de agua en el suelo (2) y al igual que en el caso de la alfalfa la falta de agua afecta de modo diferente a su comportamiento fisiológico. Hagan y col. (5) han encontrado que la producción de materia seca en las hojas, así como la fotosíntesis y las intensidades respiratorias no son afectadas apreciablemente hasta que el contenido hídrico del suelo en la zona próxima a la raíz no se aproxima al porcentaje de marchitez permanente, pero que al igual que en la alfalfa la producción de materia fresca y el alargamiento del tallo se reducen significativamente desde valores iniciales del déficit hídrico.

En los experimentos que exponemos en el presente trabajo hemos estudiado durante dos ciclos de sequía la fisiología de dos especies pratenses con diferentes hábitats ecológicos y adaptación al régimen hídrico. Se utilizaron dos ecotipos españoles de alfalfa: Tierra de Campos y Aragón y un cultivar de trébol blanco ampliamente conocido (Aberystwyth S 184). Los procesos analizados fueron resistencia a la deshidratación de los tejidos foliares y regulación de la abertura estomática.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de alfalfa (*Medicago sativa* L., ecotipos Aragón y Tierra de Campos - Asociación de Investigaciones para la Mejora de la Alfalfa, Zaragoza, 1971) y trébol blanco (*Trifolium repens* L. Aberystwyth S 184). Se usó suelo del tipo rendzina parda procedente del puerto de Echaurre (Navarra). La tierra previa secado se hizo pasar por un tamiz de 2 mm. y como recipiente se utilizaron macetas de 27 x 25 cm.

Los experimentos comenzaron en diciembre de 1971 y tanto la siembra como el posterior desarrollo de las plantas tuvieron lugar en condiciones de invernadero. Se empleó un lote de cinco macetas para cada tipo de planta utilizado. En cada lote se dedicaron dos macetas a controles y tres a ensayos. Durante el desarrollo de las plantas las macetas se regaron dos veces a la semana con el volumen de agua necesario para que el suelo alcanzase la capacidad de campo.

A las seis semanas de iniciados los experimentos se realizaron las medidas regándose los controles un día antes de cada determinación. Los ensayos no se regaron. La superficie de la tierra se recubrió con vermiculita para evitar una evaporación excesiva del agua del suelo. Se procuró que la temperatura fuese aproximadamente de 25° C en el día y 10° C durante la noche, para lo cual, en los meses fríos, se instalaron estufas eléctricas en el interior del invernadero.

El fotoperíodo se alargó artificialmente mediante una mezcla de lámparas fluorescentes e incandescentes de seis a ocho de la mañana y de siete a ocho de la tarde, consiguiéndose así un período de iluminación diaria de catorce horas aproximadamente.

Para expresar el estado hídrico de la planta se determinó el potencial hídrico (15) y el déficit de saturación hídrica (9, 16). El método usado en la medida del potencial hídrico fue el de Shardakov (12), consistente en la valoración de los cambios de densidad originados por la incorporación o pérdida de agua en los folios de alfalfa y trébol inmersos en una serie de disoluciones de azúcar (manita) de potenciales osmóticos comprendidos entre — 1 y — 16 bares.

Para medir la abertura estomática se utilizó un porómetro del tipo de resistencia al flujo del aire. El modelo construido fue una modificación de los de Alvim (1) y Sánchez Díaz y col. (8).

Tanto las medidas del estado hídrico de la planta como las del porómetro se efectuaron en las hojas situadas en la zona media del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores del potencial hídrico y del déficit de saturación hídrica son promedios de tres medidas. Los de la abertura de nueve en los ensayos y seis en los controles.

En las figuras 1 y 2 se han representado los valores del déficit de saturación hídrica (DSH) de las hojas de las dos especies en función del potencial hídrico ($-\Psi_a$) durante los dos ciclos de sequía.

En ambas figuras puede observarse que a igualdad de potencial hídrico para las dos especies, el DSH fue mayor en el trébol blanco que en los ecotipos de alfalfa. Esto nos pone de manifiesto que los tejidos foliares del trébol blanco se deshidrataron más fácilmente que los de Aragón y Tierra de Campos. Además, durante el segundo ciclo (fig. 2),

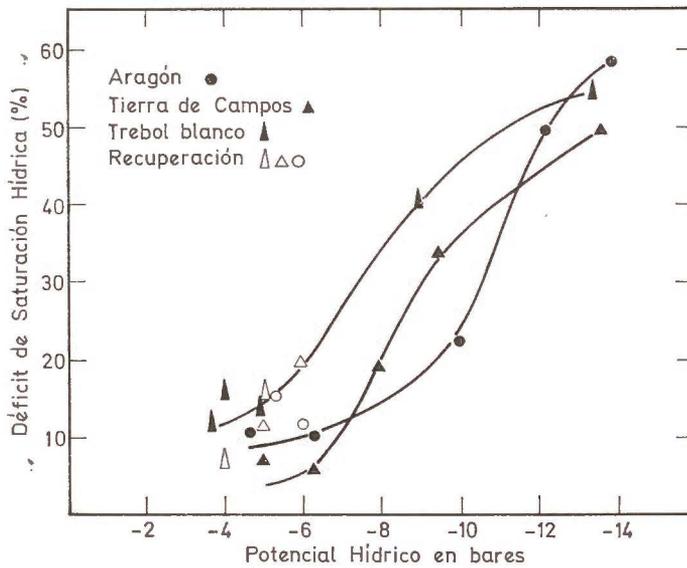


Fig. 1.—Relación entre el déficit de saturación hídrica y el potencial hídrico foliar durante el primer ciclo de sequía.

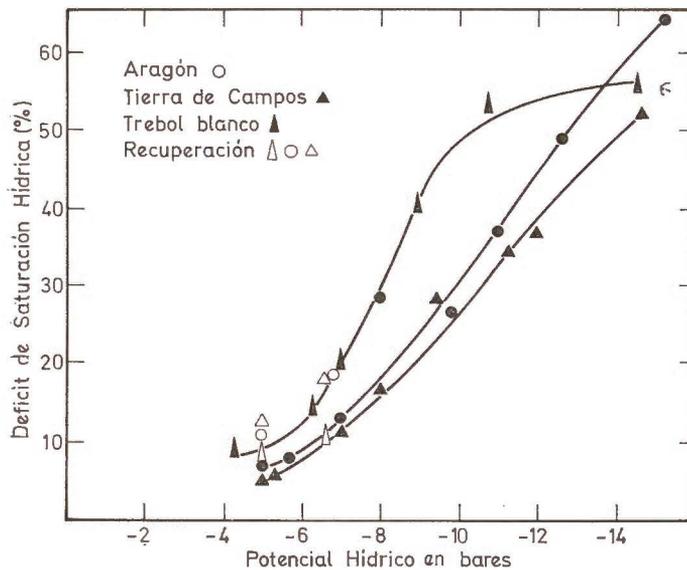


Fig. 2.—Relación entre el déficit de saturación hídrica y el potencial hídrico foliar durante el segundo ciclo de sequía.

La alfalfa Tierra de Campos vio aumentada su resistencia a la desecación en relación con el ecotipo Aragón. Frecuentemente se afirma que las plantas más resistentes a la sequía presentan, cuando se someten a los mismos niveles de potencial hídrico, un menor aumento del DSH que las menos resistentes a la sequía (9, 13, 18). Desde este punto de vista las alfalfas se comportaron como más resistentes a la desecación que el trébol blanco pero mucho menos que el sorgo (9).

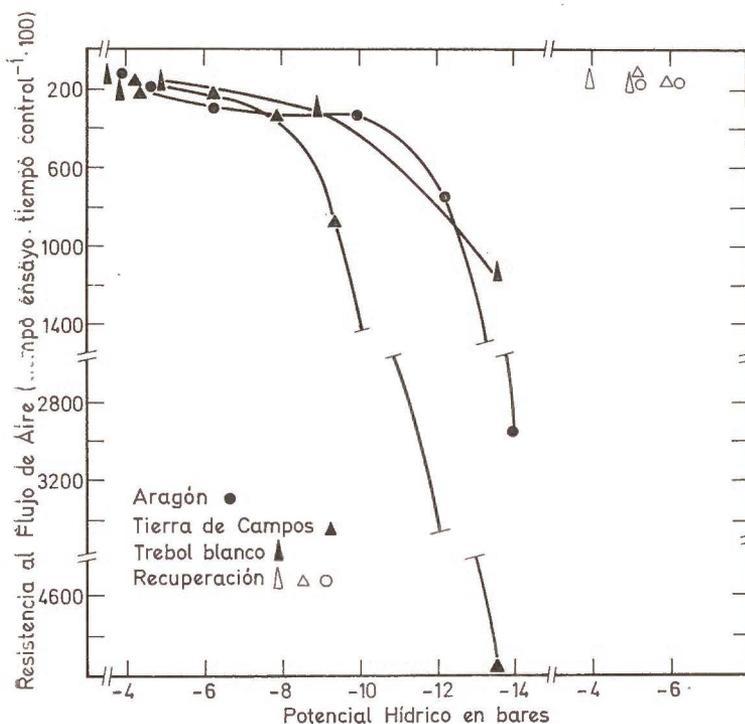


Fig. 3.—Resistencia al flujo de aire en la hoja en función del potencial hídrico durante el primer ciclo de sequía.

Las diferencias existentes entre las curvas que relacionan el potencial hídrico con el déficit de saturación hídrica (figs. 1 y 2) nos ponen de manifiesto la posible existencia en las dos especies de diferencias en las propiedades de la pared celular, especialmente en la turgencia y características elásticas (11).

Durante la recuperación los valores que se obtuvieron del DSH en las alfalfas fueron de magnitud ligeramente superior a los obtenidos durante la sequía, indicando así la existencia de un pequeño déficit. En el trébol blanco en cambio, la recuperación de la turgencia del tejido foliar fue anterior y más intensa que la de las alfalfas (figs. 1 y 2).

Los resultados de la influencia de la sequía en la abertura estomática están expresados en las figs. 3 y 4.

En las dos especies la regulación de la pérdida de agua por los estomas comenzó desde los momentos iniciales de la sequía (potenciales hídricos superiores a -5 bares). Babel (3) encontró que cuando empieza a notarse en la alfalfa el control estomático de la transpiración, el potencial hídrico del suelo en la zona radicular se hace igual a -4 bares.

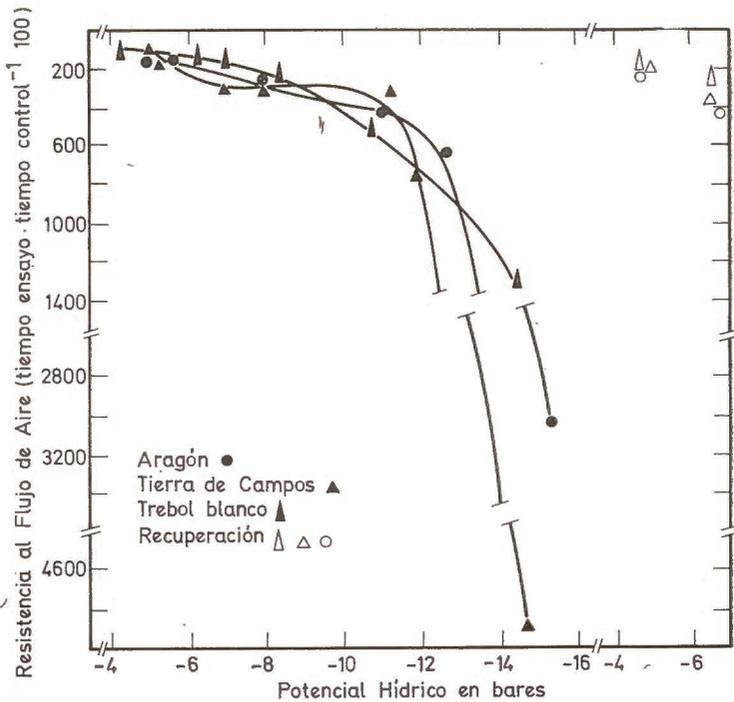


Fig. 4.—Resistencia al flujo de aire en la hoja en función del potencial hídrico durante el segundo ciclo de sequía.

Hay que decir, no obstante, que se observaron importantes diferencias entre los dos ecotipos. Durante el primer ciclo (fig. 3) alfalfa Tierra de Campos desencadenó un cierre estomático acentuado para niveles de sequía ($\Psi_a = -8$ bares) más elevados que en el ecotipo Aragón y el trébol blanco, tratando de reducir la pérdida de agua por los estomas, pero impidiéndose así, probablemente, el intercambio de otros gases (CO_2 y O_2) (10).

Durante el segundo ciclo (fig. 4), excepto en el ecotipo Tierra de Campos, se observa un tipo de comportamiento estomático parecido al del primer ciclo. En Tierra de Campos, en cambio, el cierre estomático se produjo para niveles de potencial hídrico más bajos que en el pri-

T A B L A I

Errores «standard» de la resistencia a la permeabilidad

	Días	Aragón		Tierra de Campos		Trébol blanco	
		Control	Ensayo	Control	Ensayo	Control	Ensayo
1. ^a sequía	1	1,8 ± 0,2	2,1 ± 0,0	1,9 ± 0,1	2,8 ± 0,5	2,1 ± 0,5	3,0 ± 0,2
»	5	3,6 ± 0,2	6,4 ± 0,9	4,4 ± 0,5	8,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2	5,7 ± 0,5
»	7	3,0 ± 0,2	9,4 ± 0,8	5,4 ± 0,2	9,8 ± 1,0	4,6 ± 0,5	6,8 ± 0,4
»	10	3,5 ± 0,4	9,4 ± 2,2	3,2 ± 0,6	9,6 ± 1,0	4,1 ± 2,0	13,7 ± 0,9
»	12	1,9 ± 0,1	13,9 ± 1,6	2,2 ± 0,1	15,4 ± 4,1	3,8 ± 0,5	42,3 ± 2,6
»	14	1,6 ± 0,2	46,6 ± 3,0	1,6 ± 0,1	79,6 ± 2,3	—	—
1. ^a recuperación	17	3,0 ± 1,2	6,7 ± 0,9	3,3 ± 0,6	4,2 ± 1,1	3,1 ± 0,0	5,7 ± 0,7
»	19	1,8 ± 0,1	2,5 ± 0,3	1,4 ± 0,1	2,5 ± 0,2	3,1 ± 0,3	3,6 ± 0,2
2. ^a sequía	24	2,0 ± 0,2	2,8 ± 0,1	1,6 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,6 ± 0,1	3,6 ± 0,1
»	26	2,1 ± 0,2	5,5 ± 0,9	1,4 ± 0,1	4,2 ± 0,7	3,5 ± 0,5	5,1 ± 0,8
»	28	2,8 ± 0,4	7,3 ± 0,4	3,1 ± 0,5	9,8 ± 6,3	2,9 ± 0,3	4,0 ± 0,4
»	29	3,3 ± 0,6	13,9 ± 3,1	—	—	—	—
»	31	3,3 ± 0,6	13,9 ± 7,7	2,8 ± 0,5	16,1 ± 4,0	6,3 ± 0,5	5,8 ± 1,2
»	33	2,7 ± 0,5	15,2 ± 4,4	3,8 ± 1,0	35,2 ± 1,9	2,4 ± 0,4	18,1 ± 4,7
»	34	2,0 ± 0,4	60,8 ± 5,0	1,5 ± 0,2	73,1 ± 7,0	3,3 ± 0,3	45,4 ± 4,0
2. ^a recuperación	35	2,1 ± 0,2	9,6 ± 1,1	1,3 ± 0,1	4,7 ± 0,6	2,1 ± 0,1	6,1 ± 0,8
»	36	3,3 ± 0,5	8,0 ± 0,6	3,1 ± 0,5	6,4 ± 0,7	2,5 ± 0,2	4,6 ± 0,5

TABLA II

Errores «standard» del déficit de saturación hídrica

	Días	Aragón		Tierra de Campos		Trébol blanco	
		Control	Ensayo	Control	Ensayo	Control	Ensayo
1.ª sequía	1	8,8 ± 1,4	15,0 ± 2,8	14,3 ± 0,8	14,2 ± 0,5	10,4 ± 2,0	12,7 ± 2,0
»	5	9,8 ± 2,7	10,4 ± 1,2	9,3 ± 1,8	8,9 ± 0,9	9,0 ± 0,1	15,4 ± 0,7
»	7	5,5 ± 1,0	9,9 ± 0,7	4,5 ± 0,6	5,6 ± 0,4	5,6 ± 0,4	14,0 ± 2,0
»	10	7,2 ± 1,1	22,4 ± 2,3	8,6 ± 1,4	18,9 ± 1,2	8,3 ± 1,1	39,8 ± 3,7
»	12	8,8 ± 1,5	49,0 ± 4,6	10,1 ± 0,3	33,5 ± 2,2	7,8 ± 1,1	49,1 ± 3,5
»	14	10,2 ± 1,5	57,8 ± 4,0	8,5 ± 2,8	48,7 ± 1,8	—	—
1.ª recuperación	17	12,3 ± 1,7	15,7 ± 0,4	8,2 ± 0,3	18,8 ± 2,0	8,0 ± 0,1	21,7 ± 1,2
»	19	10,6 ± 1,8	11,6 ± 1,1	8,6 ± 2,3	11,4 ± 0,7	8,6 ± 1,4	15,5 ± 1,2
2.ª sequía	24	5,4 ± 0,0	7,1 ± 1,1	4,2 ± 0,6	4,4 ± 0,8	3,5 ± 0,6	8,7 ± 0,5
»	26	6,0 ± 0,3	11,7 ± 3,0	9,1 ± 3,6	10,7 ± 1,6	2,7 ± 0,3	13,8 ± 0,7
»	28	8,6 ± 0,9	28,3 ± 4,5	9,7 ± 1,9	15,7 ± 1,5	3,1 ± 0,3	19,7 ± 1,5
»	29	7,7 ± 0,0	26,6 ± 3,5	—	—	—	—
»	31	8,5 ± 0,8	36,7 ± 6,8	6,7 ± 4,8	34,1 ± 9,8	8,1 ± 0,5	40,5 ± 3,3
»	33	6,3 ± 0,4	48,6 ± 4,4	7,5 ± 0,0	36,1 ± 6,9	9,1 ± 0,6	53,1 ± 6,0
»	34	5,4 ± 1,0	58,4 ± 5,1	7,0 ± 0,2	51,1 ± 5,5	9,0 ± 0,2	55,5 ± 5,0
2.ª recuperación	35	5,1 ± 0,1	18,6 ± 0,3	6,4 ± 0,3	20,1 ± 2,0	8,1 ± 0,5	9,7 ± 1,3
»	36	5,9 ± 0,2	10,4 ± 0,7	6,9 ± 0,5	11,8 ± 0,6	8,0 ± 0,5	8,4 ± 0,6

T A B L A I I I

Errores «standard» del potencial hídrico

	Días	Aragón		Tierra de Campos		Trébol blanco	
		Control	Ensayo	Control	Ensayo	Control	Ensayo
1.ª sequía	1	3,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	3,0 ± 0,0	4,6 ± 0,0	3,5 ± 0,6	3,6 ± 0,4
»	5	3,0 ± 0,0	4,6 ± 0,2	3,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0
»	7	3,0 ± 0,0	6,3 ± 0,5	3,0 ± 0,0	6,3 ± 0,5	4,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0
»	10	3,5 ± 0,0	9,6 ± 0,3	4,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	9,0 ± 0,0
»	12	4,0 ± 0,0	12,3 ± 0,5	4,0 ± 0,0	9,5 ± 0,0	5,0 ± 0,0	13,5 ± 0,0
»	14	4,0 ± 0,0	14,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	13,6 ± 0,5	—	—
1.ª recuperación	17	6,0 ± 0,0	5,3 ± 0,3	5,0 ± 0,0	6,0 ± 0,0	4,5 ± 0,6	6,3 ± 0,4
»	19	5,0 ± 0,0	5,6 ± 0,3	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0
2.ª sequía	24	5,0 ± 0,0	5,6 ± 0,3	5,0 ± 0,0	5,3 ± 0,3	5,0 ± 0,0	4,3 ± 0,4
»	26	4,0 ± 0,0	7,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	7,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	6,3 ± 0,0
»	28	4,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	8,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	7,0 ± 0,0
»	29	5,0 ± 0,0	9,8 ± 0,5	—	—	—	—
»	31	5,0 ± 0,0	11,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	11,3 ± 0,5	5,0 ± 0,0	8,5 ± 0,0
»	33	4,5 ± 0,3	12,3 ± 0,5	4,0 ± 0,0	12,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	10,8 ± 0,3
»	34	5,0 ± 0,0	15,3 ± 0,4	5,0 ± 0,0	14,6 ± 0,5	5,0 ± 0,0	14,6 ± 0,5
2.ª recuperación	35	4,0 ± 0,0	6,8 ± 0,3	4,0 ± 0,0	6,6 ± 0,3	4,0 ± 0,0	6,6 ± 0,5
»	36	4,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0

mero. Si se tienen en cuenta los resultados de la figura 2, en que se puede ver que este ecotipo vio aumentada durante este segundo ciclo la resistencia a la deshidratación de sus tejidos foliares, nos vendría a decir que dicha planta fue capaz de mantener activo el intercambio de gases por los estomas (oxígeno, vapor de agua y CO_2) para niveles más bajos de potencial hídrico que en el primer ciclo, sin que por eso sus tejidos viesan disminuida la capacidad para retener agua.

En relación con la recuperación de la abertura estomática después de cada ciclo de sequía (figs. 3 y 4) podemos observar que los valores obtenidos fueron similares a los obtenidos al principio del experimento, antes de someter las plantas a la falta de agua, indicándonos que la recuperación de los estomas fue prácticamente completa y muy similar tanto en los ecotipos de alfalfa como en el trébol blanco. Esto podría contribuir a que la planta recuperase casi por completo sus funciones una vez que vuelva a disponer de suficiente cantidad de agua y de transcurrido un cierto período de tiempo posterior a la sequía (19).

Otro aspecto importante que hemos de destacar en las figuras 3 y 4 son los valores de la resistencia a la permeabilidad al aire en los momentos de mayor sequía, como indicadores en ambos ciclos de la transpiración cuticular. El hecho de que para los potenciales hídricos más bajos la resistencia a la permeabilidad fuese más elevada en Tierra de Campos que en Aragón y éstas a su vez que en el trébol blanco, sugieren que la transpiración cuticular siguió el siguiente orden de mayor a menor: trébol blanco, alfalfa-Aragón y alfalfa-Tierra de Campos. Es posible que estas diferencias, además de las existentes entre los sistemas radiculares de ambas especies, hayan contribuido a que el trébol blanco se deshidratase antes y más que las alfalfas (figs. 1 y 2).

En resumen, los datos obtenidos ponen de manifiesto que cuando se someten plantas de alfalfa y trébol blanco a la sequía, los tejidos foliares de las alfalfas presentan una mayor resistencia a la deshidratación que el trébol blanco. Además, Tierra de Campos que durante el primer ciclo de sequía desencadenó el cierre estomático para niveles de déficits hídricos más bajos que los de la alfalfa-Aragón y el trébol blanco, cuando se somete a un segundo ciclo es capaz de mantener abiertos los estomas para déficits hídricos más elevados que el primero, aumentando simultáneamente sus tejidos la capacidad para retener agua. Su comportamiento parece pues más típico de una planta mejor adaptada a condiciones de sequía. El trébol blanco, en cambio, se comportó como especie más ligada a las condiciones del medio. Estos resultados concuerdan con las diferencias morfológicas existentes entre las dos especies.

Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Fernando Hidalgo Maynar (Asociación de Investigación para la Mejora de la Alfalfa, Zaragoza), por proporcionarnos las semillas de alfalfa. También agradecen la ayuda y colaboración del Prof. Dr. P. Montserrat Recoder y de los Sres. D. José M.^a Domínguez y D. José M.^a Ruiz-Ojeda.

RESUMEN

En experimentos realizados en el invernadero con plantas de los ecotipos Aragón y Tierra de Campos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) que se sometieron a dos ciclos de sequía se observó:

La resistencia a la deshidratación de los tejidos foliares fueron de mayor a menor: alfalfa-Tierra de Campos, alfalfa-Aragón y trébol blanco.

Durante el primer ciclo de sequía el cierre estomático (medido con porómetro de flujo viscoso) de alfalfa Tierra de Campos se presentó para niveles de potencial hídrico más elevados (—8 bares) que en el ecotipo Aragón (—10 bares). Un segundo ciclo de sequía modificó el control estomático de alfalfa-Tierra de Campos, efectuándose para potenciales hídricos más bajos que en el primero y más similares a los de alfalfa-Aragón (—11 bares). En el trébol blanco el cierre estomático fue más gradual que en los ecotipos de alfalfa, no modificándose prácticamente del primer al segundo ciclo.

Los resultados obtenidos sugieren una mejor adaptación a las condiciones de sequía de la alfalfa-Tierra de Campos cuando se compara con el ecotipo Aragón y el trébol blanco.

*Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra.
Instituto de Edafología y Biología Vegetal. C. S. I. C.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALVIM, P. DE T. 1965. A new type of porometer for measuring stomatal opening and its use in irrigation studies. Unesco. Arid Zone Research, 25, 325-329.
- (2) AHLGREN, G. H. y FUELLEMAN, R. F. 1950. Ladino clover. Agronomy Journal, 2, 207-232.
- (3) BAVEL, C. H. M. VAN. 1967. Changes in canopy resistance to water loss from alfalfa induced by soil water depletion. Agricultural Meteorology, 4, 165-176.
- (4) CHISCI, G. C. 1964. Ricerche sul comportamento di alcune cultivar di erba medica (*Medicago sativa* L.) sottoposte a differenti regimi irrigui. Annali della sperimentazione agraria, XVIII, 79-113.
- (5) HAGAN, M., PETERSON, M. L., UPCHURCH, R. P. y JONES, L. G. 1957. Relationships of soil moisture stress to different aspects of growth in ladino clover. Soil Science Society American Proceedings, 21, 360-365.
- (6) KRAMER, P. J. 1969. Plant and soil water relationships. McGraw Hill Book Company, Nueva York.
- (7) LANDSBERG, J. J. 1967. Responses of lucernes to different moisture regimes. Experimental Agriculture, 3, 21-28.

- (8) SÁNCHEZ-DÍAZ, M. F., MOREY, M. y GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. 1969. Reacciones fisiológicas de las hojas del sorgo y el maíz a la sequía. II. Estudio de la permeabilidad de las hojas al aire mediante el uso de porómetros. Anales de Edafología y Agrobiología, XXVIII, 747-754.
- (9) SÁNCHEZ-DÍAZ, M. F. y KRAMER, P. J. 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. Plant Physiology, 48, 613-616.
- (10) SÁNCHEZ-DÍAZ, M. F. 1972. Efecto de la sequía en el maíz y el sorgo. Anales de Edafología y Agrobiología, XXXI, 927-937.
- (11) SÁNCHEZ-DÍAZ, M. F. y KRAMER, P. J. 1973. Turgor differences and water stress in maize and sorghum leaves during drought and recovery. Journal of Experimental Botany, 24, 511-515.
- (12) SHARDAKOV, V. S. 1948. New field method for the determination of the suction pressure of plants. Dokl. Akad. Nauk., URSS, 80, 169-172.
- (13) SLATYER, R. D. 1960. Absorption of water by plants. Botanical Review, 26, 331-392.
- (14) SLATYER, R. D. 1967. Plant water relationships. Academic press. Londres y Nueva York.
- (15) SLATYER, R. D. y TAYLOR, S. A. 1960. Terminology in plant and soil water relations. Nature, 187, 922.
- (16) STOCKER, O. 1929. Das wasserdefizit Gefässpflanzen in verschiedenen klimazonen. Planta, 7, 382-387.
- (17) TAYLOR, S. A., HADDOCK, J. L. y PEDERSEN, M. W. 1959. Alfalfa irrigation for maximum seed production. Agronomy Journal, 51, 357-360.
- (18) WEATHERLEY, P. E. y SLATYER, R. D. 1957. Relationships between relative turgidity and diffusion pressure deficit in leaves. Nature, 179, 1085-1086.
- (19) WILMAN, D. 1965. A note on drought-resistance in the lucerne plant. Journal of Agricultural Science, 65, 293-294.

Recibido para publicación: 26-XI-73

DETERMINACION DEL CALOR ISOSTERICO Y CONSIDERACIONES SOBRE EL MECANISMO DE LA ADSORCION DE FOSFATO POR OXIDOS DE HIERRO

por

L. MADRID, P. CABRERA, P. DE ARAMBARRI y E. DIAZ

SUMMARY

DETERMINATION OF THE ISOSTERIC HEAT AND CONSIDERATIONS ON THE MECHANISM OF ADSORPTION OF PHOSPHATE BY IRON OXIDES

Phosphate adsorption data for three different iron oxides at a wide range of pH values fitted with a very high correlation to both Langmuir and Freundlich isotherms, which shows that statistical calculations are unable to assign either model to the process in the present experimental conditions. Variation of maximum adsorption with pH was similar to the results reported by other authors.

Studies of heats of adsorption determined from adsorption isotherms at two different temperatures showed that the adsorption process at pH below the z p c (positive sites) appears to be a ligand exchange of $H_2PO_4^-$ for H_2O , whereas at pH values above the z p c (neutral or negative sites), the adsorption process appears to involve the release of a proton from the adsorbing phosphate anion through formation of a water molecule, either in the solution or at the surface itself.

Results showed that affinity of the surface is much greater for hydroxyl than for phosphate.

INTRODUCCIÓN

Las reacciones entre soluciones de fosfato y superficies minerales han recibido gran atención en los últimos años, sobre todo desde que Olsen y Watanabe (18), Hsu (12, 13) y Muljadi y col. (14, 15) sentaron las bases para el estudio del mecanismo de adsorción de fosfato por óxidos de hierro y aluminio. Antes que ellos, la mayoría de los investigadores suponían que la disminución de la concentración de P en soluciones en contacto con suelos o sus componentes se debía a la precipitación de fosfatos poco solubles.

La mayoría de los trabajos más recientes sobre adsorción de fosfato

por óxidos consideran que los resultados experimentales se ajustan a una isoterma de Lagmuir (Hsu, 12; Muljadi y col., 15; Hingston y colaboradores, 7, 8; Obihara, 17). Olsen y Watanabe (18), comparando la isoterma de Langmuir con la de Freundlich, encontraron que la primera se ajustaba mejor a los resultados por ellos encontrados para la adsorción de fósforo por suelos. Gunary (6) obtuvo la conclusión opuesta, y además propuso una tercera ecuación, introduciendo en la ecuación de Langmuir un término que incluía la raíz cuadrada de la concentración en el equilibrio, ecuación que en su opinión se ajustaba mejor a sus resultados de adsorción de P sobre 22 suelos. El primer objetivo del presente trabajo es estudiar las ecuaciones de Langmuir y de Freundlich aplicadas a varios óxidos de hierro, y determinar si estadísticamente es posible concluir, sin lugar a dudas, que el proceso sigue uno u otro modelo.

Hingston y col. (7, 8) obtuvieron isotermas a pH constante para la adsorción de diferentes aniones sobre goetita y gibbsita. Al representar los máximos de adsorción a cada pH con respecto al pH, obtuvieron unos máximos y/o puntos de discontinuidad a valores de pH sensiblemente iguales a los pK de los ácidos correspondientes.

Estos autores sugirieron (Hingston y col., 7, 8, 10) que los aniones con afinidad específica por las superficies de los óxidos entran en la capa de coordinación de la superficie por medio de un cambio de ligandos, desplazando H_2O y OH^- . Además, estos autores (11) concluyeron que los aniones parecen estar totalmente cargados en la capa de coordinación, y que dicha carga tenía mayor influencia en la magnitud de la adsorción que el tamaño del anión.

Aunque las conclusiones de estos autores explican razonablemente bien el comportamiento de ácidos monobásicos, no sugieren un modelo bien definido para la adsorción de ácidos polipróticos, especialmente a bajos valores de pH.

El segundo objetivo de este trabajo es presentar un posible esquema para describir la reacción entre iones fosfato y superficies de óxidos de hierro.

EXPERIMENTAL

Oxidos de hierro

Se utilizaron tres óxidos de hierro: la *goetita* (simbolizada en este trabajo como GT) se preparó por el método descrito por Taylor y colaboradores (19). El producto resultante tenía una superficie específica de 73,9 $m^2/g.$, medida por el método B. E. T., y su punto cero de carga (z p c) se alcanza a pH 6,5, determinado según Atkinson y col. (2). La *lepidocrocita* (LP) se sintetizó por precipitación de una sal ferrosa

con hexametilentetramina y oxidación subsiguiente con nitrito sódico (Brauer, 4); superficie específica, 108,0 m²/g y z p c a pH 7,4. La *hematites* (HT) se preparó calentando lepidocrocita a 300° C durante una hora. El producto final contenía una pequeña cantidad de material ferromagnético, probablemente maghemita, aunque ésta no fue detectable por difracción de rayos X. Superficie específica, 89,3 m²/g. y z p c a pH 6,5.

Isotermas de adsorción

Muestras de 0,2 g. de óxido se suspendieron en 50 ml. de soluciones de ClNa 0,1 M conteniendo PO₄H₂K con concentraciones iniciales en P de 0 a 60 p. p. m. El pH deseado se ajustó añadiendo pequeñas cantidades de ClH o NaOH 0,1 M. Las suspensiones se agitaron a temperatura constante durante veinticuatro horas. Las temperaturas elegidas fueron 15° C, 25° C y 35° C. Después del tiempo de agitación, se midió el pH de las suspensiones y se analizó la concentración de P en las soluciones centrifugadas. La determinación de P se hizo por el método de Murphy y Riley (16). El P adsorbido se consideró igual al desaparecido de la solución durante la agitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficientes de correlación

La tabla I presenta los coeficientes de correlación lineal calculados suponiendo que los sistemas estudiados siguen el modelo de Langmuir o el de Freundlich. Estas experiencias se realizaron a 25° C.

Como es sabido, si un proceso de adsorción sigue el modelo de Langmuir, la representación del cociente (concentración final)/(cantidad adsorbida) con respecto a la concentración final debe ser una línea recta con una pendiente igual a la inversa de la adsorción máxima, y una ordenada en el origen igual a la inversa del producto de dicha adsorción máxima por la llamada constante de Langmuir. Si por el contrario el modelo seguido es el de Freundlich, el logaritmo de la cantidad adsorbida frente al logaritmo de la concentración final dará una línea recta.

De un total de 29 representaciones de Langmuir utilizadas para la confección de la tabla I, nueve dieron una cierta convexidad respecto al eje de ordenadas: tres para la GT, cuatro para la LP, y dos para la HT. Este resultado es análogo al encontrado por Gunary (6) y Bache y Williams (3), si bien estos autores encontraban tal convexidad para la mayoría de sus experimentos, y en el caso presente se da en casos aislados.

TABLA I

Coefficientes de correlación lineal de las representaciones de Langmuir o Freundlich para isothermas de adsorción a 25° C

GT	pH	3,20	3,72	4,85	5,70	6,36	7,10	7,90	8,70	9,60	
	Langmuir	0,9976	0,9999	0,9997	0,9998	0,9998	0,9998	0,9999	0,9996	0,9983	
	Freundlich	0,7430	0,9951	0,9873	0,9807	0,9831	0,9492	0,9818	0,9406	0,9990	
LP	pH	3,25	3,46	4,04	4,75	5,83	6,37	7,01	7,92	8,55	9,60
	Langmuir	0,9979	0,9997	0,9982	0,9975	0,9987	0,9982	0,9988	0,9995	0,9966	0,9960
	Freundlich	0,9847	0,9807	0,9985	0,9945	0,9998	0,9975	0,9833	0,9934	0,9690	0,9852
HT	pH	3,00	4,00	5,14	6,06	6,33	6,88	7,27	7,58	8,13	9,36
	Langmuir	0,9963	0,9840	0,9993	0,9976	0,9977	0,9988	0,9985	0,9994	0,9588	0,9998
	Freundlich	0,9856	0,9924	0,9233	0,9653	0,9202	0,9549	0,9065	0,8462	0,9352	0,7042

Los coeficientes de correlación de ambas representaciones, según se deduce de la tabla I, muestran una significación muy alta ($P < 0,01$), con las únicas excepciones de las representaciones de Freundlich para la GT a pH 3,20 y para la HT a pH 9,36. Esto puede ser debido a la pequeña diferencia que existe entre ambos modelos en el margen de concentraciones de P considerado, lo cual hace que los puntos experimentales estén tan cerca de una como de otra representación. Como ejemplo de lo que acabamos de decir, en la figura 1 aparecen las isotermas de Langmuir y Freundlich calculadas para una experiencia de cada óxido, junto con los puntos experimentales. Además, valores interpolados de las curvas de Freundlich (líneas de puntos, figura 1) también se ajustan a sendas ecuaciones de Langmuir con coeficientes de correlación lineal de 0,9996 para la GT, 0,9986 para la LP, y 0,9999 para la HT. Este hecho es otra prueba de la incertidumbre de asignar uno u otro modelo a la adsorción de fosfato sobre óxidos para el margen de concentraciones utilizado.

Debe hacerse constar que si se extienden los experimentos a concentraciones más altas, el error en el cálculo del P adsorbido aumenta considerablemente, debido al error absoluto en la determinación de las concentraciones inicial y final, que llega a ser de un orden análogo a la diferencia entre ambas concentraciones.

El que un proceso de adsorción siga el modelo de Langmuir implica una homogeneidad de la superficie, es decir la existencia de sitios de adsorción con un único valor de la energía de adsorción. En la medida en que los sitios adsorbentes tengan diferentes energías de adsorción, el proceso se desviará del modelo de Langmuir. En el caso presente se puede afirmar, vistos los resultados expuestos en la tabla I, que no hay bastantes pruebas para admitir o descartar que el proceso siga el modelo de Langmuir, pero puede afirmarse que si en la superficie de los óxidos utilizados existen sitios con diferentes valores de la energía de adsorción, las diferencias entre estos valores es pequeña, y no se comete gran error si se supone que dicha energía de adsorción tiene un valor único.

Calores de adsorción

La tabla II muestra las constantes de Langmuir (K_L), los máximos de adsorción (x_m) y la superficie media ocupada por cada ión fosfato adsorbido (S_p) para experiencias de adsorción a 15° C y 35° C y a dos valores de pH para cada óxido. Los coeficientes de correlación lineal correspondientes al modelo de Langmuir aplicado a estas experiencias aparecen igualmente en la tabla. Como puede apreciarse, en todos los casos la correlación es altamente significativa ($P < 0,01$), al igual que en la mayoría de los experimentos reseñados en la tabla I.

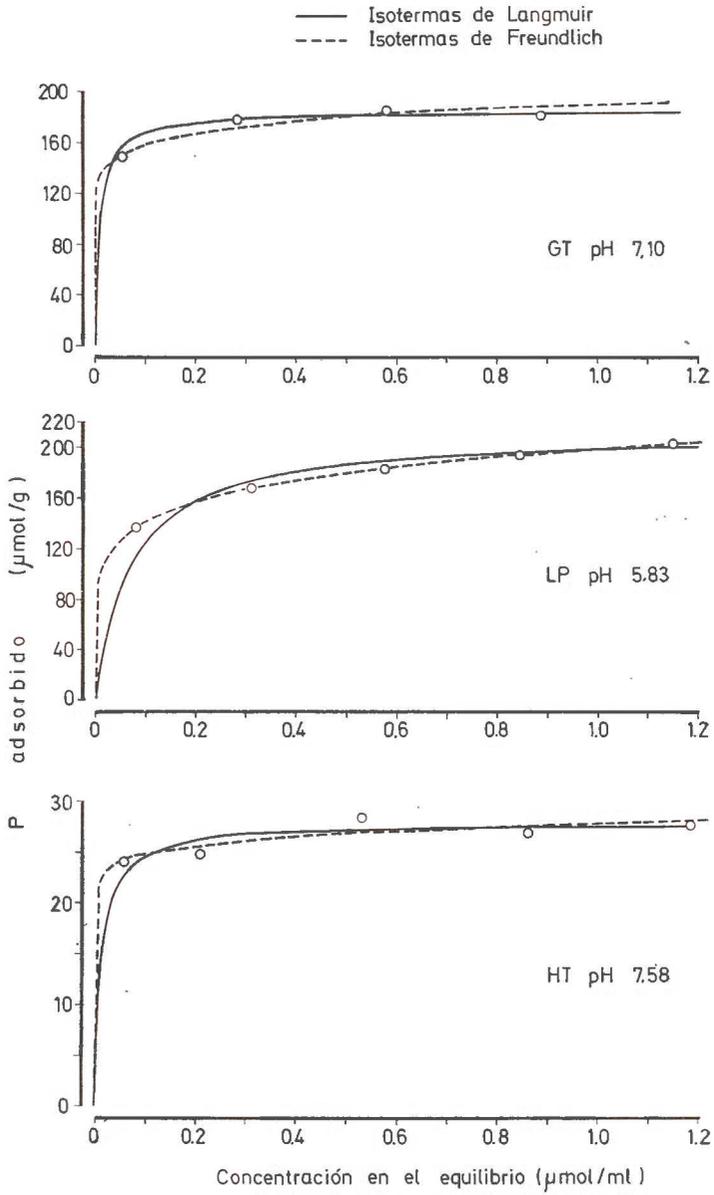


Fig. 1

TABLA II

Datos de adsorción, calculados según la ecuación de Langmuir, para experiencias a dos temperaturas y dos pH

Oxido	pH	t ° C	K _L ml/μmol	x _m μmol/g	S _p A ²	r
GT	3,19	15	35,6	253,8	48,5	0,9978
GT	3,01	35	89,9	266,4	46,2	0,9999
LP	3,20	15	18,4	247,2	72,8	0,9975
LP	3,15	35	61,1	274,5	65,6	0,9964
HT	3,20	15	24,7	274,3	54,3	0,9980
HT	3,04	35	77,6	285,8	52,1	0,9992
GT	9,39	15	17,1	98,7	124,8	0,9943
GT	9,14	35	16,5	105,4	116,9	0,9942
LP	9,32	15	11,7	92,2	195,2	0,9948
LP	9,06	35	7,4	104,1	172,9	0,9906
HT	9,19	15	11,3	101,3	146,9	0,9965
HT	8,94	35	6,0	119,0	125,1	0,9894

Los calores de adsorción pueden estimarse a partir de la isócara de van't Hoff,

$$\ln K_2 - \ln K_1 = - \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

donde K₁ y K₂ son las constantes de equilibrio a temperaturas absolutas T₁ y T₂. Puede demostrarse (1) que para cantidades iguales adsorbidas (por ejemplo, para una cantidad adsorbida igual a la mitad del máximo), las concentraciones de equilibrio a dos temperaturas están relacionadas con el calor de adsorción por

$$\ln (C_2/C_1) = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1)$$

Si la adsorción sigue la ecuación de Langmuir, para una cantidad de fósforo adsorbido igual a $\frac{1}{2} x_m$, se cumple que $C = 1/K_L$, y la ecuación (1) queda

$$\ln (K_{L1}/K_{L2}) = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

La ecuación (2) puede utilizarse para calcular ΔH, calor isostérico de adsorción. Los datos calculados para ΔH se dan en la tabla III, en Kcal/mol, junto con K_e, constante de la reacción de cambio entre el

ión hidroxilo y el fosfato en la superficie. K_e se calculó según la ecuación dada por Hingston y col. (8, 9),

$$K_L = \frac{(K_e/K_w) K (H^+)}{(H^+) + K} \quad (3)$$

donde K_w es la constante de disociación del agua, y K la constante de disociación del ácido correspondiente al anión que se adsorbe. Para calcular K_e en los experimentos a pH 3, K se consideró la primera constante del ácido fosfórico, y a pH 9, la segunda, calculadas a cada temperatura por las fórmulas dadas por van Wazer (20).

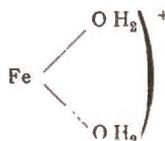
TABLA III

Calores de adsorción y constantes del cambio de ligando hidróxilo-fosfato

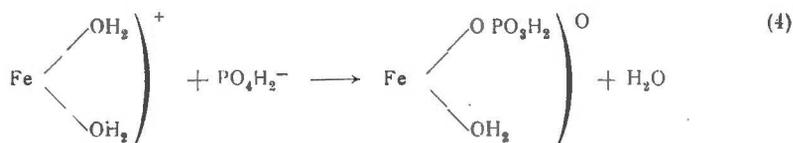
Oxido	pH	t ° C	K_e	ΔH
GT	3,19	15	$5,96 \times 10^{-10}$	
GT	3,01	35	$10,61 \times 10^{-10}$	8,2
LP	3,20	15	$3,14 \times 10^{-10}$	
LP	3,15	35	$9,59 \times 10^{-10}$	10,6
HT	3,20	15	$4,23 \times 10^{-10}$	
HT	3,04	35	$9,73 \times 10^{-10}$	10,1
GT	9,39	15	$4,22 \times 10^{-4}$	
GT	9,14	35	$2,30 \times 10^{-4}$	-0,4
LP	9,32	15	$2,46 \times 10^{-4}$	
LP	9,06	35	$0,86 \times 10^{-4}$	-4,0
HT	9,19	15	$1,76 \times 10^{-4}$	
HT	8,94	35	$0,53 \times 10^{-4}$	-5,6

Como muestran los resultados para ΔH de la tabla III, el proceso es endotérmico a pH 3, pero resulta exotérmico a pH 9. Este resultado puede explicarse de la forma siguiente:

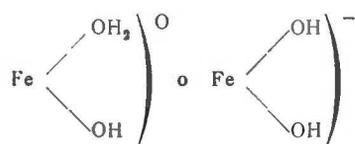
A pH 3, por debajo del p_c de todos los óxidos, el sistema reactivo debe estar formado por una superficie positiva, con grupos



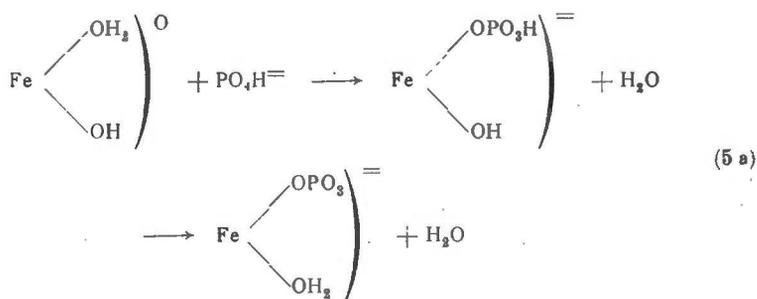
y una solución con PO_4H_2^- como ión fosfato predominante. En ta es condiciones, la superficie no tiene tendencia a tomar protones, y la reacción más probable es un cambio de ligandos:



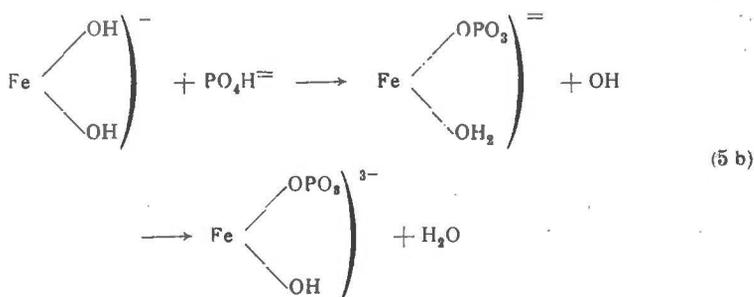
A pH 9, el ión predominante es PO_4H^- , y las superficies estarán principalmente formadas por grupos



que tendrán comportamientos diferentes frente al fosfato:



o bien



Si estos esquemas son correctos, y suponiendo que ΔH tiene valores análogos para los iones PO_4H_2^- y PO_4H^- , el valor de ΔH de la reacción a pH 9 deberá comprender el valor correspondiente al cambio de

ligandos, la formación de una molécula de agua y la liberación de un protón del ión PO_4H^- , mientras que a pH 3, ΔH sólo deberá contener la contribución del cambio de ligando. El valor de ΔH correspondiente a la reacción



es $-13,4$ Kcal/mol, y para la reacción



es $+3,5$ Kcal/mol. Ambos valores pueden calcularse a partir de los ΔH_f° para H^+ , OH^- , H_2O líquida y los iones PO_4H^- y PO_4^{3-} en solución, dados por Garrels y Christ (5). El ΔH total para ambas reacciones superpuestas será $\Delta H = -13,4 + 3,5 \simeq -10$ Kcal/mol. La diferencia entre los valores de ΔH a pH 9 y a pH 3 (tabla III) varía de -9 a -16 Kcal/mol. Teniendo en cuenta los errores experimentales, que para las determinación de K_L son elevados, y la posible influencia de las diferentes estructuras cristalinas, tales resultados son de orden análogo al valor -10 Kcal/mol calculado anteriormente, lo que parece sustentar que las reacciones 4, 5a y 5b son las que tienen lugar a los pH a que se efectúa la adsorción. Por otra parte, los valores de K_a dados en la tabla III hacen pensar que la afinidad de la superficie es mucho mayor para el hidroxilo que para el fosfato. No obstante, dichos valores no pueden utilizarse para el cálculo de variaciones de energía libre, debido a que la ecuación (3) utilizada para el cálculo de K_a es válida para ácidos monobásicos, y para utilizarla para ácidos como el fosfórico debería incluir la influencia de más de una constante de disociación.

RESUMEN

Los resultados para la adsorción de fosfato por tres diferentes óxidos de hierro en un amplio margen de valores de pH se ajustaban con una correlación muy alta tanto a la isoterma de Langmuir como a la de Freundlich, lo cual demuestra que los cálculos estadísticos no son suficientes para asignar uno de los dos modelos al proceso en las condiciones experimentales utilizadas. La variación de la adsorción máxima con el pH fue similar a los resultados encontrados por otros autores.

El estudio de los calores de adsorción determinados a partir de isotermas de adsorción a dos temperaturas diferentes demuestra que el proceso de adsorción a pH por debajo del $z p c$ (sitios positivos) parece ser un cambio de ligando de H_2O por PO_4H_2^- , mientras que a pH por encima del $z p c$ (sitios neutros o negativos), el proceso de adsorción parece consistir en la liberación de un protón del anión fosfato que se adsorbe para formar una molécula de agua, bien en la fase líquida o sobre la propia superficie.

Los resultados muestran que la afinidad de la superficie es mucho mayor para el hidroxilo que para el fosfato.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ADAMSON, A. W. 1960. *Physical Chemistry of Surfaces*. Interscience, N. Y.
- (2) ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1967. Adsorption of potential-determining ions at the ferric-aqueous electrolyte interface. *J. Phys. Chem.*, 71, 550-558.
- (3) BACHE, B. W. y WILLIAMS, E. G. 1971. A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22, 289-301.
- (4) BRAUER, G. 1958. *Química Inorgánica Preparativa*. Reverté, S. A., Barcelona.
- (5) GARRELS, R. M. y CHRIST, C. L. 1967. *Equilibres des Minéraux et de leurs Solutions Aqueuses*. Gauthier-Villars, Paris.
- (6) GUNARY, D. 1970. A new adsorption isotherm for phosphate in soil. *J. Soil Sci.*, 21, 72-77.
- (7) HINGSTON, F. J., ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1967. Specific adsorption of anions. *Nature* 215, 1459-1461.
- (8) HINGSTON, F. J., ATKINSON, R. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1968. Specific adsorption of anions on goethite. 9th Int. Congr. Soil Sci., Adelaide, I, 669-678.
- (9) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1968a. Adsorption of selenite by goethite. *Adv. Chem. Series* 79, 82-90.
- (10) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1970. Anion binding at oxide surfaces: the adsorption envelope. *Search* 1, 324-327.
- (11) HINGSTON, F. J., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1972. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. *J. Soil Sci.*, 23, 177-192.
- (12) HSU, P. H. 1964. Adsorption of phosphate by aluminum and iron in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28, 474-478.
- (13) HSU, P. H. 1965. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. *Soil Sci.*, 99, 398-402.
- (14) MULJADI, D., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1964. The adsorption of phosphate by kaolinite and aluminum oxides. 8 th Int. Congr. Soil Sci. Bucharest 4, 509-523.
- (15) MULJADI, D., POSNER, A. M. y QUIRK, J. P. 1966. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboehmite. *J. Soil Sci.*, 17, 212-247.
- (16) MURPHY, J. y RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27, 31-36.
- (17) OBIHARA, C. C. H. 1969. Interactions between soluble silica and phosphate in soils. Ph. D. Thesis University of Reading.
- (18) OLSEN, S. R. y WATANABE, F. S. 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.
- (19) TAYLOR, A. W., GURNEY, E. L. y MORENO, E. C. 1964. Precipitation of phosphate from calcium phosphate solutions by iron oxide and aluminum hydroxide. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28, 49-52.
- (20) WAZER, J. R. VAN. 1958. *Phosphorus and its compounds*. Interscience, N. Y.

STUDIES ON SODIUM-CALCIUM EXCHANGE EQUILIBRIA

II. IN EGYPTIAN SOILS

2. THE EFFECT OF SOME TREATMENTS ON THE EXCHANGE PROPERTIES OF SODIUM IONS

by

M. H. NAFADY

RESUMEN

ESTUDIOS SOBRE EL EQUILIBRIO DE CAMBIO SODIO-CALCIO EN
SUELOS DE EGIPTO. EFECTO DE ALGUNOS TRATAMIENTOS SOBRE
LAS PROPIEDADES DEL CAMBIO DE IONES SODIO

Se ha estudiado la forma de las relaciones Na-Q/I para algunos suelos de Dinamarca y Egipto. Se ha encontrado que esta forma para unos determinados suelos es característica. Depende de la textura del suelo, capacidad de cambio catiónico y amplitud de la superficie de cambio. El almacenaje, el secado y la realcalinización no afectan sobre la forma de la relación Na-Q/I. Existe la evidencia de que los procesos de fijación y de liberación pueden tener lugar para los iones sodio. El número de puntos específicos de sodio fue reducido por eliminación mediante lavado.

In part I of this work (Nafady and Iamm, 1972) the concept of Na-Ca exchange isotherm has been studied in the hope to be used as a simple measure to describe the Na status in soils, in the analogy of the very useful isotherms of K-Ca, Cu-Ca, and P-Ca which have been used by several authors (e. g. Beckett, 1964 a, b; Tinker, 1966; Tinker and Bolton, 1967; Nafady and Iamm, 1972 a, b; Jensen, 1970).

The examined soil sample (in part I) was found to obey the ratio law (Schofield, 1947) for Na-(Ca + Mg) regardless to Ca concentration upto 0.05 M/L., soil-solution ratio (1:1 — 1:50) and Mg-Ca ratio (1:1 — 1:10) in agreement with Bower finding (Bower, 1959).

The form of the Na-Q/I relations for a given soil was found to be a characteristic of this soil and remains unaffected by sodium application

or removal, consequently it has been suggested as a useful measure to relate the availability or intensity (I) of Na to the quantity (Q) present in soils.

The sodium-calcium exchange isotherm may be described by the modified Gapon equation (Gapon, 1933; Bolt, 1955) as a graph of $\text{Na}_{\text{ex}}/\text{Ca}_{\text{ex}}$ (the ratio of the exchangeable ions) against $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$ (or AR^{Na}). However in most field soils $\text{Na}_{\text{ex}} \ll \text{Ca}_{\text{ex}}$. Therefore, changes in Na_{ex} are accompanied by only insignificant changes in Ca_{ex} , and the isotherm is presented as a graph of Na_{ex} against $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$ (see part I by Nafady and Iamm, 1972). In this form the isotherm directly relates the quantity factor (Q) to the intensity factor (I) of Na in the soil and it is a Q/I relationships. The activity ratios define the relative ease of removal of equivalent amounts of Na and Ca from the soil in so far the relative ease of removal is controlled mainly by the amounts of these ions or by the way they are held in the soil (see Beckett, 1964 a, 1971, 1972; Beckett and Nafady, 1969).

In the present work the changes in the exchangeable sodium is measured by means of a dilute solutions of CaCl_2 , nearly comparable to the soil solution of field soils (0.01 M). In addition the procedure used removes the necessity to make a complete extraction of all exchangeable sodium in order to determine its amount. So, when studying the dependence of Q_{Na} on AR^{Na} , it is more convenient to measure the quantity of labile Na in a soil in terms of ΔNa , the amount of Na which must be gained or lost by the soil in order to come to equilibrium with solutions of AR^{Na} different from that of the soil in its original condition. A graph of ΔNa against AR^{Na} has the same form as a graph of Q_{Na} against AR^{Na} and avoids the difficulties of measuring Q_{Na} . The procedures for measuring Q/I relations for labile Na have been described elsewhere (Nafady and Iamm, 1972; Nafady, 1972).

ΔNa must be estimated as the difference between the concentrations of a solution before and after the addition of soil. However, if the two concentrations are high and ΔNa is small, relatively small errors in estimating the two concentrations may lead to large errors in ΔNa . The geometric properties of Na-Q/I relations shown in Fig. 1 are: AR_0^{Na} , the equilibrium activity ratio $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$ (preferably $a_{\text{Na}}/\sqrt{a_{\text{Ca}} + m_{\text{g}}}$ as has been shown by many authors, e. g. Beckett, 1964; Nafady, 1972; Nafady and Iamm, 1972) at $\text{Na} = 0$; PBC^{Na} , (Potential Buffering Capacity) the slope of the upper linear part; Na_x , the difference between the curved and the linear parts at $\text{AR}^{\text{Na}} = 0$, representing the number of Na-specific sites, Na_L , the amount of Na, which must be removed to reduce AR_0^{Na} to zero (i. e. the amount of labile Na which is exchangeable to 0.01 M CaCl_2 used in the determination).

The values of Na_x and Na_L depend on the accuracy of an asymptotic

extrapolation to $AR = 0$. Thus, the values of Na_x and Na_L might be valid only for compositions between treatments in the same experiment.

Several workers (e. g. Beckett, 1964 b, Beckett and Nafady, 1967, 1968, 1969; Nafady and Iamm, 1972; Nafady, 1972) have reported that K-Q/I relations (which is almost similar to Na-Q/I relations) consists of two parts: an upper linear part conforms to exchange equations of the Gapon-type as has been shown by Bolt (1955). This part is related to the planar surfaces of the clay minerals (Beckett and

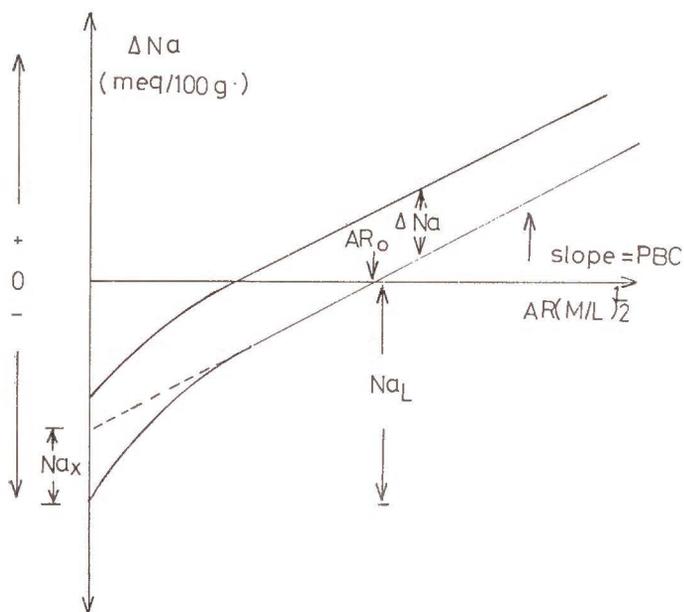


Fig. 1. The geometric properties of Na-Q/I relations.

Nafady, 1967) with exchange sites exhibiting no specific affinity for K. The slope of this linear part is the Potential Buffering Capacity (PBC) which determines the ability of the soil maintain the intensity against depletion. This slope is determined mainly by the nature and extent of exchange surfaces (Beckett and Nafady, 1967 b). However, Beckett (1971) suggested to call the slope of the Q/I relations (of any ion) LBC or Linear Buffering Capacity, as it is the property of the soil which is unaffected by short term changes in AR. The curved lower part of the Q/I relations (reported for calcium, magnesium, sodium and potassium) has been attributed to a relatively small number of sites with a more specific affinity for the cations involved, and it is not necessary to assume that all such specific sites have equal affinity. From studies on K and Na Q/I relations on Danish and Egyptian soils, Nafady (1972) has found that the Gapon constat (K_G) and PBC for K

were higher than that for sodium. However K_G for sodium in the two soil was the same. K_G for potassium in the Egyptian soil was higher than that in Danish soil. These results indicate that Na-exchange sites are similar in the two soils but K-exchange sites were different. The lower curved parts of the Na-Q/I relations of the two soils (Na_x) were very small compared to the potassium curved parts (K_x). This indicates that the number of Na specific sites is small compared to the number of K specific sites. Other work by Nafady (in preparation) on large number of soils confirms the above finding.

If, however, such Q/I relations to be of any value in specifying the status of Na in soils, its form must be unaffected by field and laboratory treatments to which soils and samples are usually subjected. Therefore, the goal of this paper is to study the effect of texture, depth, depletion, drying and storage on the form of Na-Q/I relation of a typical Egyptian soil. The second goal is to explore the exchange properties of sodium ions in soil colloids.

MATERIAL AND METHODS

Soils used

The decision was to choose some soil samples representing different zones. Therefore Danish and Egyptian soil samples were selected for this study. The work was carried out on many soil samples. However, the results reported here are on a typical Egyptian sample. Other results will be reported later to explain some other points; (see table I).

TABLE I

The properties of the investigated soil

Location	Clay %	CEC meg/100 g	Na_{ex} %	OM %	$CaCO_3$ %	pH
						in 0.01 M $CaCl_2$
El-Giza	40	57.8	1.0	< 1	3.2	7.8

Methods

Q/I relations: Procedure for determining Na-Q/I relation has been summarized by Tinker (1966), Tinker and Bolton (1967), Nafady (1972) and Nafady and Iamm (1972). Briefly: one 2.5 g and seven 5 g soil samples are shaken in 50 ml aliquots of 0.01 M $CaCl_2$ solution, each containing different amount of added NaCl. The initial activity ratios:

of the solutions range from 0 to 0.05 (M/L)^{1/2}. The soil-solution suspensions are shaken for 30 mins at 25° C. This period of time has been found (Nafady and Iamm, 1972) to be long enough in order to reach equilibrium between the labile forms of Na. Then the solutions are separated by centrifugation. The solutions are analysed for Na flame photometry and Ca + Mg by versenate titration. The equilibrium activity ratio (AR^{Na}) and the values of Δ Na (= initial-final conc. of Na) for each suspension is calculated and expressed as meq/100 g soil. Then a graph of ± Δ Na against AR^{Na} is plotted giving the Q/I relations for labile Na present in the soil at the time of determination.

Exchangeable sodium, Na_{ex}, was determined by shaking 5 g soil samples in 50 ml NH₄OAc at pH 7 for 15 minutes. After centrifugation, this treatment was repeated three times and Na determined in the combined solutions and expressed as meg/100 g soil.

Cation Exchange Capacity, CEC, was determined by saturating the soil samples with M CaCl₂ at pH 7. The Ca was then replaced by M NH₄OAc and determined by versenate titration.

EXPERIMENTS AND RESULTS

The effect of soil texture and extent of exchange surfaces

The Na-Q/I relations as used in this paper, and explored by other authors (e. g. Beckett, 1971) is described by the following equation:

$$Na_{ex} = K_G \cdot Ca_{ex} \cdot a_{Na} / \sqrt{a_{Ca}} \quad (1)$$

$$\text{From eq. 1 } PBC = K_G \cdot Ca_{ex} \text{ where } PBC = dQ/dI. \quad (2)$$

In most calcareous and Neutral soils $Ca_{ex} \approx CEC$, i. e. the PBC is a function of Ca_{ex} or CEC, and from eq. 1

$$Na_{ex} = K^- \cdot \frac{1}{\text{Charge density}} \cdot Ca_{ex} \cdot a_{Na} / \sqrt{a_{Ca}} \quad (3)$$

$$= K^- \cdot \frac{\text{surface area}}{CEC} \cdot Ca_{ex} \cdot a_{Na} / \sqrt{a_{Ca}} \quad (4)$$

$$\approx K^- \cdot \text{surface area} \cdot a_{Na} / \sqrt{a_{Ca}} \quad (5)$$

The surface area and CEC refer to those parts of the exchange surfaces available for Na-Ca exchange. K^- describes the relative specificity of non-coulombic forces on the clay surfaces for Na and Ca, and is related to the preference factor of Bolt et al. (1963).

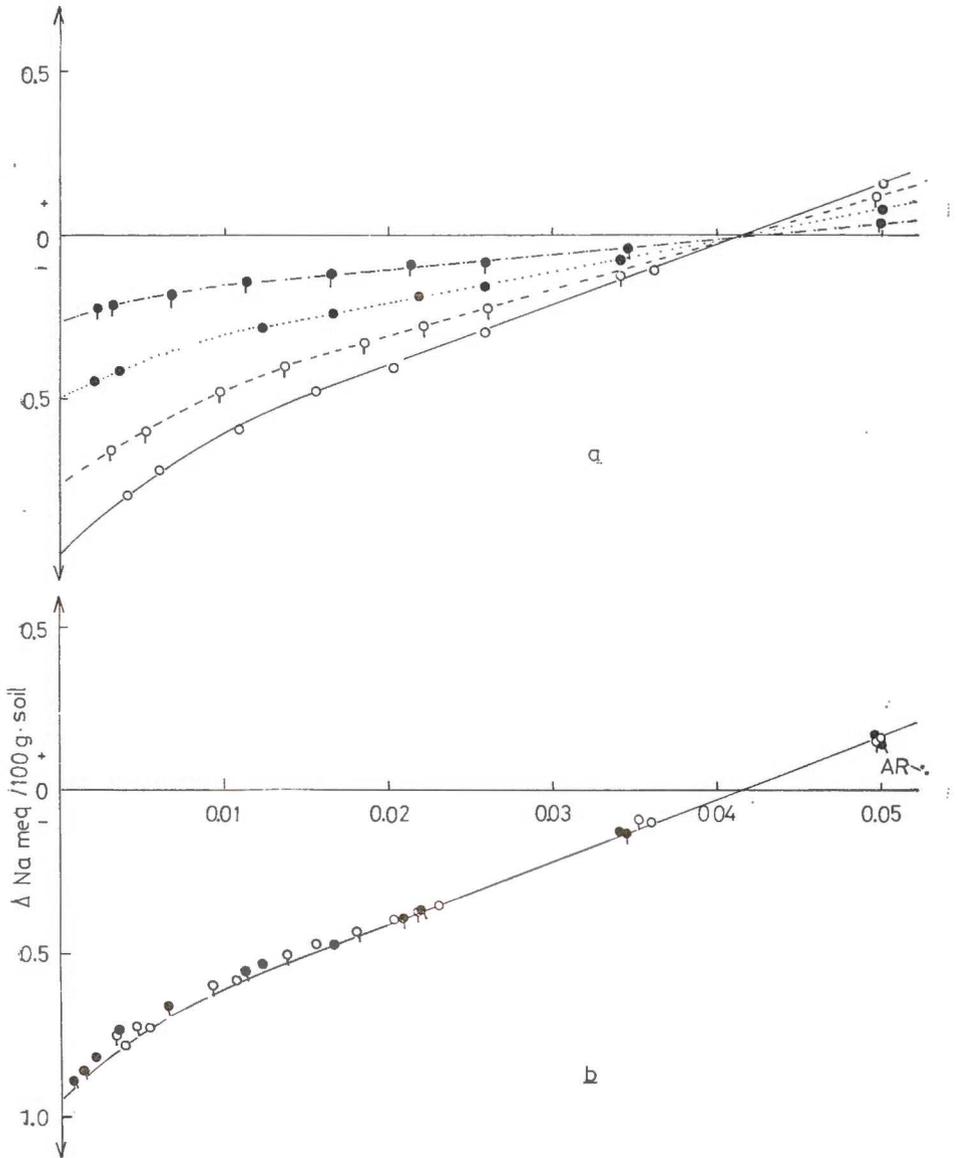


Fig. 2.

- (a) The Q/I relations of «soil-sand» mixtures.
 (b) The Q/I relations of «soil-sand» mixtures when calculated on the basis of only «soil».
- (•), 100 % soil, (○), 75 % soil, (◐), 50 % soil,
 (◑) 25 % soil.

Thus for surfaces similar in all respects except their extent (amounts) i. e. when K^- in eq. 5 is constant, the PBC^{Na} should be approximately proportional to the surface area available for Na-Ca exchange.

The above suggestion has been proved by diluting a soil sample with different amounts of acid washed sand. The soil-sand mixtures contained 25, 50, 75 and 100 % soil. The sand is an inert material and has no effect on the exchange material, and used to fix the soil weight and consequently the soil-solution ratios. Then the Q/I relations were made for the four mixtures, and the results are shown in Fig. 2 and table II.

TABLE II

The properties of soil-sand mixtures

Soil-sand mixtures %	Na_{ex} meg/100 g mixture (*)	$(Ca+Mg_{ex})$ meg/100 g mixture (*)	CEC	K_G	PBC meg/100 g	Na_x mg/100 g	Na_L mg/100 g	AR_o (M/L) ^{1/2}
Soil	10	52.8	57.8	0.5	18	0.18	0.98	0.0418
75 soil.....	0.73	39.5	43.4	0.5	13	0.15	0.75	0.0418
50 soil.....	0.52	26.5	28.9	0.5	9	0.1	0.5	0.0418
25 soil.....	0.25	13.2	14.4	0.5	4.5	0.05	0.25	0.0418

(*) Air-dried.

Fig. 2 a shows that the individual Q/I relations of the soil-sand mixtures proportion to the amount of soil present. The four Q/I's fit one form when the results were calculated on the basis of soil only (as it is shown in Fig. 2 b) and the results in table II confirm the above findings. This indicates that for similar exchange materials, the PBC depends on soil texture and extent of the exchange surfaces.

The effect of soil depth

In order to use the Q/I relations in reclamation of alkaline soil and to assess the availability of sodium to plants in natural soils, the top and sub-samples must fulfill the requirements for Q/I relations. Therefore, the Q/I relations were made on samples were taken from 20, 50 and 100 cm depths, and the results are shown in Fig. 3.

It is clear from Fig. 3 that the Q/I relations have been constructed for each soil sample indicating that the samples taken from different depths fulfill the requirements for the Q/I concept to be applied. The values of the Q/I parameters for each depth are different. This is due to migration and transportation of clay particles, O. M. and replacement

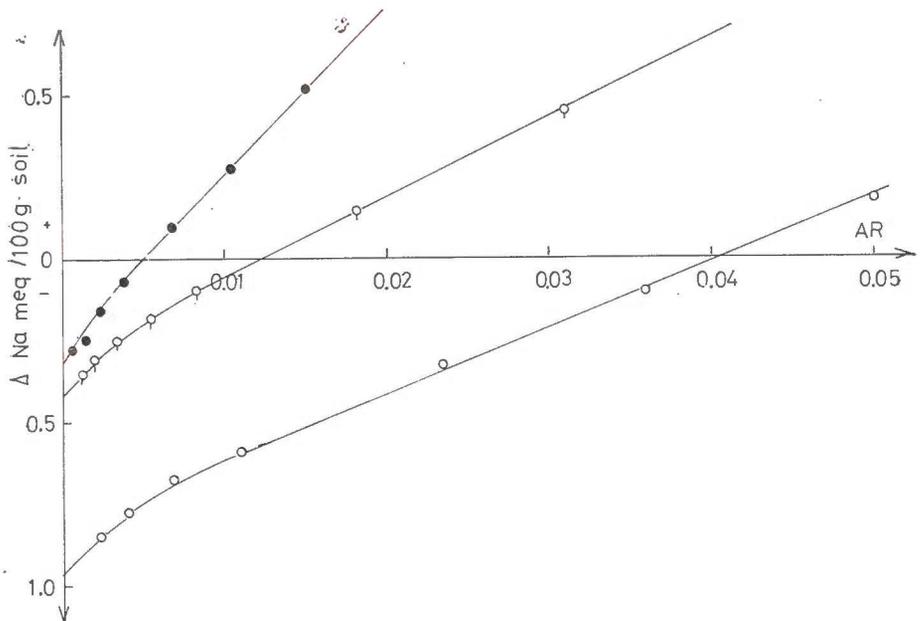


Fig. 3. The effect of soil depth on the form of Na-Q/I relations for different soil depths.

(○), 20 cm depth; (◻), 50 cm depth; (•), 100 cm depth.

of sodium ions during irrigation and rain fall which makes the soil layers exhibit different components.

The effect of re-alkalinization on the Q/I relations

Two sub-samples were used, one sample was depleted from its Na by leaching with $M CaCl_2$, and the other sample was undepleted. The Q/I relations were determined on the two sub-samples without any treatment (control) and after moistening with amounts of distilled water containing NaCl to give 0.5 meq/100 g soil on the air dry basis.

The treated samples were mixed thoroughly and kept moist 48 hours for equilibration, and the Q/I relations are shown in Fig. 4.

Fig. 4 shows that the four Q/I's are parallel (Fig. 4 a) and the superimposed one's make one form. This finding indicates that the form of Q/I relations has not been affected by sodium application (alkalinization) or removal (liming), suggesting that the sodium Q/I relations can be used as a measure for sodium status in soils.

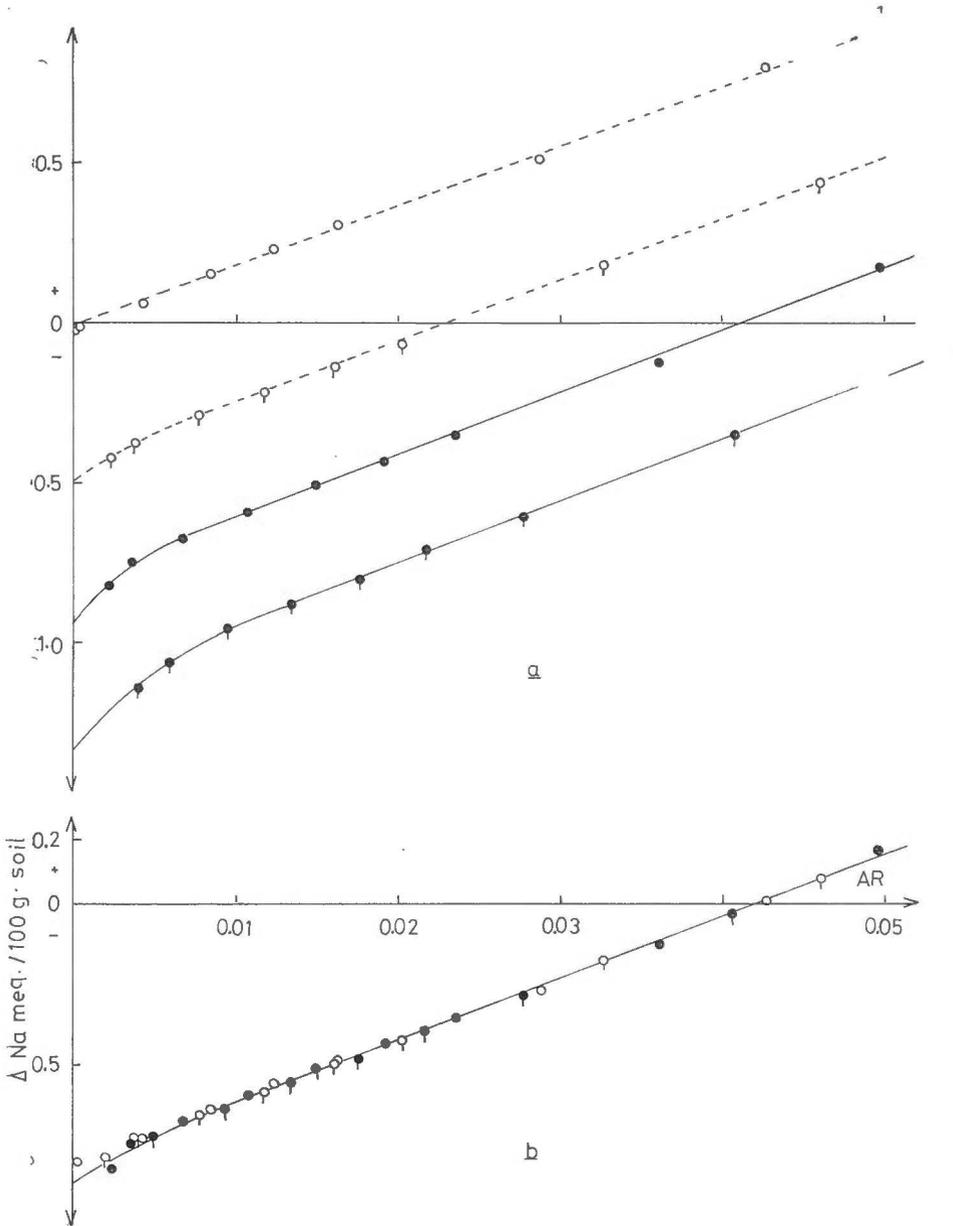


Fig. 4. The effect of Na-accumulation on the form of Na-Q/I relations.

(○), depleted soil, (◊) depleted air-dried soil + 0.5 mg/100 g.
 (●), undepleted soil; (◐) undepleted soil + 0.5 meq.
 a — Individual Q/I b — Superimposed Q. I's.

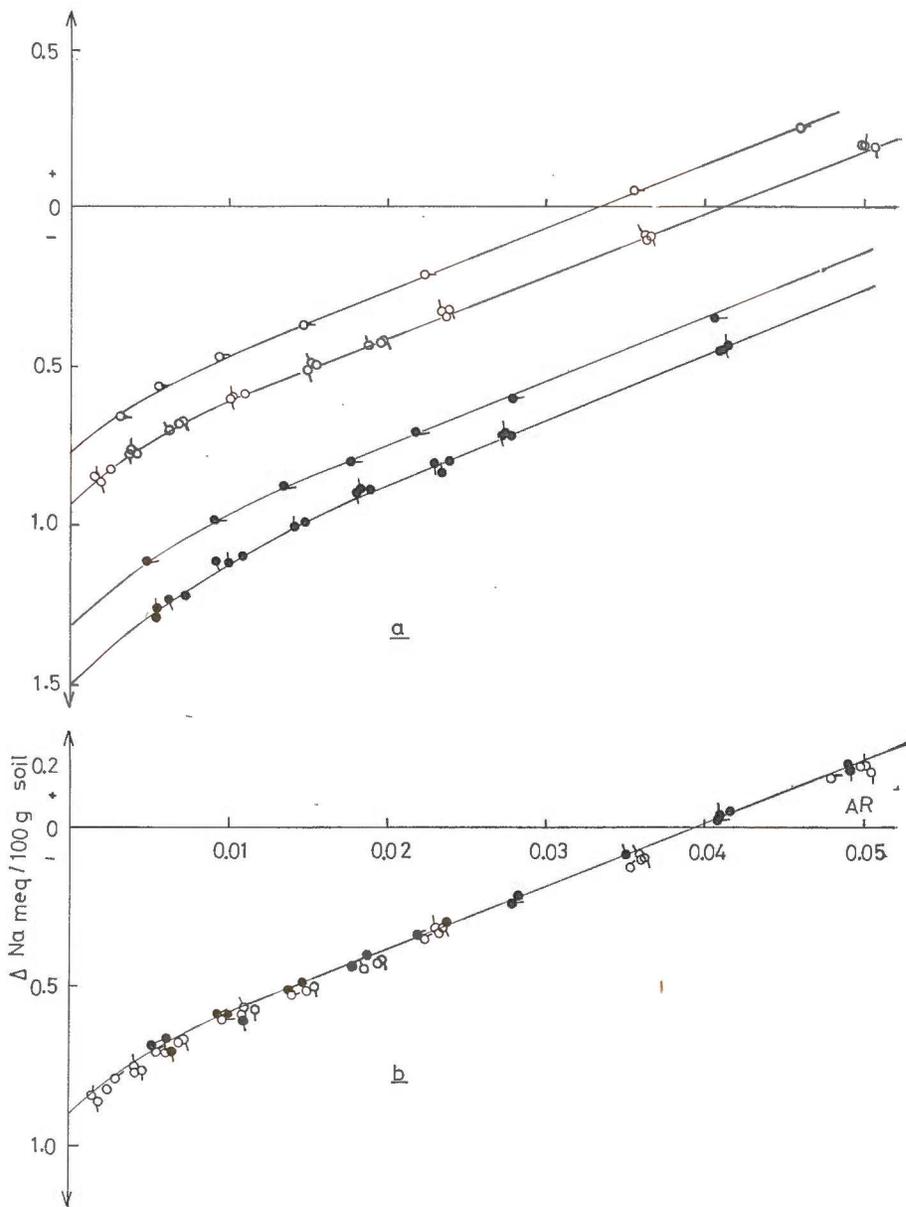


Fig. 5. The effect of storage moist and dry on the Q/I relations of soil samples treated with Na and untreated.

- (○), untreated dry sample, (○—) untreated moist sample,
- (●), enriched with 0.5 meq/100 g, air dry sample,
- (●—), enriched with 0.5 meq/100 g moist sample.
- (○̂), untreated dry sample after two months storage.
- (○—̂), untreated moist sample after two months storage.
- (●̂—), enriched moist sample after two months storage.
- (●̂), enriched dry sample after two months storage.
- (a) individual Q/I relations, (b) Superimposed Q/I relations.

The effect of storage

Not always the chemical analysis can be made directly on the fresh soil samples. Usually the samples are stored for some time. Therefore the effect of storage on the Q/I relations has been studied to find out its effect.

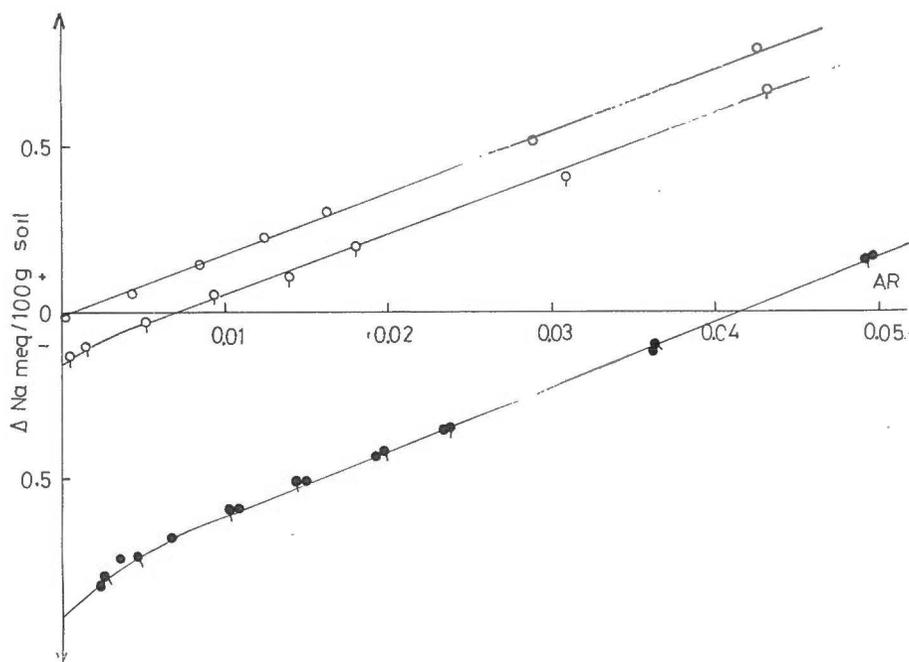


Fig. 6. The effect of air-drying on the Q/I relations of Na-depleted soil and undepleted.

(o), depleted moist soil; (φ) depleted air-dried soil;
(•), undepleted moist soil; (◐) undepleted air dried soil.

Sub-sample was treated with 0.5 meq/100 g soil by moistening with a suitable amount of distilled water containing NaCl. The treated sub-sample was divided into two parts: one part was kept moist and the other part air-dried.

Four Q/I 's were determined on the above two subsamples and on untreated soil sample in moist and dry conditions. The four Q/I 's were repeated on the four samples after two months storage and the results are shown in Fig. 5 a, b.

The results in Fig. 5 a shows that the 4 Q/I 's are parallel and the superimposed make one form. This indicates that sodium application has no effect. Moistening the control sample has also no effect. This

suggests that water added to the soil by normal irrigation, as in Egypt, or by rain, as in Denmark, has no effect on the exchange materials in soils.

Fig. 5 a shows that the Q/I 's, after two months storage, are parallel and the superimposed ones make one form. This suggests that storage has no effect on the *form* of Na- Q/I relation. However, the Q/I of the samples kept moist shifted little vertically. This indicates that storage moist reduced the amount of labile Na. This reduction may be due to Na fixation as it is reported by Babcock (1960) or microbial activity.

The effect of drying

Usually the field samples brought to the laboratory are dried before analyses. This air-drying might affect the nature of exchange surfaces for Na-Ca equilibration, and alter the form of the Q/I relation. Therefore this effect have been studied by determining Q/I relations on two soil samples in moist and air-dry conditions. One sample was untreated, control, and the other depleted from its Na by leaching with M CaCl₂. The results of this experiment are shown in Fig. 6.

The straight line parts of the 4 Q/I 's in Fig. 6 are parallel, but the curvature different. It disappeared from the depleted samples, i. e. the number of Na-specific sites reduced by depletion by concentrated CaCl₂ solutions. This might be due to the opening of clay lattices, or the drastic effect of concentrated Ca solution on sodium specific sites i. e. these sites lost their affinity for Na in the presence of very high level of Ca ions. However, the form of the Q/I relations of the depleted or undepleted, have not been altered by drying.

The amount of labile sodium (Na_L) and its intensity (AR_0^{Na}) in the depleted samples have been increased by drying. This suggests that sodium ions released by drying. This suggestion have been confirmed by estimating Na_{ex} by NH₄OAc.

SUMMARY

The form of Na- Q/I relations for some Danish and Egyptian soils have been shown. It was found that this form for a given soils is a characteristic. It depends on soil texture, CEC and extent of exchange surface. Storage, drying and re-alkalinization have no effect on Na- Q/I form. There is evidence that fixation and release processes may occur for sodium ions. The number of sodium specific sites was reduced by depletion.

Dept. of Soils, University of Assiut, Egypt.

REFERENCES

- BABCOCK, K. L. 1960. Evidence for Na-fixation in act affected soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, **24**, 85.
- BECKETT, P. H. T. 1964 a. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio law. *J. Soil Sci.*, **15**, 1.
- — 1964 b. II. The immediate Q/I relation of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.*, **15**, 9.
- — 1971. Potassium potentials. *Potash Review*, **50**, 1.
- — 1972. Critical cation activity ratios. *Advances in agronomy*, **24**, 379.
- — and NAFADY, M. H. 1967 a. The location of non-specific stites (Gapon) and specific exchanges sites. *J. Soil Sci.*, **18**, 263.
- — 1967 b. Effect of K-release and fixation on the ion exchange properties of illite. *Soil Sci.*, **103**, 410.
- — 1968. A study of soil series: their correlation with the intensity and capacity properties of soil potassium. *J. Soil Sci.*, **19**, 216.
- — 1969 a. The effect of prolonged cropping on the exchange surfaces of the clays of Broadbalk field. *J. Soil Sci.*, **20**, 1.
- — 1969 b. The significance of cation activity ratios. *Agrochimica*, **23**, 469.
- BOLT, G. H. 1955. Ion adsorption by clays. *Soil Sci.*, **79**, 267.
- — et al. 1963. A study of the equilibria between three categories of potassium in an illitic soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **27**, 294.
- BALTON, J. 1968. Sodium status in soils. Rep. Rothamstead expt. sta. for 1967, 52.
- BOWER, C. A. 1959. Cation exchange equilibria in soils affected by sodium salts. *Soil Sci.*, **88**, 32.
- GAPON, E. N. 1933. Theory of exchange adsorption in soils. *J. Gen. Chem. (U.S.S.R.)*, **3**, 144.
- JENSEN, H. E. 1970. Phosphorus potential and phosphate capacity of soils. *Plant and Soil*, **33**, 17.
- NAFADY, M. H. and IAMM, C. G. 1971. Q/I relations of K in Danish soils. *Acta Agri. Scan.*, **21**, 145.
- — 1972. I. Cu/Ca exchange equilibria studies by means of copper sensitive electrode «Selectrode». *Agrochimica*, **16**, 391.
- — 1972. II. The Cu/Ca exchange isotherm of some clay minerals O. M. and the effect of O. M. and liming on the Q/I of natural soils. *Agrochimica*, **16**, 402.
- — 1972. Confirmation of the ratio law for Na and Ca in a typical Egyptian soil. The form of Q/I relations and measurement. *Soil Sci.*, **114**, 222.
- NAFADY, M. H. 1972. The sodium and potassium exchange sites in soil colloids. *Acta Agric. Scand.*, **22**, 205.
- SCHOFIELD, R. K. 1947. A ratio law governing the equilibrium of cations in the soil solution. *Proc. 11th Inter. Congr. pure appl. Chem. (London)*, **3**, 257.
- TINIKER, P. B. 1966. The relationship of Na in the soil to uptake of Na by sugar beet in the greenhouse and to yield responses in the field. *Trans. Comm. II and IV Int. Soc. Soil Sci. (Aberdeen)*, 223.
- — and BOLTON, J. 1966. Exchange equilibria of Na on some British soils. *Nature (London)*, **212**, 548.

INDICES NUTRITIVOS EN MANZANO (VAR. *R. DELICIOUS*)

por

GONZALEZ, O. C. (*), RODRIGUEZ, M. M. (**), SOLE, D. J. (***)
y WYLIE W. A. (****)

SUMMARY

NUTRIENT LEVELS IN APPLE TREES (*R. DELICIOUS* VAR.)

Leaf analysis of high yielding *Richard Delicious* apples trees was used to establish tentative nutritional standards for this variety in Chile. Various criteria for interpreting the Analytical results obtained were applied and evaluated.

INTRODUCCIÓN

La obtención de buenos rendimientos en un huerto frutal depende de una serie de factores entre los cuales se pueden destacar los siguientes: calidad del suelo, condiciones climáticas, efectividad del regadío, prácticas de poda, otras labores culturales y la fertilización.

Este último factor está íntimamente reflejado en la composición química de las hojas de la planta, por lo que el concepto de análisis foliar en los árboles frutales considera que éste puede ser utilizado como un indicador del estado nutritivo del árbol, cualquiera que sean las condiciones del suelo o clima en que éste se encuentre creciendo (7). Existen diversas formas de interpretar los resultados analíticos obtenidos a través de esta técnica; es así como se ha establecido el concepto del nivel crítico de Macy y Ulrich (8, 12) y el de rangos de concentración adecuados para cada nutriente (4, 5). Al mismo tiempo se

(*) Dr. César González Oróstica, Prof. de Química Analítica de la Universidad de Chile.

(**) Manuel Rodríguez M., Prof. de Química Analítica de la Universidad de Chile.

(***) José Solé B., Prof. de Agricultura de la Universidad Católica de Chile.

(****) Anthony Wylie W., Ph. D. Prof. de Fisiología Vegetal de la Universidad Católica de Chile.

han desarrollado métodos de interpretación basados en la consideración en conjunto de los diversos nutrientes, tales como la de las relaciones binarias de Homés (2, 3) y las terciarias de Lagatu y Maumé (6).

Cualquiera que sea el sistema de interpretación a seguir, si se desea utilizar el análisis foliar como elemento de estudio de problemas nutricionales, es necesario establecer previamente los patrones de referencia imprescindibles para la realización de diagnósticos adecuados. La elaboración de estos patrones, en algunos casos, se ha realizado en base a experimentos en los cuales se controla el rendimiento o algún otro índice de cada elemento. Otros autores, en cambio (11), señalan que la evaluación de huertos de buenos rendimientos y la correlación de los niveles de cada elemento en sus hojas con la producción, proporciona valores igualmente aplicables en esta materia.

El presente trabajo se ha realizado con el objeto de establecer los patrones nutritivos en manzanos de la variedad *R. Delicious* cultivados en Chile. Para interpretar los valores obtenidos, se seleccionaron grupos de árboles de un huerto de alta producción y se relacionaron tanto los niveles de cada elemento como las interacciones que se manifiestan entre ellos, con el rendimiento. En esta forma se establecen los índices nutritivos de la variedad estudiada a través de múltiples relaciones de los macro y micronutrientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente ensayo se realizó en la zona Sur de Chile, en el huerto «El Descanso», ubicado en la provincia de Curicó, una de las mayores productoras de manzanas de exportación del país.

Se seleccionaron árboles de la variedad *Richard Delicious*, de dieciséis años de edad. Se escogieron 54 grupos compuestos de tres árboles: cada uno, de aquéllos que presentaban la mejor uniformidad en cuanto a tamaño y vigor, seleccionados al azar dentro del sector experimental.

Se recolectaron hojas correspondientes al tercio medio de la ramilla de crecimiento apical, en la segunda quincena de febrero. Cada muestra representó el conjunto de los tres árboles.

Al alcanzar la fruta su madurez óptima se controló la cosecha en tres oportunidades, separadas por uno o dos días, expresando el rendimiento en Kg/árbol.

El tratamiento de las muestras y el análisis de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu y Fe se efectuó según técnicas ya descritas (1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para agrupar los resultados obtenidos se seleccionaron del total de las 54 muestras dos grupos entre aquellas de mayor producción. En un

TABLA I

Resultados analíticos y rendimiento en manzanos (var. R. Delicious)

Muestras Número	0/10			Sustancia seca				p. p. m.		Rdto.
	N	P	K	Mg	Ca	Cu	Zn	Mn	Fe	Kg/árbol
1	2,63	0,145	1,40	0,24	1,38	12,9	219,8	36,0	182,6	282,5
2	2,42	0,158	1,14	0,26	1,51	11,7	20,3	36,0	195,5	252,7
3	2,11	0,131	1,20	0,20	1,26	11,7	20,2	38,0	164,4	421,7
4	2,98	0,130	1,17	0,21	1,36	12,6	18,0	43,4	346,0	297,6
5	2,07	0,156	1,60	0,15	1,11	11,3	14,8	1.085,1	262,6	359,3
6	2,10	0,165	1,46	0,18	1,34	11,3	16,4	1.435,5	191,2	443,0
7	2,07	0,143	1,37	0,22	1,71	10,6	17,2	35,1	196,2	253,3
8	2,35	0,165	1,53	0,19	2,04	11,5	15,9	26,9	239,7	357,9
9	1,96	0,104	1,56	0,15	1,86	9,4	19,1	41,4	230,2	260,2
10	2,19	0,128	1,60	0,15	1,48	10,1	20,6	26,3	130,1	313,9
11	2,15	0,124	1,69	0,15	1,75	9,0	14,9	1.427,8	222,5	312,6
12	2,47	0,143	1,50	0,16	1,55	14,9	14,9	1.085,1	205,8	369,3
13	2,65	0,128	1,14	0,19	1,56	9,7	15,8	58,7	144,3	304,3
14	1,90	0,108	1,56	0,13	1,42	11,3	15,5	733,1	150,3	252,9
15	2,09	0,128	1,69	0,13	1,43	14,7	14,2	1.590,9	152,3	300,8
16	2,58	0,111	1,53	0,19	1,91	9,0	14,1	73,6	173,4	304,0
17	2,26	0,116	1,50	0,18	2,35	9,0	200,7	25,8	201,4	322,9
18	2,08	0,102	1,43	0,15	1,63	8,5	13,7	1.412,5	152,3	262,2
19	2,19	0,114	2,08	0,14	1,88	16,1	15,5	34,6	163,8	320,9
20	2,07	0,114	1,50	0,19	1,96	9,4	14,2	38,8	157,0	261,9
21	2,43	0,124	1,40	0,23	1,90	10,3	135,4	30,1	202,1	254,1

grupo (grupo A) se incluyeron las muestras provenientes de árboles con rendimiento superior a 250 Kg., y en el otro (grupo B), todas aquellas de más de 300 Kg. de fruta por árbol. En el grupo A había 21 muestras, y 12 en el B.

En la tabla I se encuentran los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de correlación para determinar el efecto sobre el rendimiento de los niveles e interacciones de elementos, calculando además la probabilidad mediante la aplicación del test de Student.

Al estudiar las correlaciones entre el rendimiento y los niveles de cada elemento se encontró que sólo varía significativamente el fósforo ($P = 0,02$ y $0,01$).

La ecuación de regresión lineal que se establece para el grupo B (de mayor producción) es la siguiente: $R = 1.664,1 \% P + 121,1$.

Al analizar la relación entre el rendimiento y las distintas relaciones binarias (tabla anexa 1), se encontró que para el grupo A sólo fueron significativas las relaciones P/Ca ($P = 0,02$), P/Mg ($P = 0,05$), P/Zn

TABLA ANEXA 1

Correlación entre rendimiento y relaciones binarias

Relaciones binarias	Grupo A		Grupo B	
	r	t	r	t
N/P	-0,3371	1,5607	-0,6648	2,8143 °°
N/K	-0,0599	0,2616	0,0456	0,1445
N/Ca	0,2633	1,1578	0,3723	1,2687
N/Mg	0,1126	0,4939	-0,6843	2,9679 °°
N/Cu	-0,0476	0,1953	-0,3597	1,2190
N/Zn	0,2102	0,9370	-0,1064	0,3385
N/Mn	-0,1953	0,8679	-0,1812	1,4267
N/Fe	-0,1257	0,5522	-0,4113	1,4267
P/K	-0,2620	1,1860	0,6614	2,7889 °°
P/Ca	0,5160	2,6260 °°	0,6464	2,6794 °°
P/Mg	0,4820	2,3950 °	0,1816	0,5840
P/Cu	0,1655	0,7210	0,2400	0,7800
P/Zn	0,4531	2,0331 °	0,2913	0,9136
P/Mn	-0,1540	0,6790	-0,0900	0,2900
P/Fe	0,2835	1,2890	0,1300	0,4400
K/Mg	0,0341	0,1489	0,2567	0,8800
Ca/Mg	0,1749	0,7700	0,6375	2,6168 °°

° = significativo al nivel 0,05.

°° = significativo al nivel 0,02.

($P = 0,05$), y para el grupo B: N/P ($P = 0,02$), P/Ca ($P = 0,02$), P/K ($P = 0,02$), N/Mg ($P = 0,02$) y Ca/Mg ($P = 0,02$).

En la tabla II se entregan las ecuaciones de regresión lineal, para el grupo B, de las relaciones binarias que presentaron una relación estadísticamente significativa con el rendimiento.

T A B L A II

Relación binaria	Ecuación de regresión
N/P	$R = 11,25 \text{ r. b.} + 611,8$
N/Mg	$R = - 4,63 \text{ r. b.} + 520,8$
P/Ca	$R = 889,4 \text{ r. b.} + 244,6$
Ca/Mg	$R = - 22,29 \text{ r. b.} + 478,0$
P, Zn	$R = 0,85 \text{ r. b.} + 169,2$
P/K	$R = 1300,6 \text{ r. b.} + 197,9$

r. b. = valor de la relación binaria
R = rendimiento.

La relación entre el rendimiento y la suma de aniones y la suma de cationes (A + C), puede utilizarse sólo tentativamente para señalar la obtención de buenos rendimientos, ya que no alcanza a ser significativa ($P = 0,1$). En cambio, el contenido de fósforo destaca por su relación muy significativa dentro de esta suma de aniones y cationes (A + C), tanto en el grupo A como en el B ($P = 0,02$ y $0,01$, respectivamente).

Las ecuaciones de regresión establecidas para el grupo B son las siguientes:

Relación	Ecuación de regresión
% P/(A + C)	$R = 119,6 \% P + 170,2$
(A + C)	$R = - 0,88 (A + C) + 609,3$

Las relaciones de tríadas de elementos, basadas en la representación triangular (6), se han interpretado matemáticamente (1) a través de una expresión que relaciona los rendimientos con la distancia existente entre los vectores que representan los equilibrios individuales de cada muestra y el vector que representa un equilibrio óptimo, definido previamente (9). Se utilizan como variable independiente los niveles folia-

res agrupados en intervalos y como variable dependiente los rendimientos, para establecer un óptimo provisional que corresponde al porcentaje óptimo de cada elemento dentro de la suma de los considerados en la tríada en estudio.

TABLA ANEXA 2

Relación binaria	Procedimiento Recalde			Procedimiento Estadístico			$t_{exp.}$
	Intervalo	\bar{x}	s	Intervalo	\bar{x}	s	
N/P	28,1 - 35,9	32,00	5,15	36,22 - 32,64	34,43	2,530	0,566
N/Mg	18,4 - 21,6	20,00	2,26	22,96 - 21,40	22,18	1,100	1,225
P/Ca	0,159 - 0,149	0,154	0,002	0,121 - 0,139	0,130	0,013	2,331
P/K	0,147 - 0,148	0,148	0,001	0,119 - 0,132	0,126	0,009	3,375
Ca/Mg	4,116 - 4,043	4,080	0,052	5,651 - 4,968	5,310	0,483	3,581
P/Mg	0,655 - 0,602	0,629	0,037	0,634 - 0,656	0,645	0,016	0,575
N/K	4,120 - 5,300	4,710	0,834	4,310 - 4,308	4,309	0,001	0,680
N/Ca	4,470 - 5,340	4,905	0,615	4,383 - 4,537	4,460	0,109	1,007
K/Ca	1,085 - 1,008	1,047	0,054	1,017 - 1,053	1,035	0,025	0,271
K/Mg	4,466 - 4,075	4,271	0,276	5,327 - 4,968	5,148	0,254	3,304

$P = 0,05$

$t_{tabla} = 4,303$

En este caso se encontró que sólo la relación N-P-Mg es altamente significativa para el grupo B ($P = 0,01$). El equilibrio establecido fue 92,7 por 100 N, 2,7 por 100 P y 4,7 por 100 Mg.

La interpretación de los resultados se efectuó también utilizando el método de las proporciones múltiples de Recalde (10), que se basa en establecer, a partir de las relaciones binarias óptimas, un equilibrio en que se utilizan sucesivamente los conjuntos de relaciones independientes que tienen un elemento común, obteniendo un valor promedio que represente la proporción en que se encuentra el elemento dentro de la suma total de nutrientes considerados.

Según este sistema, para establecer la relación binaria óptima se distribuyen los valores de cada razón binaria experimental en intervalos uniformes y se relacionan con los valores correspondientes de cosecha (expresada en forma porcentual) de las parcelas o muestras consideradas.

La tabla III contiene todas las relaciones binarias óptimas para cosechas del orden de los 380 Kg. por árbol, calculadas según el método de Recalde.

TABLA III

Valores para las relaciones binarias óptimas para manzanos (var. R. Delicious)

Relación binaria	Valor promedio						
N/P	32,0	P/K	0,15	K/Mg	4,2	Ca/Fe	107
N/K	4,7	P/Ca	0,15	K/Cu	1553,0	Mg/Cu	366
N/Ca	4,9	P/Mg	0,62	K/Zn	1156,0	Mg/Zn	272
N/Mg	20,0	P/Cu	228, 5	K/Fe	111,0	Mg/Fe	26, 2
N/Cu	7314,0	P/Zn	170, 1	Ca/Mg	4,1	Cu/Zn	0,74
N n	5444,0	P/Fe	16, 4	Ca/Cu	1493,0	Cu/Fe	0,07
N/Fe	524,0	K/Ga	1,04	Ca/Zn	1111,0	Zn/Fe	0,10

A partir de estas relaciones binarias óptimas, se establece la siguiente proporción múltiple óptima:

N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe
66,7	2,1	14,2	13,6	3,3	0,012	0,009	0,127

Por otra parte, al hacer una comparación estadística entre los valores de las relaciones binarias obtenidas por el método Recalde y aquellas calculadas de las ecuaciones de regresión de la tabla II, se encontró que no existieron diferencias estadísticamente significativas (tabla anexa II). Este hecho es muy importante, pues permite calcular los valores de las relaciones binarias para árboles de mayores producciones, encontrados en las experiencias (450 Kg.), y, por consiguiente, la respectiva proporción múltiple óptima para esa producción.

CONCLUSIONES

1. El análisis de los resultados indica que el criterio de interpretación de los valores analíticos que considera las interacciones de los nutrientes proporciona mayor información que el que descansa en la acción aislada de éstos.

2. Los criterios de niveles y de intensidad de nutrición ponen de manifiesto que el fósforo jugaría un papel importante en esta zona, para la obtención de rendimientos mayores, debido posiblemente a su interacción con los otros elementos esenciales, hecho que debe comprobarse en futuros trabajos.

3. La correlación entre rendimiento y relaciones binarias, en huer-

tos de alta producción, aparece como un buen método para establecer patrones nutritivos en manzanos.

4. Los intervalos de niveles, calculados a partir de las relaciones binarias, que aparecen como adecuados para producciones del orden de los 400 Kg., son:

N = 2,0-2,6 por 100, P = 0,15-0,17 por 100, K = 1,35-1,45 por 100, Ca = 1,30-1,40 por 100, Mg = 0,23-0,32 por 100, Cu = 11-13 p. p. m., Zn = 10-15 p. p. m., Fe = 185-200 p. p. m.

5. Se plantea la siguiente proporción múltiple óptima para macronutrientes, calculada a partir de las ecuaciones de regresión de las relaciones binarias para producciones de 450 Kg/árbol:

N	P	K	Ca	Mg
64,6	2,3	15,6	14,2	3,3

RESUMEN

Mediante el análisis foliar, utilizando árboles de alta producción en Chile, se establecen patrones nutritivos para la variedad de manzanos *Richard Delicious*. Fueron aplicados distintos criterios para interpretar los resultados analíticos obtenidos y efectuar su evaluación, siendo los más representativos.

*Departamento de Química Inorgánica y Analítica Química Vegetal.
Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Chile.
Departamento de Fruticultura. Facultad de Agronomía.
Universidad Católica de Chile.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ, C., RODRÍGUEZ, M., BÁEZ C., WYLIE, A. y SOLÉ, I. 1973. La nutrición mineral de los vegetales. El análisis foliar y de savia. Metodología y objetivos. Ed. I. Fac. de Ciencias Químicas, U. de Chile, y Fac. de Agronomía, U. Católica de Chile, 154.
- (2) HOMÉS, M. V. 1961. L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. Universa, Wetteren (Belgique), vol. I, 298.
- (3) HOMÉS, M. V. et VAN SCHOOR, G. H. S. 1966. L'alimentation minérale équilibrée des végétaux. Universa, Wetteren (Belgique). Vol. II, 424.
- (4) KENWORTHY, A. L. 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. En Plant Analysis and Fertilizer Problems. (W. Reuther, ed.). Pub. núm. 8. Amer. Inst. Biol. Sci.
- (5) KENWORTHY, A. L. 1967. Soil Testing and Plant Analysis. Part II. Plant Analysis, Soil Sci. Soc. Amm., 59-75.
- (6) LAGATU, H. et MAUMÉ, L. 1929. Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. C. R. Scool. Sci., París, 188, 1062-64.
- (7) LEECE, D. R. 1968. The concept of leaf analysis for fruit trees. J. Sust. Inst. Agric. Sci., 34, 146-153.

- (8) MACY, P. 1936. The Quantitative mineral nutrient requirements of plants. *Pl. Physiol.*, 11, 749-764.
- (9) MARTÍNEZ, A. 1969. El diagnóstico foliar como guía para obtener una alimentación equilibrada en frutales. Aplicación en cultivo de duraznero (*Prunus persica*). Tesis Fac. de Ciencias Químicas. U. de Chile.
- (10) RECALDE, L. 1965. Comunicación al Coloquio «Aportación de las investigaciones ecológicas y agrícolas a la lucha del mundo contra el hambre». Madrid, 20-25 octubre.
- (11) SMITH, C. B. and TAYLOR, G. A. 1952. Tentative optimum leaf concentrations of several elements for Elberta peach and Stayman apple in Pennsylvania orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 60, 33-41.
- (12) ULRICH, A. 1948. Plant analysis, methods and interpretation of results. En *Diagnostic Techniques for Soils and Crops* (H. B. Kitchen, ed.), 157-198, American Potash Institute, Washington, D. C.

Recibido para publicación: 7-I-74

CARACTERES DE LOS SUELOS DE LAS ZONAS CITRICOLAS DEL VALLE DE MURCIA (ESPAÑA)

por

J. A. SANCHEZ F., F. ARTES y J. LOPEZ-TARRUELLA

SUMMARY

PROPERTIES OF THE CITRUS SOILS IN THE VALLEY OF MURCIA (SPAIN)

The soils of the valley of Murcia (Spain) or *Vega Media* the Segura river, was formed on alluvial sediments fluviially transported.

At the river banks and on the sides of the *Vega*, are found the depest and most permeable soils which are consequently better suited to citriculture.

On the stony, moderately limy soils of the surrounding montain sides of the valley, there are excellent lemon tree plantations. Lemon trees are also successfully grown on soils of a siliceous nature in same lateral areas of the *Vega*.

I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Murcia (España) está situada en la zona central del valle del río Segura, tramo conocido por vega, o huerta de Murcia, y también como vega media del Segura.

Los suelos de la vega de Murcia se encuentran formados sobre sedimentos de material originario de edad aluvial, transportados por los turbiones del río. Sobre ellos se establecieron con profusión, desde la antigüedad, plantaciones cítrícolas predominantemente de naranjos y limoneros. Como la aptitud físico-química de los suelos indicados no era homogénea para los Citrus en toda la superficie de la vega, se produjo una selección natural de áreas aptas en las cuales las plantaciones alcanzaron su máximo ciclo vital. En otros sectores, a los quince o veinte años de desarrollo, incluso vigoroso, los árboles fenecieron rápidamente a pesar de los intentos para impedirlo. Las exigencias muy marcadas de las especies cítrícolas en suelos profundos y permeables (7) (13), habían delimitado las áreas cítrícolas de la huerta. En particular la profundidad de la primera capa freática de la vega definió los sectores naturales aptos para la cítricultura. Solamente por métodos

de avenamiento intensivo se puede intentar modificar los límites citados (12).

En esta comunicación se examina la morfología y características físicas y químicas de los suelos del valle de Murcia, en relación con su aptitud citrícola, tanto de la zona de vega como de las áreas marginales donde se han puesto de manifiesto las cualidades de los suelos, al extenderse las plantaciones de Citrus en regadío con aguas elevadas. Queremos cooperar con esta aportación al conocimiento de las propiedades edafológicas citadas, tan trascendentes para el desarrollo y productividad de las especies citricolas.

II. DATOS GEOGRÁFICOS

La huerta de Murcia se encuentra situada en la zona centro-oriental de la provincia murciana, al sureste de España. Las coordenadas de la capital de Murcia son: 37° 59' 00" de latitud norte y 2° 33' 30" de longitud al este del meridiano de Madrid (8). La ciudad se encuentra centrada en el valle del Segura, que en este tramo presenta una dirección OSO.-ENE. y tiene una anchura media de 10 km, y una longitud de 21 km.

La altitud de la capital murciana sobre el mar es de 42 m. y la vega presenta una altitud de 60 m. en el extremo occidental y de 25 m. en el oriental. Topográficamente, la huerta constituye una amplia llanura de pendiente $\sim 1,5 \text{ ‰}$, enmarcada por una cadena de montañas en la parte meridional, Sierra de la Cresta del Gallo, y sus prolongaciones, de cotas máximas 500 a 600 m.; en la parte septentrional aparece una alineación de colinas redondeadas de cota alrededor de los 300 m. de altura, las cuales ocupan el sector oeste, seguidas, hacia el este, de montes más escarpados y elevados que alcanzan altitudes de 500 m. en la zona de Santomera.

III. DATOS CLIMÁTICOS

La vega de Murcia está enclavada en la zona semiárida de España, con pluviometría de 300 mm. anuales y temperatura media anual de + 18° C. El índice de Thornthwaite oscila alrededor de - 40.

El clima propio de los suelos de vega es algo más húmedo que el ambiental, por el mantenimiento de los flujos acuíferos del valle, bien naturalmente con niveles freáticos someros o, en la actualidad, artificialmente por los riegos. La temperatura del suelo es también menor que la atmosférica por la regulación ocasionada, asimismo, por la humedad del terreno.

Los caracteres climáticos de los suelos marginales del valle reflejan más propiamente los del medio ambiente.

IV. GEOLOGÍA

El valle de Murcia, desde el punto de vista tectónico, está constituido por la gran fractura estratigráfica del Segura medio —la segunda en importancia en España—, que se prolonga a lo largo del valle del afluente Guadalentín hasta Almería. La fractura afectó a los estratos paleozoicos emergidos en el plegamiento Herciniano. La depresión originada se rellenó por sedimentos del Terciario y más recientemente del Pleistoceno y Holoceno o Aluvial, adquiriendo la forma actual (9).

Durante el Diluvial y el Aluvial antiguo, el río Segura ocupaba todo el valle, con una anchura de 10 km. Los turbiones arrastraban gravas que aparecen en los estratos inferiores del valle (10). Ya en el Aluvial reciente, el río se encajó en sus sedimentos con un cauce divagante de numerosos meandros que ha evolucionado hasta la época actual, quedando abandonados muchos de ellos. En superficie no aparecen gravas (1) (2).

Los depósitos limo-arcillosos de las últimas avenidas han contribuido a la impermeabilidad en los suelos de muchos sectores de la huerta (12). En las riberas del río, la decantación natural de las partículas minerales en suspensión durante las avenidas originó franjas de arenas.

La cadena montañosa del sur de la vega presenta, como estructura general, un núcleo basal de esquistos del Permiano, sobre las que descansan areniscas del Triásico Buntsandstein y encima gruesos bancos de calizas y dolomías del Muschelkalk. Aparecen afloramientos de rocas volcánicas ofíticas.

En el margen septentrional del valle, desde la Ñora a Monteagudo, las colinas que lo limitan son de margas y areniscas del Mioceno, con intercalaciones de cerros triásicos y permianos. Desde Monteagudo a Santomera, los estratos dominantes son del Triásico Virglorense, en forma de calizas magnesianas. También abundan los asomos del Permiano y de rocas diabásicas de tipo ofítico.

En las laderas bajas de ambas alineaciones montañosas de los márgenes del valle se encuentran deltas torrenciales del Diluvial muy pedregosos y profundos, de gran interés para las ampliaciones actuales de cultivos citrícolas.

V. METODOLOGÍA

Durante más de veinte años hemos venido observando el desarrollo de la dedicación a la citricultura de los suelos de la vega de Murcia y sus contornos (6) (15) (16). Se ha efectuado un recuento estadístico de la edad y estado de las plantaciones, deficiencias minerales, desarrollo vegetativo y producción de frutos en los distintos sectores de la

huerta, relacionando los resultados con los caracteres físicos y químicos de los suelos correspondientes.

El estudio morfológico y edafológico de los perfiles y sondeos realizados ha permitido conocer íntimamente las cualidades de los suelos y su vocación citrícola. La observación estereoscópica de fotografías aéreas de la comarca a escala $\sim 1:30.000$ (facilitadas por el Servicio Cartográfico del Ejército del Aire) nos ha permitido conocer de modo rápido y preciso la morfología externa y la topografía de los suelos, comprobadas reiteradamente en el terreno, deduciendo fundamentales consecuencias.

Los análisis químicos y físicos de las muestras de los horizontes del suelo, así como de las aguas freáticas subyacentes, han revelado las propiedades de estos suelos para los cítricos. Los datos de mineralogía de arcillas, estudiadas por R. X. y A. T.D., también han cooperado al conocimiento de los suelos.

VI. FORMACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Sobre los sedimentos del Aluvial del valle de Murcia se formaron en el tiempo suelos humíferos de potentes horizontes A, bajo la vegetación higrófila espontánea. Estos suelos quedaron fosilizados por recubrimiento posterior de los sucesivos aluviones. Al colonizarse la vega y establecer los cultivos de explotación, los suelos quedaron truncados y alterados por los aditivos y riegos. En los márgenes del valle han permanecido hasta muy recientemente muchos suelos naturales. En los suelos transformados por las labores pero no desfondados fuertemente, suelen subsistir poco deformados los horizontes B.

Los suelos sobre los conos torrenciales de ladera son pedregosos, profundos, moderadamente calizos y en ocasiones presentan un notable horizonte A, particularmente en las orientaciones de umbría. Sobre los esquistos y pizarras silíceas de los cerros del norte del valle se forman suelos superficiales, muy poco calizos, los cuales, erosionados, se acumulan en las cañadas. También son superficiales los suelos sobre las rocas ofíticas, bastante pedregosos y algo calizos.

Para la clasificación de suelos, seguimos las sistemáticas de Kubiena, la francesa y la 7.^a Aproximación y sus suplementos, del U. S. D. A.: (4, 11 y 17). También consideramos el Mapa de Suelos de España (5).

Los suelos de la huerta de Murcia pertenecen por naturaleza al tipo vega de Kubiena, ya que esta denominación fue tomada por este insigne edafólogo de la nomenclatura española para estos valores fluviales. El subtipo es de vega parda autóctona, o alóctona, en variedad caliza (perfiles y tablas I y II). En la clasificación francesa pueden adscribirse los suelos citados a la Clase I de suelos minerales de aporte fluvial. La clasificación americana permite adscribirlos al orden *Entisols* o de suelos

recientes; suborden *Fluvents* por su carácter fluvial y gran grupo *Udfluvents*, por su temperatura moderada y por la humedad mantenida, aunque artificialmente, por los riegos y por la capa freática a lo largo de todo el año. El régimen de humedad en la sección de control del suelo se considera, por consiguiente, «údic». Son pues, incluíbles de modo general en los *Udfluvents*. Las zonas con nivel freático próximo a — 0,50 m., se pueden adscribir al subgrupo de *Aquic Udfluvents*, sin llegar al suborden de *Aquents*. Los suelos arenosos de ribera del río y meandros, entran en los *Psammentic Udfluvents*, con áreas del suborden *Psamments*.

Los suelos de los deltas diluviales son recientes, bastante normales en profundidad, aunque con grava abundante: los incluimos consiguientemente en los *Orthents* de fase pedregosa (perfil y tabla III). Algunas áreas arenosas se pueden incluir en los *Xeropsamments*.

Sobre los esquistos y pizarras permianas, el suelo superficial existente se clasifica como *Braunerde* oligotrófico con arreglo a las claves de Kubierna. Según la 7.^a Aproximación y sus suplementos, teniendo en cuenta la poca profundidad del suelo y el contacto lítico a menos de 50 cm.; su carácter de incipiente y el régimen de humedad xérico; la presencia frecuente de un epipedon ócrico; su naturaleza de suelos pardos no cálcicos, sobre roca silíceas y la existencia circunstancial de horizontes de características argílicas, la clasificación de estos suelos resulta un intergrado de los órdenes *Inceptisols* y *Alfisols*, que en la categoría de subgrupo se situaría entre el de *Lithic Xerochrepts* y el que puede conceptuarse como *Lithic Xerochrafls*.

La denominación mixta adecuada sería *Lithic Alfic Xerochrepts*. Algunas áreas con más materia orgánica y epipedón móllico evolucionan al suborden *Xerolls*.

Los suelos originados sobre las ofitas citadas son humíferos y superficiales, rendsiniformes, bastante calizos por carbonatación secundaria (perfil y tabla IV). Las arcillas neoformadas son predominantemente montmorillonita y caolinita, según datos obtenidos por A. T. D. y R. X.; los de difracción de R. X. los agradecemos al Prof. García Vicente. Se incluyen estos suelos en las Pararendsinas, de Kubierna, las cuales pueden presentar, a diferencia del tipo Euredsina, un horizonte de precipitación de carbonato cálcico, *Bca*, por edafización del calcio de las plagioclasas de la roca originaria. Considerando la clasificación americana, se adscriben por su epipedón móllico, al orden *Mollisols* como las rendsinas tipo; el suborden que corresponde es *Xerolls*, por el régimen xérico de estos suelos y no tener las propiedades de rendsina típica para incluirlos en los *Rendolls*; el gran grupo, *Calcixerolls*; dado el notable horizonte cálcico que comunmente se observa. A su vez, por el contacto lítico indicado, el subgrupo resulta *Lithic Calcixeroll*, con áreas de intergrado *Lithic Rendollic Calcixeroll*.

Sobre las mismas rocas ofíticas son frecuentes las áreas de suelo

también superficial, cuyo epipedón tiene caracteres de ócrico en vez de móllico y consiguientemente el suelo no resulta incluíble en los *Mollisols*; sin embargo, se presentan horizontes subsuperficiales húmicos, así como de neoformación de arcillas con débil lixiviación. Todo ello conduce a la posibilidad de adscribir estas áreas a los *Alfisols*, suborden *Xeralfs*, teniendo en cuenta, además, su carácter de suelos poco calizos, sobre material originario silíceo.

VII. APTITUD CITRÍCOLA

1. Suelos de capa freática elevada

Los suelos de vega con capa freática próxima a la superficie ($\approx 1,5$ metros) y horizontes gleyzados no son aptos para los Citrus en general (fotografía núm. 1). Son los suelos clasificados como *Aquic Udifluvents* o *Aquic-Vertic Udifluvents*. Si la capa freática llega a la superficie estacionalmente, el suelo es inadmisibile para los agrios (*Aquents*).

2. Suelos de ribera fluvial; meandros actuales y antiguos

En las riberas del río, a ambos lados, se presentan franjas de suelos de textura arenosa, por decantación natural de los turbiones del río, como se ha indicado. Son suelos clasificados como *Psammentic Udifluvents*, de gran aptitud para los naranjales (Verna particularmente) (fotografías núm. 1 y 2).

Un caso especial de los suelos de ribera son los de los meandros actuales y de los abandonados por el río, los cuales quedan en seco.

Las concavidades de los meandros actuales constituyen los denominados «rincones» del río. En la vega de Murcia son de mencionar, de oeste a este, el Rincón de Benicornia, el Rincón de Seca, Rincón de los Ortuños, Rincón de los Garcías, Rincón del Gallego, Rincón de Villanueva y Rincón de San Antón. Los suelos de estos rincones actuales tienen como carácter general su profundidad, con capa freática a más de 5 m. bajo la superficie: perfil homogéneo, sin grava y textura arenosa. Su aptitud ordinaria para los naranjos es excelente.

Los meandros abandonados, o paleomeandros, presentan, de modo general, una estructura muy interesante y trascendente para determinar su vocación citrícola. En la huerta de Murcia se hallan siete paleomeandros bien definidos, perfectamente apreciables en la morfología de los planos parcelarios de la misma, a escala 1:2.000 y en la fotografía aérea $\sim 1:30.000$ (fotografía núm. 1). En la franja que ocupó últimamente el lecho del río los suelos se clasifican en *Vertic Udifluvents*; la capa freática se encuentra a ~ 1 m., la textura es limoarcillosa y la



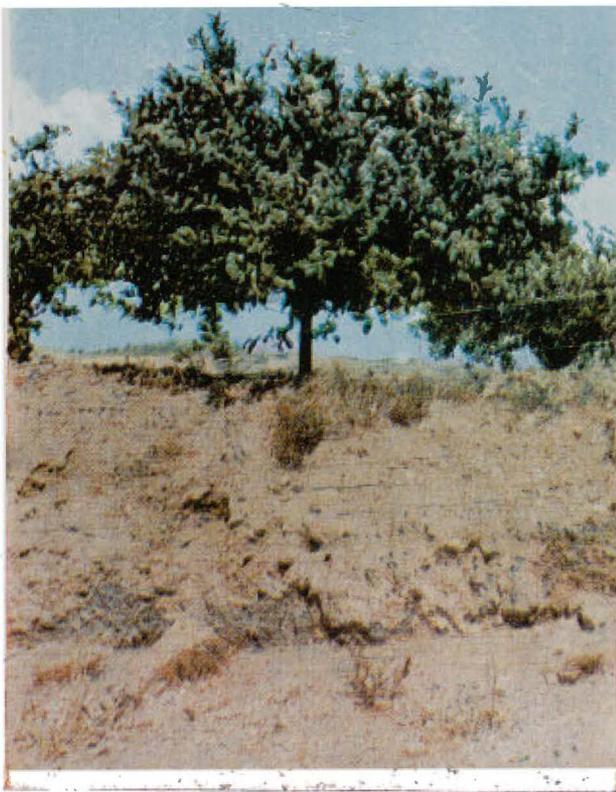
Fotog. núm. 1.—Vista aérea invernal de la zona cítrica principal de la huerta de Murcia. El color gris negruzco delimita las plantaciones cítricas, cuyo contorno coincide con el plano de capa freática ≥ 2 m. de profundidad. Pueden apreciarse en los márgenes del río las formas de varios meandros antiguos.



Fotog. núm. 2.—Aspecto de la zona citrícola del Sur de la vega de Murcia. Al fondo las áreas limoneras de Cabezo de Torres, Monteagudo y Santomera.



Fotog. núm. 3.—Naranjal sobre suelo pedregoso calizo de ladera en Los Garres (Murcia).



Fotog. núm. 4.—Perfil de suelo pedregoso poco calizo, bajo limoneros. La Nora (Murcia) (Xerorthent).



Fotog. núm. 5.—Limoneros sobre suelo silíceo poco profundo en El Esparragal (Murcia).

aptitud citrícola baja; en la parte central del paleomeandro las arenas se acumularon, dando lugar a suelos más profundos y permeables para los Citrus (*Psammentic Udifluvents* en transición a *Psamments*).

Este relieve que se produjo en la morfología de los paleomeandros tiene, asimismo, influencia climática. En las heladas de radiación ocurridas en los últimos años en la zona murciana, pudimos apreciar los efectos perjudiciales del frío en limoneros y naranjos, muy marcados en la parte honda de los antiguos meandros y casi inapreciable en el contorno exterior de los mismos y en sus promontorios internos. Se manifiestan por consiguiente cualidades de topoclima en el espacio de los pocos centenares de metros que suelen tener de anchura los citados paleomeandros.

3. *Las vaguadas y sus márgenes*

Antes de la colonización de la vega de Murcia, el valle aluvial no constituía una llanura perfecta; se encontraba modelado por una serie de vaguadas y promontorios longitudinales a lo largo del eje del mismo, las cuales se habían ido formando en las grandes avenidas del río Segura. Posteriormente se utilizaron las vaguadas para los cursos de los azarbes de avenamiento o de «aguas muertas» y los promontorios marginales para las acequias o cauces de «aguas vivas». En sectores más bajos, las aguas de los azarbes vuelven a otras acequias menores de riego, o sea, que se convierten en «aguas resucitadas».

La topografía indicada da lugar a suelos poco profundos en las antiguas vaguadas y, por consiguiente, no aptos para Citrus y suelos más profundos, de textura más gruesa y mayor permeabilidad en las franjas de promontorios. Así, se encuentran isleños citrícolas en elevaciones del suelo o pequeños «cabecicos», rodeados de suelos inadecuados para los agrios, al menos en sus circunstancias actuales.

4. *Suelos de laderas marginales*

Presentan buena permeabilidad —la cual en algunos parajes es excesiva—, y gran profundidad; por lo que, físicamente, tienen una excelente aptitud para los Citrus (fotografía núm. 3), en especial el limonero. La pedregosidad puede ser factor limitante.

Existen sectores con bajo contenido en carbonato cálcico, pedregosidad moderada y de naturaleza silíceo, reuniendo propiedades casi idóneas a las plantaciones citrícolas: zonas de Cabezo de Torres, Los Garres y La Nora (fotografía núm. 4).

Constituyen un medio ecológico muy completo, pues además de las propiedades físicas y químicas de los suelos, las heladas son poco fre-



Fotog. núm. 6.—Plantación de limoneros sobre suelos de ofitas volcánicas. Cobatillas, Santomera (Murcia).

cuentes por deslizarse el aire frío, dada su pendiente, hacia las hondonadas.

5. *Suelos silíceos*

Se presentan, como se ha expuesto, sobre pizarras y esquistos silíceos del Permiano, y su aptitud general para Citrus es buena, con limitaciones de profundidad de suelo (fotografía núm. 5). En las hondonadas y cañadas, las cualidades convenientes son más completas: profundidad, permeabilidad, bajo contenido en caliza y abundancia de oligoelementos.

6. Suelos sobre ofitas

Al igual que los suelos síliceos, los suelos sobre ofitas diabásicas son primariamente superficiales; erosionándose posteriormente y acumulándose en las depresiones, dan origen a suelos profundos humíferos y bastante calizos por calcificación secundaria (fotografía núm. 6).

La aptitud de estos suelos para los limoneros es evidente: buen desarrollo vegetativo, pocas deficiencias de hierro y manganeso, perfecta fructificación y buen rendimiento en frutos. Son suelos con débil radiactividad beta dominante (14) (0,05 mR/hora), la cual tiene su influencia en el metabolismo de los árboles, tanto en su parte aérea como, más íntimamente, en el sistema radicular. Estamos iniciando una línea de investigación en este sentido.

* * *

A continuación, se presenta la descripción morfológica y datos analíticos de varios perfiles representativos de la vega de Murcia y de sus áreas laterales:

Perfil I

Situación: vega de Murcia; antiguo meandro del río Segura, 300 m. al oeste del puente de Salazar.

Altitud: 40 m.

Topografía: hondonada de lecho fluvial antiguo, dentro de la llanura del valle. Pendiente general, 1 por mil. Orientación, norte.

Drenaje: externo, regular; interno, impedido: capa freática a 90 cm.

Erosión: débil.

Material originario: sedimentos aluviales del Segura.

Vegetación: *Sonchus arvensis* L. (cerrajón) y *S. tenerrimus* L. (lizón); *Lepidium draba* L. (floreta); *Setaria verticillata* P. B. (cerriche); *Imperata cylindrica* L. (cisca).

Cultivos: naranjos decadentes.

Clasificación: vega parda autóctona, caliza (*Vertic Udifluent*).

D e s c r i p c i ó n

Horizonte	Prof. cm.	Observaciones
A1p	0-20	Horizonte antrópico, de textura limosa, prácticamente sin grava; color pardo claro en húmedo, 10 YR 6,4 (Munsell); estructura débil y transformada por rotura, en bloques finos subangulares; consistencia semidura; poco permeable al agua y aire; abundantes raíces de la vegetación espontánea; muy calizo; bajo contenido en materia orgánica; no salino, ni yesoso; transición difusa al horizonte inferior.
(Bca)	20-43	Horizonte con débil incremento de carbonato cálcico de lavado; color pardo pálido, 10 YR 6/3, M. (húmedo); textura limosa; sin elementos gruesos; estructura débil en agregados subangulares; consistencia blanda, en húmedo; poco permeable; poco humus pero bien mineralizado; alcalinidad muy débil; sin salinidad ni yeso; límite gradual apreciable.
C	43-90	Limos arenosos sin gravas; color pardo grisáceo 10 YR 6/2, M. (h.); estructura indefinida en estado húmedo y de bloques subangulares, en seco; consistencia blanda en estado húmedo; permeabilidad deficiente; capa freática subyacente que origina condiciones de reducción tipo gley; en el contacto hídrico, color gris y manchas pardas limoníticas.

P e r f i l I I

Situación: vega de Murcia; 400 m. al oeste de la confluencia del Reguerón (Guadalestín canalizado) con el Segura.

Altitud: 42 m.

Topografía: pequeño promontorio de antiguo meandro, en la llanura de la huerta; orientación, norte; pendiente, 1 por mil.

Drenaje: externo, regular; interno, bueno.

Erosión: débil.

Material originario: sedimentos aluviales.

Vegetación: *Lepidium draba* L. (floreta); *Setaria verticillata* P. B. (carriche); *Imperata cylindrica* L. (cisca).

Cultivos: naranjos de buen desarrollo.

Clasificación: vega parda alóctona, caliza (*Udifluvent* en transición a *Psammentic Udifluvent*); sobre horizontes edafizados de sedimentos anteriores (*Thapto-Humic Udifluvent*).

D e s c r i p c i ó n

Horizonte	Prof. cm.	Observaciones
Ap	0- 20	Horizonte antrópico de color pardo, 10 YR 5/3 M. (húmedo); textura limo-arenosa; sin fracción gruesa; estructura destruida, de aspecto poliédrico subangular; consistencia semidura; permeabilidad regular; muy calizo; alcalinidad débil; bajo contenido de materia orgánica; relación C/N normal; buena capacidad de cambio catiónico; sin salinidad ni yeso; límite inferior gradual.
(B1ca)	20- 40	Horizonte de iluviación débil de carbonato cálcico y de arcilla; color pardo grisáceo 10 YR 5/2 M. (h.); textura limo-arcillo-arenosa; sin grava; estructura débil, poliédrica subangular; escasa materia orgánica; sin sales solubles ni yeso; límite difuso con el horizonte inferior.
(B2ca)/C	40- 90	Prolongación del horizonte anterior, pasando a material originario; color pardo 10 YR 4/3 M. (h.); textura limo-arenosa; sin gravas; estructura débil en agregados subangulares; muy calizo; poca materia orgánica; no salino ni yesoso; límite inferior indefinido.
IIAhb	90-104	Horizonte humífero débil soterrado; color pardo, 10 YR 5/3 M. (h.); textura limo-arenosa; sin grava; estructura débil fina poliédrica subangular; consistencia blanda; muy calizo; sin sales solubles ni yeso; límite inferior definido.
II(B)	104-125	Arena limosa sin grava; color pardo pálido 10 YR 6/3 M. (h.); estructura débil granular; escasa materia orgánica; desmenuzable; bastante calizo pero escaso carbonato cálcico activo de tamaño fino; ligero incremento de alcalinidad; no salino; no yesoso; la capa freática se halla a — 3 m.

Perfil III

Situación: margen septentrional de la vega de Murcia, 0,5 km. al oeste del poblado de Guadalupe.

Altitud: 65 m.

Topografía: llano en pendiente 2 por 100; orientación, sur.

Drenaje: externo e interno, excelente.

Erosión: moderada.

Material originario: depósitos diluviales pedregosos de lajas pizarrosas permianas.

Vegetación: *Onopordum macranthum* Sch. (cardo); *Thymelaea hirsuta* (L.), Endl.; *Rapistrum rugosum* All.

Cultivos: naranjos y limoneros extraordinarios en porte y fructificación.

Clasificación: al estado natural es un suelo estepario pedregoso, pardo rojizo, de tipo *Burosem* (*Xerorthent* en fase pedregosa, poco calizo).

Descripción

Horizonte	Prof. cm.	Observaciones
A1p	0-20	Horizonte antrópico de color pardo claro en la fracción fina, 7,5 YR 6/4 M. (húmedo); textura limo-arenosa; estructura de tendencia granular; poca coherencia; fuertemente pedregoso, con fragmentos de 5 a 10 centímetros de lajas de esquistos silíceos; poco calizo; carbonatación secundaria, tapizando el carbonato cálcico blanco de grano fino los bloques de pizarras; escasa materia orgánica; bastante alcalino (pH = 8,30); apreciable contenido de sodio en el complejo de cambio, pero sin producir salinidad peligrosa; no yesoso; límite inferior difuso.
(B)	20-70	Ligera acumulación por lavado de la fracción arcillosa; muy pedregoso, grava de silicatos; textura areno-limosa en la fracción fina; color pardo rojizo 5 YR 5/4 M. (h.); estructura poco definida de tendencia granular; poco coherente; muy permeable; muy bajo contenido de carbonato cálcico y de tipo «activo»; materia orgánica casi nula; decrecimiento del sodio de cambio; sin yeso; límite gradual.
C1	70-98	Material originario muy pedregoso; textura areno-limosa en la fracción fina y color pardo, 7,5 YR 5/4 M. (h.); poco coherente y muy permeable; poco calizo; muy escasa la materia orgánica; incremento de sodio sin alcanzar valores peligrosos; no yesoso.
C2	> 98	Continúan los caracteres y composición de C1 hasta — 5 m.

Perfil IV

Situación: Santomera (Murcia); collado del cabezo Bermejo, sobre una masa de ofitas.

Altitud: 90 m.

Topografía: pequeño llano en la cima de una loma.

Drenaje: externo e interno, buenos.

Erosión: débil.

Material originario: diabasas ofíticas.

Vegetación: *Thymelaea hirsuta* L. (bolaga); *Asparagus officinalis* L. (espárrago); *Thymus vulgaris* L. (tomillo); *Onopordum machranthum* L. (cardo); *Asphodelus fistulosus* L. (gamón).

Cultivos: limoneros en las cercanías.

Clasificación: suelo humífero pedregoso, autóctono, sobre roca volcánica. *Pararendsina (Lithic Rendollic Calcixeroll)*.

Descripción

Horizonte	Prof. cm.	Observaciones
A11fh	0-4	Horizonte móllico de color gris oscuro 10 YR 3/1, M.; en húmedo; humus mull cálcico; textura areno-limosa en la fracción fina; muy pedregoso, con abundantes fragmentos angulares ofíticos; estructura migajosa; consistencia blanda; buena permeabilidad; poco calizo, carbonatación secundaria; pH = 7,65; buena capacidad de intercambio de cationes; complejo de cambio saturado de calcio; no salino; sin yeso; límite inferior gradual.
A12h/B1h	4-19	Horizonte de transición con acumulación de humus mineralizado; color pardo muy oscuro 10 YR 2/2 M. (h.); textura areno-limosa; muy pedregoso; consistencia blanda; permeable; poco calizo; incremento de la capacidad de cambio catiónico; no salino, ni yesoso; límite inferior neto.
B2ca/R1ca, (fe)	19-38	Horizonte calizo por concentración de carbonato cálcico de granulación fina y formación secundaria; color pardo grisáceo oscuro, 10 YR 4/2 (h.); blanco en las pátinas calcáreas, 10 YR 8/2 M., sobre los fragmentos de ofita, o bien en costras finas; algunas pátinas limoníticas; textura areno-limosa en la fracción fina; estructura débil granular; muy pedregoso, por estar en contacto

Perfil IV (continuación)

D e s c r i p c i ó n

Horizonte	Prof. cm.	Observaciones
		con la masa de rocas, en alteración edáfica inicial; disminución de la materia húmica y de la capacidad de cambio; consistencia semidura, en húmedo; permeabilidad moderada; sin salinidad ni yeso.
R2ca	> 38	Bloques de diabasa ofítica muy fragmentados de color verdoso oscuro; depósitos de carbonato cálcico microcristalino en las diaclasas; pátinas ferruginosas sobre la roca y pequeñas bolsadas de fibras de uralita por transformación de los piroxenos de la diabasa.

C O N C L U S I O N E S

La característica física principal que limita la aptitud citrícola de los suelos de la vega de Murcia es la profundidad de la capa freática de influencia edafológica.

Se considera como nivel freático límite para el desarrollo de los Citrus el correspondiente entre — 1,50 m. y — 2,00 m.

Para sanear los suelos con capa freática elevada se les rodea con una zanja profunda (~ 2,5 m.) cerrada y se bombea el agua de la misma manteniéndola vacía de modo permanente.

Deben evitarse las texturas arcillosas y los suelos con horizontes de reducción química, tipo gley.

Los suelos pedregosos de ladera en los laterales del valle, poco calizos, o bien moderadamente calizos, profundos y permeables, presentan gran aptitud general para los limoneros.

Sobre los esquistos y pizarras silíceas de la parte norte de la vega, la aptitud citrícola es notable, aunque la poca profundidad del suelo es factor no conveniente. En las cañadas de las formaciones silicatadas queda evitado este obstáculo.

Los suelos superficiales sobre ofitas, al igual que los de esquistos silíceos, tienen la limitación de profundidad, aunque en las vaguadas no existe esta dificultad, por la acumulación de sedimentos de erosión de los suelos primarios.

TABLA I

Prof. cm.	<i>Análisis granulométrico</i>					<i>Análisis químico-físico</i>				
	Fracción m. m. Ø %					H ₂ O	pH	ClK	Capacidad cambio meq %	Conductividad · EC _s μmho cm ⁻¹
	> 2 elementos gruesos	2 a 0,2 arena gruesa	0,2 a 0,02 arena fina	0,02 a 0,002 limo	< 0,002 arcilla					
0-20	3,7	0,4	46,4	42,6	8,9	7,75	7,35	16,25	994	
20-43	0,0	0,2	32,6	48,0	18,2	7,75	7,35	19,37	517	
43-90	0,0	0,4	50,4	38,6	9,3	7,85	7,45	16,87	934	

Prof. cm.	<i>Análisis químico</i>										
	Carbonato cálcico %		C %	M. O. %	N %	C/N	P asim. p. p. m.	K meq/100 g.	Na meq/100 g.	Cl ⁻ meq/100 g.	SO ₄ Ca · 2 H ₂ O %
	Total	Activo									
0-20	45,0	18,65	0,97	1,67	0,100	9,7	0,10	1,05	1,12	0,55	0,29
20-43	49,0	19,73	0,55	0,95	0,050	11,0	0,10	0,57	1,52	0,58	0,12
43-90	47,5	18,65	0,72	1,24	0,078	9,2	0,10	0,57	2,32	1,15	0,17

T A B L A I I

Prof. cm.	<i>Análisis granulométrico</i>					<i>Análisis químico-físico</i>				
	Fracción m. m. Ø %					H ₂ O	pH	ClK	Capacidad cambio meq %	Conductividad · EC ₅ µmho cm ⁻¹
	> 2 elementos gruesos	2 a 0,2 arena gruesa	0,2 a 0,02 arena fina	0,02 a 0,002 limo	< 0,002 arcilla					
0- 20	0,0	0,4	50,0	36,8	11,2	7,55	7,20	19,37	1.390	
20- 40	0,0	0,6	44,0	36,0	18,3	7,75	7,45	16,25	445	
40- 90	0,0	0,4	50,6	28,4	19,3	7,75	7,35	15,00	316	
90-104	0,0	0,2	53,0	31,2	14,1	7,75	7,35	15,62	688	
104-125	0,0	2,2	72,4	18,0	6,8	7,85	7,35	14,37	276	

Análisis químico

Prof. cm.	Carbonato cálcico %		C %	M. O. %	N %	C/N	P		Na meq/100 g.	Cl ⁻ meq/100 g.	SO ₄ Ca · 2H ₂ O %
	Total	Activo					asim. p. p. m.	K meq/100 g.			
0- 20	47,0	18,65	0,88	1,52	0,086	10,2	0,60	0,95	1,12	0,43	0,50
20- 40	50,5	16,52	0,64	1,10	0,060	10,7	0,35	0,54	1,12	0,55	0,11
40- 90	49,0	11,73	0,74	1,28	0,070	10,6	0,00	0,45	0,92	0,38	0,03
90-104	47,0	14,39	0,84	1,45	0,075	11,2	0,35	0,60	0,96	0,38	0,20
104-125	45,5	6,40	0,35	0,60	0,040	8,8	0,60	0,29	0,70	0,45	indicios

TABLA III

Prof. cm.	<i>Análisis granulométrico</i>					<i>Análisis químico-físico</i>				
	Fracción m. m. Ø %					H ₂ O	pH	ClK	Capacidad cambio meq %	Conductividad · EC ₅ μmho cm ⁻¹
	> 2 elementos gruesos	2 a 0,2 arena gruesa	0,2 a 0,02 arena fina	0,02 a 0,002 limo	< 0,002 arcilla					
0-20	75,3	43,4	22,8	25,0	8,6	8,30	7,85	10,00	1.963	
20-70	72,4'	49,6	23,2	17,0	10,1	8,10	7,75	9,38	1.085	
70-98	71,4	46,6	21,6	23,0	8,6	8,30	7,85	9,38	2.113	

Prof. cm.	<i>Análisis químico</i>						P asim. p. p. m.	K meq/100 g.	Na meq/100 g.	Cl ⁻ meq/100 g.	SO ₄ Ca · 2 H ₂ O %
	Carbonato cálcico % Total	Carbonato cálcico % Activo	C %	M. O. %	N %	C/N					
0-20	6,0	6,0	0,08	0,14	0,026	3,1	8	0,10	6,20	0,17	0,13
20-70	5,0	5,0	0,04	0,07	0,021	1,9	6	0,08	3,20	0,09	—
70-98	4,5	4,5	0,08	0,14	0,020	4,0	10	0,08	7,00	0,22	0,10

T A B L A I V

Prof. cm.	<i>Análisis granulométrico</i>					<i>Análisis químico-físico</i>				
	Fracción m. m. Ø %					H ₂ O	pH	ClK	Capacidad cambio meq %	Conductividad · EC ₅ μmho cm ⁻¹
	> 2 elementos gruesos	2 a 0,2 arena gruesa	0,2 a 0,02 arena fina	0,02 a 0,002 limo	< 0,002 arcilla					
0- 4	44,4	29,4	51,0	10,8	4,5	7,65	7,15	28,75	244	
4-19	42,2	25,6	55,6	10,4	3,6	7,55	7,00	33,13	271	
19-38	60,0	36,4	42,0	9,8	9,0	7,55	7,10	23,75	332	

Análisis químico

Prof. cm.	Carbonato cálcico %		C %	M. O. %	N %	C/N	P asim. p. p. m.	K meq/100 g.	Na meq/100 g.	Cl ⁻ meq/100 g.	SO ₄ Ca . 2 H ₂ O %
	Total	Activo									
0- 4	8,0	8,00	2,46	4,24	0,214	11,5	1,85	0,74	0,70	0,60	indicios
4-19	7,5	7,50	2,73	4,71	0,230	11,9	0,60	0,62	0,94	0,60	»
19-38	28,5	16,52	1,59	2,74	0,150	10,6	0,10	0,29	1,02	0,80	»

RESUMEN

Los suelos del valle de Murcia (España), o vega media del Segura, se formaron sobre sedimentos aluviales transportados fluvialmente.

En las riberas del río y márgenes de la citada vega, se encuentran los suelos más profundos y permeables; por consiguiente, los de mayor aptitud inicial para la citricultura.

En los suelos pedregosos, moderadamente calizos, de las laderas de las montañas del entorno del valle, se encuentran excelentes plantaciones de limoneros. También se cultivan con éxito los limoneros sobre suelos de naturaleza silíceas de algunas áreas laterales de la vega.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.

C. S. I. C. Murcia.

Departamento de Edafología. Sección de Sistemática y Cartografía de Suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CARPENA, O., ABRISQUETA, C., GUILLÉN, M. G. y SÁNCHEZ, J. A. 1957. Contribución al estudio de la fertilidad de los suelos de la huerta de Murcia. *Anal. Edaf.*, 16, 43-55.
- (2) CENTRO DE EDAFOLOGÍA Y BIOLOGÍA APLICADA DEL SEGURA. 1963. Estudio edafológico y agrobiológico de la huerta de Murcia. C. S. I. C. Murcia.
- (3) CENTRO DE EDAFOLOGÍA Y BIOLOGÍA APLICADA DEL SEGURA. 1970. El limón murciano. Hermandad Sindical de Murcia.
- (4) COMMISSION DE PEDOLOGIE ET CARTOGRAPHIE DES SOLS DE LA FRANCE. 1967. Classification des Sols.
- (5) GUERRA, A. y col. 1966. Mapa de Suelos de España. C. S. I. C.
- (6) GUILLÉN, M. G., SÁNCHEZ, J. A. y FERNÁNDEZ, F. G. 1962. La relación C/N en suelos de agrios. *Anal. Edaf. y Agrob.*, XXI, 7-12, 425-33.
- (7) GONZÁLEZ-SICILIA, E. 1960. El cultivo de los agrios. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. Madrid.
- (8) INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL. Hojas geográficas 1:50.000 núm. 934 y 913. Madrid.
- (9) INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Hojas y Memorias geológicas números 934 y 913.
- (10) JORGE ARAGONESES, M. 1966. Guía del Museo de la Muralla Árabe de Murcia. Dirección General de Bellas Artes. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid.
- (11) KUBIENA, W. L. 1953. Claves sistemáticas de suelos. C. S. I. C. Madrid.
- (12) ORTUÑO, A., GUILLÉN, M. G. y SÁNCHEZ, J. A. 1968. La agricultura murciana, sus problemas y soluciones. Hermandad Sindical de Murcia.
- (13) REUTHER, W., WEBBER, H. J. y BATCHELOR, L. D. 1967. The Citrus Industry. Vol. I y II. University of California. U. S. A.
- (14) RODRÍGUEZ, J. 1959. Radiaciones nucleares. Cambridge. C. S. I. C. Granada.
- (15) SÁNCHEZ, J. A. y ABRISQUETA, C. 1962. Normas para el establecimiento de plantaciones cítricas. *Acta Salmanticensis, Ciencias*, V. 509-517.
- (16) SÁNCHEZ, J. A., GUILLÉN, M. G. y FERNÁNDEZ, F. G. 1962. El potasio en suelos de vega. *Anal. Edaf.*, 21, 395-404.
- (17) SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil Classification System. 7th Aproximation. U. S. D. A. Id., id. 1967, 1968 y 1973. Supplements to Soil Classification System.

Recibido para publicación: 17-I-74

ESTUDIO MICROMORFOLOGICO DE SUELOS DESARROLLADOS SOBRE ANDESITAS EN ANDALUCIA ORIENTAL

por

J. AGUILAR y M. DELGADO

SUMMARY

MICROMORPHOLOGICAL STUDY OF SOILS DEVELOPED ON ANDESITIC ROCKS IN ORIENTAL ANDALOUSIE

It has been studied a profil's serie of soils developed on andesitic rock which location is in the Isle of Alboran and the Sierra de Cabo de Gata at the South-East of Spain.

In this study we present three profiles of the first location and one of the second location. These soils have been studied first of all by micromorphologically and besides we have done chemical analysis of fertility and X-ray of clays.

The soils of the Cabo de Gata are policiclyc and have hor. A formed in the present day developed on a decapitated relict-soil. The profiles of the Isle of Alboran are andosolic soils and have some differences according to the zone they are situated. Several transformations we can have seen in these soils; so the plagioclases give geles which sometimes give gibbsite and sometimes clay minerals.

The volcanic glass origine sometimes (pH high) montmorillonite, while others times gives allophane, which can gives clay minerals at high pH. The volcanic glass in those profiles whose pH is lower (4,1 to 4,7) can't present evolution towards clay minerals, so that the high amounts of Bubble Wall Texture present in these soils.

The clay minerals present in the soils of Cabo de Gata are: Clorite, Illite and Kaolinite in all the horizons so that we have to think these minerals are inhereted. Logically the plasmic fabric of the different horizons is not the same because of the relict character of the B horizon. So is argillasepic in A horizon and Vo-Skel-Clino bimasepic in B horizon.

The clay minerals present at the soils of the Isle of Alboran are: Montmorillonite, Illite and Allophane with prevalence of this in all the soils and found different amounts of the others more or less in relation with pH. The plasmic fabric vary from Insepic to isotic according to the different proportion of these constituents.

Las andesitas en Andalucía oriental sólo se presentan en la isla de Alborán y en la Sierra del Cabo de Gata (Almería).

Han sido varios los autores que han indicado que las rocas volcánicas constituyentes de la isla de Alborán son análogas a las del Cabo

de Gata. Son un tránsito de basaltos andesíticos a andesitas augíticas con grandes cristales blancos de plagioclasas y otros más pequeños de augita; esta analogía tiene su corroboración en el intenso proceso de silificación que se presenta tanto en un sitio como en otro y que parece demostrar que la isla de Alborán estuvo ligada al Cabo de Gata en una época relativamente próxima. Así Hernández Pacheco e Ibarrola (1970) indican que ambas manifestaciones volcánicas son contemporáneas y mioceno-pliocénicas.

En un trabajo previo, Aguilar, Iñiguez y Fernández (1973), estudiando las arenas finas (fracciones ligera y pesada) de tres suelos desarrollados sobre andesitas en la isla de Alborán y otros tres desarrollados sobre el mismo tipo de roca en el Cabo de Gata, observan diferencias acusadas en el comportamiento de los minerales ferromagnesianos, siendo menos patentes en los restantes minerales presentes.

Las analogías existentes en las rocas junto con las diferencias observadas en la fracción arena fina de los suelos sobre ellas desarrollados, son las que han motivado este trabajo.

MÉTODOS UTILIZADOS

Los análisis químicos fueron realizados por los métodos usuales de determinación. Los diagramas de rayos X se realizaron con un aparato Philip, modelo P. W. 1010 equipado con detectores de centelleo y equipo discriminador de altura de impulsos. La radiación empleada fue $K\alpha$ -Cu. La preparación de láminas delgadas se realizó siguiendo las normas preconizadas por Kubiena, usando cronolita 1108 como material fijante. Las descripciones micromorfológicas se han efectuado de acuerdo con la terminología de Brewer.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los tipos de suelos elegidos para el presente estudio en la zona de Alborán son: umbrandept móllico, ochrandept éntico y umbrandept móllico decapitado. En la zona de Cabo de Gata hemos elegido solamente un perfil correspondiente a un paleargid móllico.

Determinaciones analíticas

Hor.	Arena		Limo	Arcilla	CO ₃ Ca	pH	
	gruesa	fina				H ₂ O	ClK
Umbrandept móllico:							
A11	17,23	39,10	9,28	28,24	—	8,35	7,90
A12	16,41	38,34	8,32	35,22	—	7,80	7,50
B2	14,68	46,87	13,18	20,98	—	6,25	6,20
Ochrandept éntico:							
A1	33,36	23,21	3,82	30,40	—	8,90	7,80
A1b	36,44	29,90	5,84	24,76	—	6,10	5,50
B2b	37,87	20,20	7,46	29,96	2,35	7,10	6,10
Umbrandept móllico decapitado:							
A1	—	—	—	—	—	—	—
B2	34,40	20,59	11,56	24,20	—	4,10	4,10
B3	26,92	27,93	8,90	30,02	—	4,75	4,35
Paleargid móllico:							
A1	26,70	26,70	17,20	19,20	—	6,70	6,70
B2	8,20	3,50	3,60	73,70	—	7	6,50
B3	22,30	12,30	9,80	49,10	36,70	7,70	7,40

Mineralogía de la fracción arcilla

Hor.	M. O.	I	A1	P. A.	K	F	Cl
Umbrandept móllico:							
A11	2	1	5	—	—	—	—
A12	3	—	5	1	—	1	—
B2	1	1	5	1	—	—	—
Ochrandept éntico:							
A1	4	1	4	1	—	—	—
A1b	3	1	5	—	1	2	—
B2b	4	2	4	—	—	1	—

Umbrandept móllico decapitado:

A1	—	—	—	—	—	—	—
B2	1	—	5	—	—	—	—
B3	2	1	5	—	—	—	—

Paleargid móllico:

A1	—	3	—	—	2	—	3
B2	—	5	—	—	3	—	4
B3	—	4	—	—	4	—	4

M. O. = Montmorillonita

I = Ilita

A1 = Alófana

P. A. = Piroxenos y anfíboles

K = Caolinita

F = Feldespatos

Cl = Clorita

— = Ausente

1 = Trazas

2 = Pequeña cantidad

3 = Cantidad media

4 = Abundante

5 = Muy abundante

DESCRIPCIONES MICROMORFOLÓGICAS

Perfil núm. 1. Umbrandept móllico

A12

B2

Esqueleto y litorelictos

Común. Augita y andesina de 100-200 micras. Litorelictos con alteración alrededor a partir del material del núcleo.

Común. Augita, andesina y hornblenda de 200-300 micras. Pocos litorelictos.

Plasma

Amarillento parduzco con textura plásmica inesquelséptica en una textura básica intertética.

Amarillento parduzco, con textura plásmica esquelinséptica débilmente desarrollada en una textura básica aglomeroplásmica.

Huecos

Pocos (8-10 por 100), normalmente canales con alguna orto y meta cavidad y algunos huecos de empaquetamiento simple.

De pocos a comunes (12-15 por 100). Orto y metacavidades, canales interconectados y huecos de empaquetamiento simple.

Materia orgánica

Pocas raíces y pocas pellets aglomeradas en el plasma.

Pocas raíces y pocas pellets de humus bruto caídos desde el horizonte superior.

Rasgos edáficos

Nódulos de suelo amarillentos, con contextura sépica, y orientación laminar.

Nódulos de suelo, abundantes, isotropos en general y con abundantes inclusiones. Pocos nódulos de hierro.

Vidrio volcánico negro, nódulos de hierro raros y en los agregados de suelo pequeños cristales de pirita.

Arcilanes comunes alrededor de granos de esqueleto y nódulos de suelo formados por alteración y nueva formación. Raros orga-arcilanes.

Arcilanes comunes alrededor de granos de esqueleto y agregados de suelo. Raros organanes.

Se observa una gran alteración tanto de los minerales ferromagnesianos como de las plagioclasas. La alteración de estas últimas se produce originando geles que evolucionan hacia minerales cristalinos. El fenómeno es poco patente en este suelo, pero no obstante podemos reconocer algunos cristales bien formados que tienen este origen.

Son abundantes los agregados de suelo de color amarillento, sobre todo en los horizontes más profundos. Están constituidos fundamentalmente de vidrio y proceden de la alteración de la roca. En ocasiones presentan una estructura esférica o elíptica (lámina 1, microfotografía 1).

En el horizonte superior se observan abundantes nódulos negros de vidrio volcánico agrupados en una zona. El vidrio volcánico evoluciona hacia alófana (lámina 1, microfotografía 2), encontrándonos muchísimo más material de este tipo en el horizonte más profundo. Junto a ésta, también encontramos algunos nódulos ferriargílicos e incluso papulas.

Perfil núm. 2. Ochrandepto éntico

A1

A1b

B2b

Esqueleto y litorelictos

En gran cantidad. Augita y hornblenda (poca) y andesina, la mayoría entre 100-150 micras. Litorelictos comunes.

Abundantísimo. Augita, hornblenda (poca) y andesina. La mayoría entre 150-250 micras. Litorelictos comunes.

Abundantísimo. Augita, hornblenda y andesina. La mayoría de 300 micras.

Plasma

Amarillento no claro. Contextura básica. Intertéctica y plásmica inesquelséptica.

Amarillento no claro. Contextura básica generalmente intertéctica, aunque en algunas zonas aparece como granular. C. plásmica inesquelséptica.

Amarillento no claro. Contextura generalmente granular/aglomeroplásmica, aunque en algunas zonas es netamente granular. C. plásmica inesquelséptica, pero podría definirse un nuevo tipo.

Huecos

Canales orto y metacavidades comunes. Pocos huecos de empaquetamiento simple.

Frecuentes canales interconectados. Pocos huecos de empaquetamiento simple y orto y metacavidades.

Frecuentes huecos de empaquetamiento simple. Pocos canales y orto y metacavidades.

Rasgos edáficos

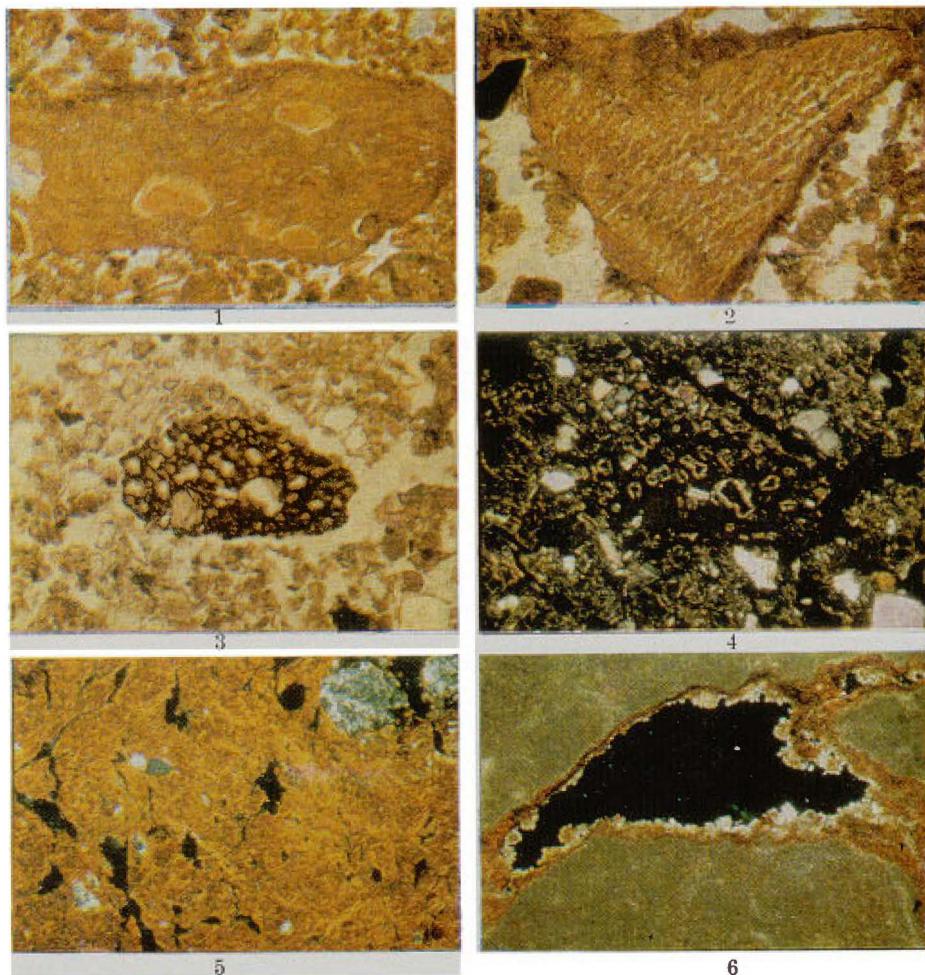
Nódulos negros y amarillos de vidrio y material alofánico muy abundante.

La materia orgánica se presenta como restos de raíces, siendo común la existencia de excretas fecales dentro de las mismas. Pocos arcilanes y estos usualmente alrededor de granos de esqueleto o de nódulos de suelo; su origen es de alteración principalmente.

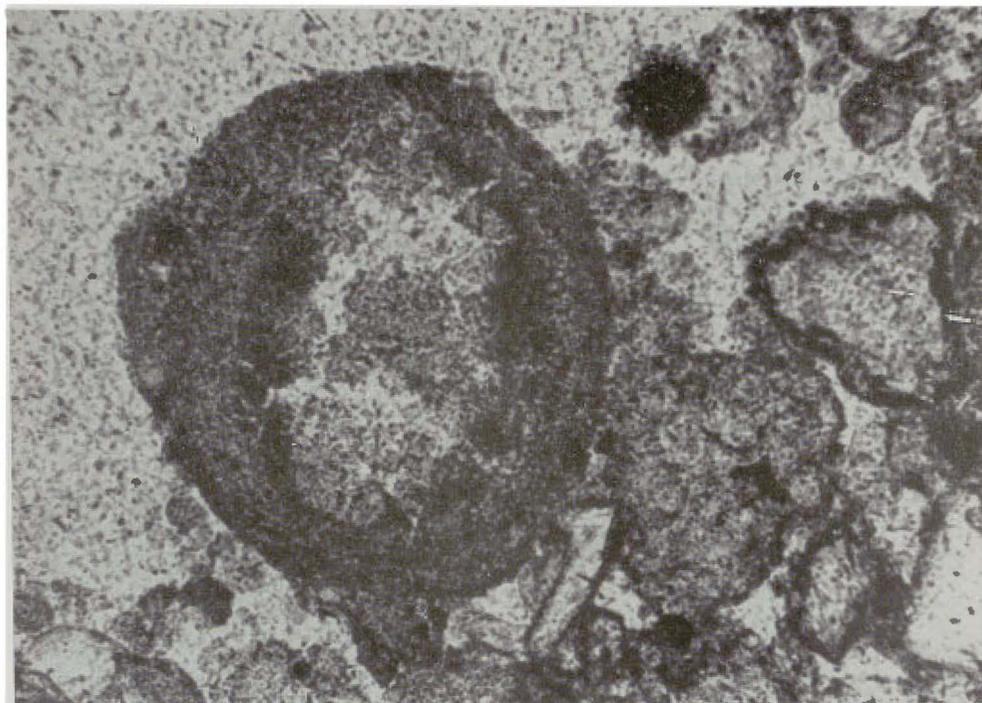
Nódulos de suelo amarillentos muy abundantes. Algunas pápulas con orientación continua. Pocos arcilanes y muy delgados alrededor de granos de esqueleto y nódulos de suelo. Su origen es de alteración.

Escasas pápulas. Escasos nódulos de carbonato cálcico. Comunes arcilanes alrededor de granos de esqueleto y nódulos de suelo formados por alteración.

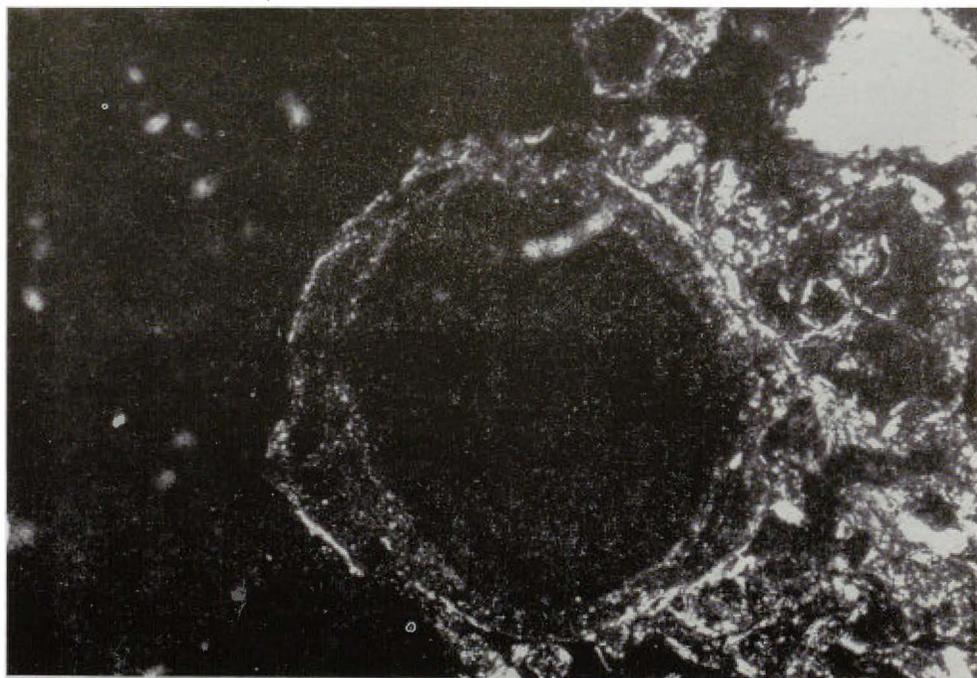
LÁMINA I



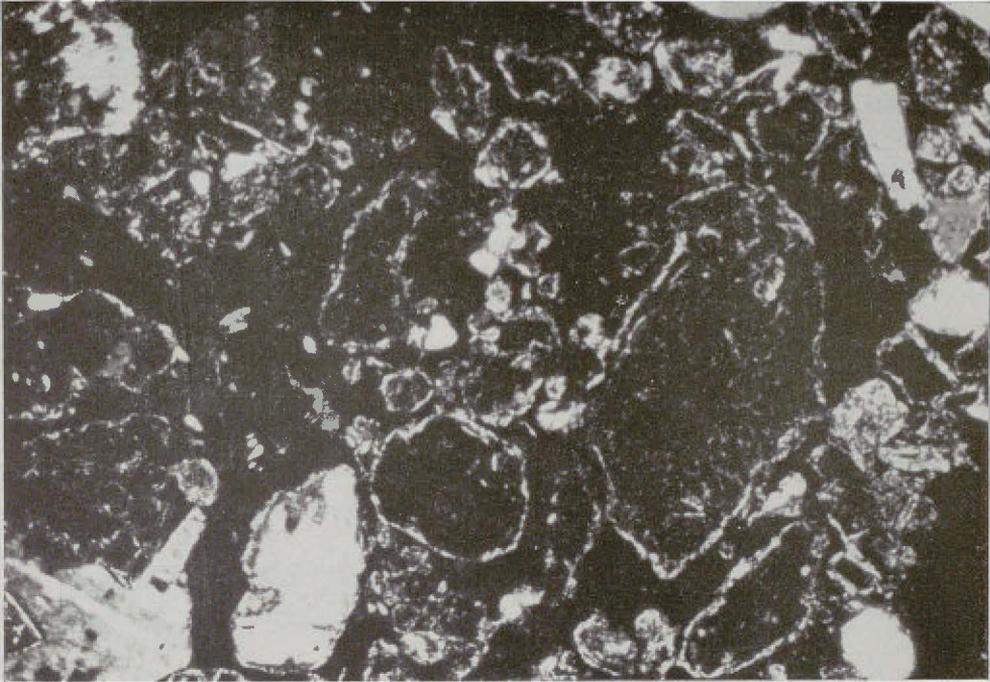
Microfotografía 1. Nódulo de suelo. Luz paralela $\times 16 A$.—Microfotografía 2. Alofana. Luz paralela $\times 16 A$.—Microfotografía 3. Bubble Wall Texture. Luz paralela $\times 16 A$.—Microfotografía 4. Bubble Wall Texture. Nícoles $\times 16 A$.—Microfotografía 5. Contextura plasmia vo esquel clinobimasépica. Nícoles $\times 16 A$.—Microfotografía 6 Ferrán de iluviación. Nícoles $\times 16 A$



Microfotografía 1.—Nódulos de suelo. Luz paralela $\times 64$ A



Microfotografía 2:—Nódulos de suelo. Nícoles $\times 64$ A



Microfotografía 1.—Contextura plásmica granular. Nicoles $\times 16 A$

En el horizonte superior se encuentra «Bubble wall Texture» (*) (lámina I, microfotografía 3) en gran proporción, mientras que en los restantes horizontes no se aprecia. La cantidad de alófana es mayor en el horizonte Alb y llega hasta desaparecer en el tercer horizonte, siendo en éste donde se encuentran nódulos de CO_3Ca . En la roca ya se observa la gran alteración con «Bubble wall texture» y formación de minerales de la arcilla principalmente a partir de las plagioclasas.

En el horizonte superficial destacan los nódulos de suelo amarillo parduzco muy transformados, con una gran birrefringencia. Restos abundantes de materia orgánica con fecal pellets. Bubble was texture, pero alrededor de las vesículas hay arcilla claramente definida (lámina I, microfotografía 4). También se observa una apreciable cantidad de hierro liberado que impregna el plasma y en algunas ocasiones se sitúa como ferranes.

En el horizonte inmediato inferior se aprecian nódulos de suelo un poco diferentes de los anteriores (lámina 2, microfotografías 1 y 2). Más

(*) Es una forma especial de presentarse el vidrio que prueba su origen volcánico.

litorelictos, en algunos de los cuales se observa formación de arcilla en los bordes. Materia orgánica en canales y huecos en general, claramente de caída libre.

En este horizonte hay zonas donde la cementación es menor y existen muchas plagioclasas y vidrio con formación de arcilla alrededor dando una contextura granular (lámina 3, microfotografía 1). Algún vidrio negro, pero poco.

En el horizonte más profundo se observan los mismos hechos anteriores, con más litorelictos y nada de alófana. La alteración de las plagioclasas aquí parece ser del tipo plagioclasas-geles, y éstos evolucionan hacia gibsita.

Perfil núm. 3. Umbrandept móllico decapitado

B2

B3

Esqueleto y litorelictos

Gran cantidad de esqueleto. Augita y plagioclasas de 300-400 micras. La forma es muy variada, pero abunda la planar. Litorelictos comunes en la mayor parte de los casos mayores de 700 micras.

Común esqueleto. Poca augita alrededor de 400 micras, común plagioclasas normalmente en forma de maclas polisintéticas. Litorelictos comunes.

Plasma

Masa basal de varios colores (pardo negruzca, amarillenta y blanca). Contextura básica intertética y plásmica isótica.

Masa basal pardo amarillenta con zonas más claras y oscuras. Contextura básica porfirioesquelética y plásmica isótica.

Huecos

≈ 10 por 100 constituidos fundamentalmente por huecos de empaquetamiento compuesto y algunas vesículas.

< 10 por 100. Constituidas fundamentalmente por huecos de empaquetamiento compuesto, algunas vesículas y algunas cavidades.

Rasgos edáficos

Nódulos arcillosos en pequeña cantidad y concentrados en una zona. Pocos arcilanes rodeando pedos cuyo origen es nueva formación.

Pocos arcilanes situados alrededor de granos de esqueleto y pocos ferriarcilanes alrededor de pedos. El origen es nueva formación.

La masa basal está dominada por vidrio volcánico organizado en la mayor parte de los casos en alófana, junto con algunos nódulos de hierro.

Se observa una gran alteración tanto en las plagioclasas como en los minerales ferromagnesianos, dando origen a diversos productos. Las plagioclasas se alteran, dando geles que evolucionan sea a gibsita, sea a minerales de la arcilla, mientras que el vidrio volcánico existente normalmente se organiza en alófana (isotropo).

Se observan nódulos procedentes de la toba volcánica en algunos de los cuales la alófana está transformada en arcilla, mientras que en otros no se ha transformado.

La formación de «Bubble wall Texture» es muy abundante, pero no se originan dominios birrefringentes alrededor de las vesículas.

La formación de compuestos férricos, posiblemente a partir de los ferromagnesianos, no es muy abundante y éstos suelen acompañar a la arcilla para dar lugar a ferriarcilanes.

En el horizonte más profundo el vidrio volcánico continúa siendo lo más abundante, pudiéndose observar igualmente su transformación en alófana, aunque en menor cantidad que en el horizonte superficial, probablemente por razones de pH.

La cantidad de «Bubble wall texture» es menor en este horizonte. Se pueden observar también algunas excretas fecales, nódulos de hierro, arcilanes y ferriarcilanes.

Perfil núm. 4. Paleargid mólico

A1

B2

B3

Esqueleto y litorelictos

Pocos granos de esqueleto, entre los que se aprecian micas y feldespatos. Litorelictos abundantes.

Esqueleto muy escaso. Pocos litorelictos.

Abundantes litorelictos.

Plasma

Color pardo oscuro. Contextura básica intertextica y plásmica arcilla sépica.

Color amarillo con zonas rubificadas. Contextura básica porfiróesquelética y plásmica vo-Skel-clino bimásépica.

Color amarillento sucio. Contextura básica porfiróesquelética y plásmica microcristica con restos de la C. sépica del horizonte anterior.

Huecos

Gran porosidad (> 30 por 100). Abundantes orto y metacavidades mamelonadas e interconectadas. Abundantes canales, algunas grietas regulares y grietas oblicuas.	Porosidad \simeq 10 por 100. Abundantes huecos planares (meta-Skew planés). Algunos canales y orto y metacavidades.	Porosidad intrapedes muy pequeña (< 5 por 100) constituida por algunos canales y cavidades de disolución.
---	---	---

Rasgos edáficos

No existen cutanes. Raros pedorelictos (restos de horizonte B en horizonte A). Raros nódulos de hierro. Abundante materia orgánica.	Abundantes arcilanes de iluviación rodeando pedos, granos de esqueleto y algunos huecos. Pocos nódulos de hierro y raros de manganeso.	Pocos nódulos de hierro. Pocos arcilanes, alrededor de pedos y canales.
---	--	---

El horizonte superficial es rico en materia orgánica, que le da una estructura esponjosa. Presenta algunas grietas regulares y abundantes fragmentos de roca. Presenta algunos pedorelictos y no se observan cutanes.

El horizonte B2 es totalmente arcilloso, con una contextura sépica muy desarrollada, lo que hace que resulte más masivo (lámina 1, microfotografía 5). Los fragmentos de roca son del mismo tipo que el anterior, pero se encuentran en mucha menor cantidad y la porosidad es pequeña, pero toda del tipo de huecos planares. Los cutanes son muy abundantes, rodeando pedos y granos de esqueleto.

El horizonte más profundo está formado por restos de andesitas con abundante CO_3Ca , formando una costra con cavidades y canales de disolución y arcilla y óxidos de hierro iluviados del horizonte anterior (lámina I, microfotografía 6). La arcilla y óxidos de hierro están dispuestos principalmente siguiendo los abundantes canales interconectados que presenta el horizonte. Los cutanes son abundantes principalmente alrededor de granos de esqueleto y delimitando poros.

OBSERVACIONES ADICIONALES Y DISCUSIÓN

De los resultados experimentales anteriores deducimos que los suelos existentes en la región del Cabo de Gata, formados sobre andesitas, son suelos policíclicos en los que existe un horizonte A actual desarrollado sobre un suelo relicto decapitado por la erosión. Este hecho lo podemos

definir por los datos del análisis textural y del análisis mineralógico de arcillas, y viene corroborado por los datos micromorfológicos (presencia de pedorelictos en el horizonte A y C. Plásmica totalmente diferente).

El proceso que ha debido tener lugar es una formación en épocas pasadas con régimen muy lluvioso que ha desarrollado un suelo en el que la iluviación estuvo muy acentuada; posteriormente, por erosión, desapareció el horizonte superficial de este suelo, quedando como relictos los horizontes B sobre los cuales se ha desarrollado un suelo reciente que contiene algunas de las propiedades de este relicto (minerales de la arcilla, etc.).

En suelos de Alborán el proceso es bastante diferente. Se han estudiado tres perfiles, dos de ellos en zonas protegidas de la erosión con aporte eólico intenso (uno de ellos enclavado en la solana y otro en la umbría). El tercero está enclavado en una zona sometida a intensa erosión que ha hecho desaparecer el horizonte superficial.

En el perfil 1 observamos una gran alteración, tanto de los minerales ferromagnesianos como de las plagioclasas; estas últimas se alteran según el siguiente esquema: Plagioclasas \rightarrow Geles \rightarrow minerales cristalinos.

Del estudio mineralógico de arcillas observamos que los horizontes superiores son más ricos en la misma, tanto en cantidad como en cristalinidad, observando fundamentalmente montmorillonita dioctaédrica.

De este estudio y de las observaciones micromorfológicas deducimos que el tipo de alteración sufrida por el vidrio volcánico constituyente de la toba original es el siguiente:



En el perfil 2 la cantidad de alófana es más abundante en el horizonte A1b, llegando a desaparecer en el B2b; esto que parece un contrastado con lo anterior no resulta así, ya que en este suelo el horizonte A1b es el más ácido y presenta mayor humedad, de ahí que sea del sitio donde la alteración es más acentuada.

En el perfil 3, que es el sometido a una más intensa erosión, se observa la mayor alteración. Las plagioclasas se alteran dando geles que evolucionan sea a gibsita sea a minerales arcillosos, aunque a estos últimos en muy pequeña cantidad, cosa lógica dado los bajos pH que presenta este perfil (4,7 en B3 y 4,1 en B2). La cantidad de arcilla en estos suelos en su casi totalidad procede de la roca madre.

Los minerales ferromagnesianos se alteran, produciendo diversos.

compuestos férricos cristalinos en forma de nódulos principalmente y algunas veces en forma coloidal, que se unen a la arcilla existente para dar ferriarcilanes.

El vidrio volcánico a los bajos pH existentes no puede evolucionar hacia minerales de la arcilla, de ahí la gran cantidad de «Bubble wall texture» existente, más en B2 que en B3 por razones de pH.

RESUMEN

Se han estudiado una serie de perfiles completos de suelos desarrollados sobre roca madre andesítica, enclavados en la isla de Alborán y en la Sierra del Cabo de Gata, en el sureste de España.

En este estudio incluimos tres perfiles de la primera localidad y uno del Cabo de Gata. Estos suelos se han estudiado desde el punto de vista micromorfológico, habiendo realizado además análisis químicos de fertilidad y rayos X de arcillas.

Los suelos del Cabo de Gata son policíclicos con horizonte A actual desarrollado sobre un suelo relicto decapitado. Los perfiles de Alborán son de tipo andosólico y presentan ciertas diferencias según la zona en que están enclavados. Son varias las transformaciones que hemos podido reconocer en estos suelos; así las plagioclasas producen geles que en ocasiones dan lugar a gibsita y en otras a minerales de la arcilla.

El vidrio volcánico da lugar en ocasiones (pH alto) a montmorillonita, mientras que otras veces sólo se produce alófana, que también puede originar minerales de la arcilla a alto pH. Este vidrio volcánico en aquellos perfiles que presentan más bajos pH (4,1 a 4,7) no puede evolucionar hacia minerales de la arcilla, de ahí la gran cantidad de «Bubble wall texture», existente en estos suelos.

Los minerales de la arcilla presentes en los suelos de Cabo de Gata son: cloritas, ilita y caolinita en todos los horizontes, luego hemos de pensar que éstas son heredadas. Teniendo en cuenta la naturaleza relicta del horizonte B, es lógico que la textura sea diferente en los distintos horizontes, así arcillasépica en el horizonte A, y Vo-Skel clinobimásépica en el horizonte B.

Los minerales de la arcilla presentes en los suelos de la isla de Alborán son: montmorillonita, ilita y alófana, predominando en todos los suelos la última y encontrando valores diferentes de los otros más o menos relacionados con el pH y dando lugar a texturas insépicas o isótica, según la proporción relativa de estos constituyentes.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AGUILAR, J., IÑIGUEZ, J. y FERNÁNDEZ, J. (1973). Estudio comparativo de las arenas finas de suelo desarrollados sobre andesitas en Cabo de Gata y la isla de Alborán. *Anales de Aula Dei*, Zaragoza, 40-51.
- (2) BREWER, R. (1964). *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley and son. N. York.
- (3) DELGADO, M., IÑIGUEZ, J. y otros (1972). La isla de Alborán. Publicaciones de la Universidad de Granada.
- (4) HERNÁNDEZ PACHECO, A. e IBARROLA, E. (1970). Nuevos datos sobre la Petrología y Geoquímica de las rocas volcánicas de la isla de Alborán. *Estudios Geológicos*, XXVI, 93-103.
- (5) KUBIENA, W. L. (1963). *Micropedology*. Amés. Iowa.
- (6) FISHER, R. V. (1963). Bubble wall Texture and its significance *Journal of Sedimentary Petrology*, 33, 224-227.

Recibido para publicación: 29-I-74

ESTUDIO EDAFOLOGICO DE LOS RELIEVES PROXIMOS A LA VEGA DE MOTRIL

p o r

AGUILAR RUIZ, J., MONGE UREÑA, A. y SIERRA RUIZ DE LA F., C.

S U M M A R Y

PEDOLOGIC STUDY OF THE SURROUNDING AT THE VEGA OF MOTRIL

It has been studied five soil's profiles at the reliefs near Motril which are responsible of the development of its fertile vega.

In general they are soils very few evolved, intergrades among litosols, brown calcareous and red soil and they are characterized by a low content in macronutrients and micromorphologically by a crystallaria formed by recrystallized calcite.

I N T R O D U C C I Ó N

La costa granadina tiene aproximadamente unas 74.000 Ha., de las que 7.500 son terrenos de regadío, 31.000 están dedicadas a cultivos de secano y el resto son montes y eriales.

Queda limitada por las laderas meridionales de las Sierras de la Almirante, Lujar y la Contraviesa, descendiendo bruscamente hacia el mar, dando terrenos muy accidentados y áridos, que en las márgenes y desembocaduras de las ramblas de Albuñol, Castell de Ferro y la Herradura, y de los ríos Guadalfeo y Verde, se transforman en fértiles vegas, base fundamental de la economía de este litoral.

La zona objeto del presente trabajo comprende el área delimitada por las siguientes coordenadas geográficas:

36° 46' 24" - 36° 41' 34" latitud Norte.

3° 31' 2" - 3° 25' 2" latitud Este.

Aldaya (1969) describe los materiales alpujárrides del Sur de Sierra Nevada, señalando la presencia en el área del presente trabajo de tres formaciones: 1) Formación paleozoica (formación superior e inferior de micaesquistos y cuarcita). 2) Formación de filitas y cuarcita. 3) Forma-

ciones calizo-dolomíticas, describiendo en cada una de ellas su potencia, génesis y mineralogía.

Rodríguez Muñoz (1946) clasifica a Motril como un microclima que abarca un área uniforme de una extensión aproximada de 42 Km², presentando diferencias sustanciales con respecto al clima dado para todo el dominio mediterráneo, ocasionando un clima sub-tropical que ha permitido, favorecido por su especial enclave, la ubicación en sus dominios de una vegetación típicamente tropical. Como resumen del estudio climático hecho para la zona, incluimos la curva ombrotérmica. Hay que destacar, además, la torrencialidad de las precipitaciones en los meses lluviosos y, sobre todo, en los estivales.

Alías (1967) señala la importancia del núcleo metamórfico de Sierra Nevada en la formación de suelos influenciados por ella, que a su vez están condicionados a la topografía y a los contrastes climáticos.

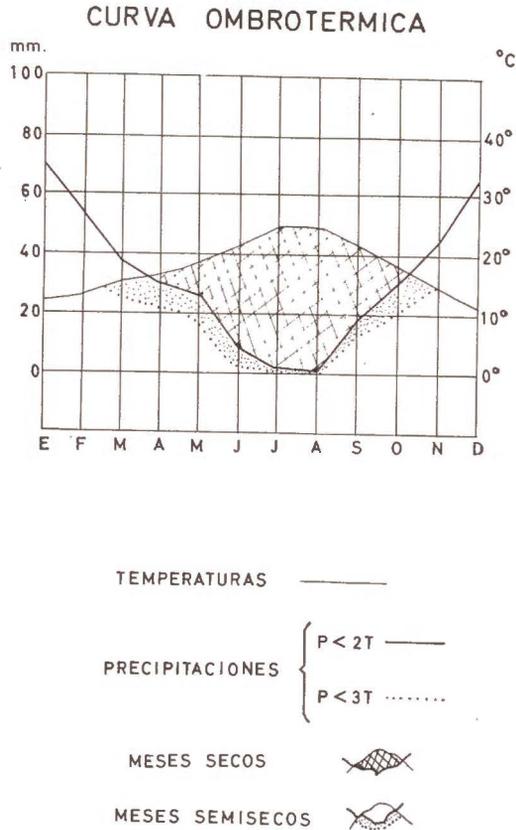


Fig. 1

Gutiérrez Ríos y Medina (1950) estudian los procesos de formación de arcilla en Sierra Nevada. Fernández Cruz (1961) explica la escasa acumulación de arcilla en la vega de Motril debido a lo accidentado del terreno, que provoca arrastres muy violentos de los materiales, fundamentalmente de los muy finos, que pueden ir a parar al mar, ocasionando así la presencia de suelos de textura generalmente arenosa.

Rivas Goday (1971) indica que el área provincial ocupado por el territorio climático del oleo-ceratonion, correspondiente al piso mediterráneo litoral o térmico, se extiende por toda la costa mediterránea, hasta los 600 metros de altitud, pudiendo excepcionalmente alcanzar la cota de los 1.000 metros.

El oleo-ceratonion se interna profundamente por el valle del río Guadalfeo, al N. de la Sierra de Lujar; asimismo penetra por el valle del río Grande, hasta más allá de Ugijar.

Alías y P. Pujalte (1967), en el mapa de suelos de Granada, señalan los siguientes tipos de suelos dentro de la zona: vegas y suelos transformados por el riego; tierras pardas meridionales que pueden presentarse parcialmente carbonatadas en la parte más oriental, pasando a litosuelos y suelos pardo calizos superficiales en las zonas montañosas. En la parte occidental dominan las tierras pardas meridionales típicas, asociadas a litosuelos y suelos pardos calizos esqueléticos.

Kubiena (1952) describe en el área alpujarreña, y en algunas localidades de la costa Mediterránea, un tipo de suelo de escaso desarrollo, formado sobre rocas filíticas, al que denomina ranker launa.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Para el estudio edáfico de la zona se hizo un reconocimiento previo de las formaciones geológicas aflorantes, desarrollo de los suelos sobre ellas, posición topográfica, orientación de los mismos, etc., seleccionándose a este fin cinco perfiles representativos de los suelos de este área.

Los métodos utilizados son los usuales en el Departamento de Edafología de la Universidad de Granada.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Perfil núm. 1

Localidad: Motril (Granada).

Situación: 60 m. al Oeste del Barranco Gresco.

Orientación: Sur.

Topografía: ondulada.

Altitud: 180 m.

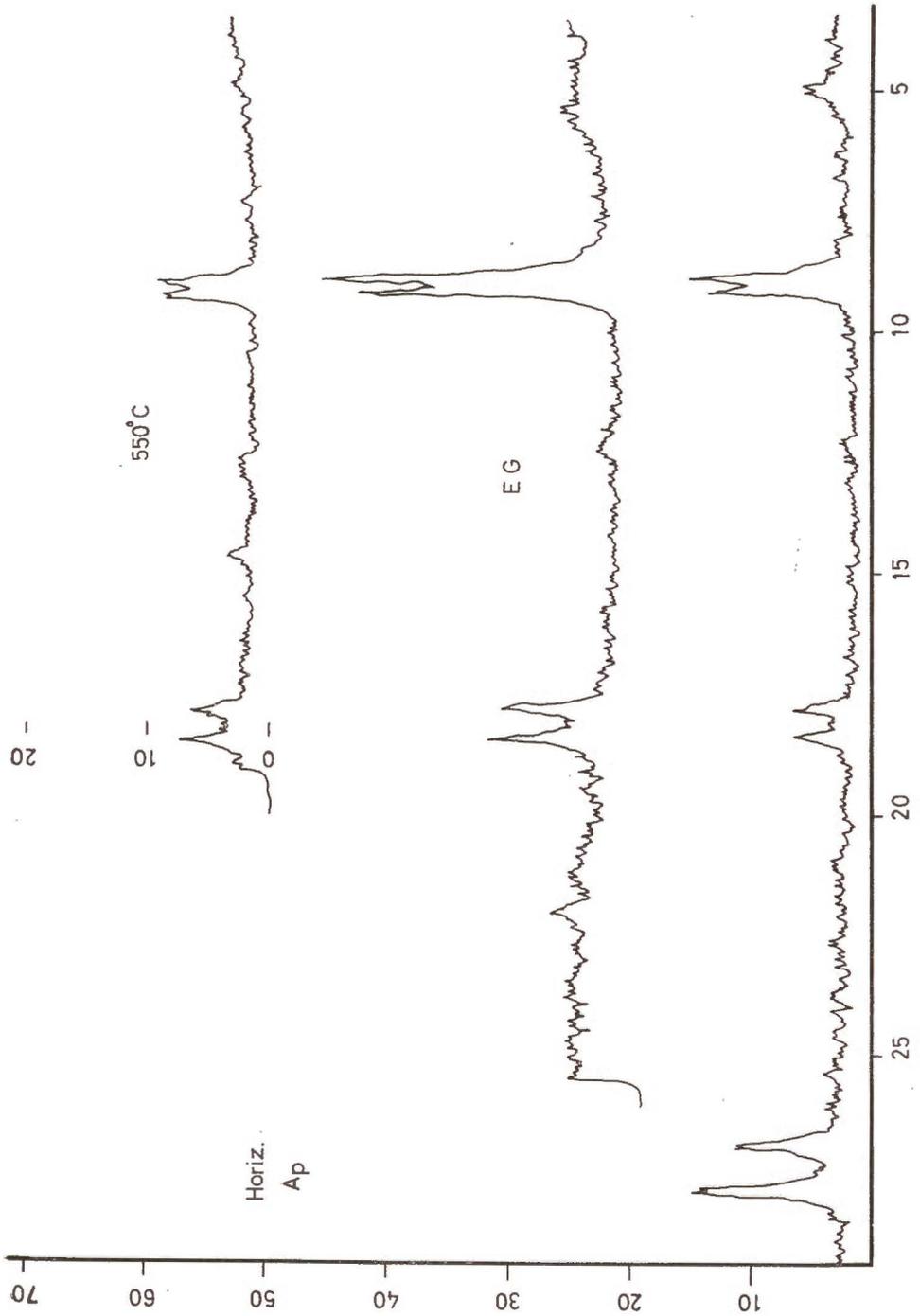


Fig. 2

Drenaje: moderadamente bien drenada.

Material original: filitas y cuarcitas del manto de Murtas.

Vegetación: olivar.

Tipo de suelo: pardo calizo.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
Ap	0-20	Color en seco 2,5 Y 6/2 y húmedo 2,5 Y 5/2. Estructura particular. Grava y gravilla frecuente. Textura limo-arenosa. Poco orgánico. Calizo.
B2	20-50	Color seco 10 YR 6,5/2 y en húmedo 10 YR 5/4. Estructura granular fina. Textura limo-arenosa.
Cl	50-60	Color 10 YR 6/3 en seco y 10 YR 5/2 en húmedo, que en profundidad tiende a 10 YR 5/2. Aumenta sensiblemente el contenido en grava y gravilla. Textura limo-arenosa. Calizo.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis mecánico y CO₃Ca

Hor.	Prof. cm.	A. Gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Carbonatos
Ap	0-20	28,3	47,2	13,7	10,6	19,1
B2	20-50	20,1	47,2	13,3	19,3	21,4
Cl	50-60	20	50	13,6	14,3	24

REACCIÓN Y FERTILIZANTES

Hor.	Prof. cm.	pH		M. O.	N ₂	C/N	P ₂ O ₅	mg/100 g.
		H ₂ O	ClK					
Ap	0-20	7,9	7,8	0,85	0,035	14,2		10
B2	20-50	8,2	7,8	0,47	0,038	7,2		82
Cl	50-60	8,3	7,8	0,39	0,028	8,8		54

COMPLEJO DE CAMBIO

Bases de cambio meq/100 g.

Hor.	Prof. cm.	Na	K	Ca	Mg	S	T	V %
Ap	0-20	0,001	0,050	4,8	0,8	5,5	5,66	100
B2	20-50	0,075	0,015	4,4	0,9	5,4	5,43	100
Cl	50-60	0,035	0,045	2,2	0,5	2,8	2,80	100

MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Hor.	Ilita	Paragonita	Interestratificados	Caolinita
Ap	+	+	+	
B2	+	+		
Cl	+	+	+	+

La existencia de estos minerales queda patente en el diagrama que adjuntamos. No incluimos los diagramas correspondientes a los otros horizontes ni en los demás perfiles, por razones de similitud y espacio

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO

Horizonte Ap

El esqueleto está constituido por restos de cuarcitas y micaesquistos. El cuarzo presenta una textura en mortero muy clara y la mica blanca está generalmente afectada de un microplegado (crenulación). En cantidad menor se encuentran carbonatos, clorita y limonita, impregnando los granos de calcita y cuarzo.

Existe poco plasma, cuya contextura básica (*) es aglomeroplásmica y la contextura plásmica crística.

No existen cutanes. La materia orgánica es muy escasa y constituida por restos vegetales poco transformados.

(*) Traducción que hemos adoptado para el término «related distribution» de Brewer.

Los litorelictos son abundantes. Aparecen nódulos de Fe en las masas cuarcíticas y carbonatadas, posiblemente de origen coloidal.

Se observan dos zonas de porosidad bien diferenciadas: una constituida por una masa continua de carbonato cálcico presentando orto y metacavidades de disolución. La otra, que es más suelta y ha estado sometida a mayor presión, exhibe restos de cuarcita y carbonatos con grandes aberturas.

Horizonte B2

Con las mismas características micromorfológicas que el anterior, pero con más carbonatos y granos de esqueleto, lo que indica una menor alteración. La formación como horizonte B2 está clara por precipitación *in situ* de los compuestos de hierro.

Horizonte C1

Como única característica diferencial con los horizontes anteriores destacamos la disposición en bandas del Fe y grafito.

Perfil núm. 2

Localidad: Motril (Granada)

Situación: 50 m. al Oeste del Barranco Gresco.

Orientación: Sur.

Topografía: ondulada.

Altitud: 170 metros.

Drenaje: moderadamente bien drenado.

Material original: filitas y cuarcitas del manto de Murtas.

Vegetación: olivar de poco desarrollo.

Tipo de suelo: litosuelo sobre pardo calizo.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
Ap	0-25	Color en seco 10 YR 6/4 y en húmedo 10 YR 4/2. Estructura granular muy fina. Restos vegetales abundantes poco transformados. Textura areno-limosa con abundante gravilla. El límite con el horizonte inferior viene representado por una franja de unos 4 cm. de color 10 YR 4/4.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
ClCam	25-30	Costra caliza muy densa, englobando fragmentos de roca filítica.
II B2	30-70	Color en seco 10 YR 5/3 y 10 YR 4/4 en húmedo. Estructura granular fina y textura limo-arenosa. Abundantes granos de cuarzo. Calizo.
R	> 70	Filitas.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis mecánico y CO₃Ca

Hor.	Prof. cm.	A. Gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Carbonatos
Ap	0-25	35,8	41,6	12,5	8,7	17,5
ClCam	25-30					
II B2	30-70	21,3	49,4	9,9	18,5	27,7

REACCIÓN Y FERTILIZANTES

Hor.	Prof. cm.	pH						
		H ₂ O	ClK	M. O.	N ₂	C/N	P ₂ O ₅	mg/100 g.
Ap	0-25	8,5	8	0,93	0,066	8,3		75
ClCam	25-30							
II B2	30-70	8,2	7,9	0,32	0,021	8,5		72

COMPLEJO DE CAMBIO

Bases de cambio meq/100 g.

Hor.	Prof. cm.	Na	K	Ca	Mg	S	T	V %
Ap	0-25	0,020	0,075	4,1	1	5,29	5,26	100
ClCam	25-30							
II B2	30-70	0,375	0,175	3,3	1	4,81	4,8	100

MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Hor.	Ilita	Paragonita	Interestratificados	Caolinita
Ap	+	+	+	+
ClCam				
II B2	+	+		

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO

Horizonte Ap

El esqueleto está constituido por granos de cuarzo, feldespatos, mica blanca, clorita, biotita, grafito (se dispone sobre restos de cuarcita y en algunas zonas se agrupa en bandas) y carbonatos de forma muy abundante.

El plasma aparece en pequeña cantidad y está enmascarado por una masa continua de carbonato cálcico; presenta una contextura básica porfirósquímica y plásmica crística.

No se observan cutanes; la materia orgánica es escasa y constituida por algunos restos vegetales parcialmente transformados.

Aparecen abundantes litorelictos. La porosidad es baja (10-12 por 100, aproximadamente) y formada por huecos de empaquetamiento compuesto.

Horizonte B2

El contenido en granos de esqueleto es menor que en el caso anterior, tratándose de restos de micaesquistos con cuarzo, en grandes cristales muy tectonizado; más abundantes son los granos pequeños que exhiben textura en mortero; moscovita, clorita, biotita, menas metálicas y grafito. Los carbonatos son muy abundantes.

El plasma está en mayor cantidad que en el caso anterior y presenta las mismas contexturas.

Calcanes muy escasos, delgados y zonales procedentes de la disolución parcial de la caliza. La materia orgánica no se aprecia.

Pocos litorelictos. Contenido en nódulos de Fe mediano. Porosidad del orden del 10 por 100 constituida por orto y metacavidades y canales de disolución.

Perfil núm. 3

Localidad: Motril (Granada).

Situación: 150 m. al Este del cortijo «Los Alcubillas».

Orientación: Oeste.

Topografía: plana.

Vegetación: almendros.

Drenaje: imperfectamente drenado.

Tipo de suelo: rojo mediterráneo.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
A1	0- 12	Color en seco 5 YR 5/4 y en húmedo 10 YR 3/4. Estructura granular media a fina. Textura areno-limosa, abundantes granos y piedras de naturaleza esquistocuarcífica.
B21	12- 25	Color en seco 2,5 YR 5/6 y húmedo 2,5 YR 3/6. Estructura en bloques subangulares muy consistentes. Textura limo-arenosa con grava y gravilla frecuente. Cutanes y superficies de presión bien desarrollados.
B22	25- 65	Color 2,5 YR 5/8 en seco y 2,5 YR 3/4 en húmedo. Estructura prismática bien desarrollada; cutanes y superficies de presión abundantes. No calizo.
B3	65-120	2,5 YR 6/6 en seco y húmedo; manchas 2,5 YR 4/6. Estructura subangular media. Textura limo-arenosa, con gravilla frecuente. Cutanes poco espesos y discontinuos. No calizo.
R	> 120-	Filitas muy alteradas.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis mecánico y CO₃Ca

Hor.	Prof. cm.	A. Gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Carbonatos
A1	0- 12	40,6	39	13	8,8	0
B21	12- 25	26,6	29,8	27,2	16,1	0
B22	25- 65	25,9	20,5	32,4	20,2	0
B3	65-120	43,7	13,4	28,7	10,3	0

REACCIÓN Y FERTILIZANTES

Hor.	Prof. cm.	pH		M. O.	N ₂	C/N	P ₂ O ₅	mg/100 g.
		H ₂ O	ClK					
A1	0- 12	7,4	7,2	0,69	0,036	11		45
B21	12- 25	7,9	7,1	0,66	0,034	11,1		56
B22	25- 65	8	7,2	0,66	0,030	12,6		54
B3	65-120	8,6	7,8	0,35	0,024	8,8		78

COMPLEJO DE CAMBIO

Bases de cambio meq/100 g.

Hor.	Prof. cm.	Na	K	Ca	Mg	S	T	V %
A1	0- 12	0,175	0,315	1,8	0,87	3,16	3,17	100
B21	12- 25	0,020	0,235	4,3	0,89	5,44	5,40	100
B22	25- 65	0,225	0,215	3,7	2,13	6,27	6,33	99
B3	65-120	0,375	0,215	1,5	1,10	3,19	3,34	95,5

MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Hor.	Ilita	Paragonita	Caolinita
A1	+	+	+
B21	+	+	+
B22	+	+	+
B3	+		+

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO

Horizonte A1

El esqueleto está constituido por micaesquistos. Además hay posibles restos de una roca volcánica recristalizada que presenta grandes cristales de plagioclasas y cuarzo. Se observan también abundantes granos de zircón y epidota.

La contextura básica es granular y la plásmica esquelsépica.

Son abundantes los cutanes (más del 1 por 100) y están constituidos por arcillas alrededor de granos esqueleto. También se observan organes alrededor de tejidos vegetales.

La materia orgánica está en una cantidad media y consiste en restos vegetales de estructura bien conservada.

Los nódulos de Fe abundantes, unos aislados y otros agrupados en forma dentrítica. Los litorelictos son numerosos.

Porosidad media (15-18 por 100) constituida por canales, orto y metacavidades, y algunos huecos de empaquetamiento simple.

Horizonte B21

Trozos de micaesquistos y epidota constituyen los granos principales del esqueleto. También se observan restos de cuarcita, granos de cuarzo con extinción ondulante, mica blanca con mucho grafito y, en general, hay una fuerte transformación del micaesquisto en clorita.

Los arcilanes son también abundantes y se sitúan fundamentalmente alrededor de los granos de esqueleto, algunos lo hacen en bandas dentro de la masa plasmática pero sin la suficiente longitud como para formar una contextura maséptica. Existen, aunque pocos, orga-arcilanes alrededor de restos vegetales parcialmente transformados.

En general, la materia orgánica se presenta en formas alargadas sin que se pueda apreciar la formación de humus ni agregados de M. O. (pellets). Algunos restos tienen incluidos excretas fecales no identificadas.

El Fe de origen más o menos coloidal es abundante y está asociado generalmente a la transformación del micaesquisto en clorita. Los litorelictos se presentan en cantidad media. El grafito, al igual que el Fe, se dispone sobre los granos de micaesquistos, en bandas paralelas a la esquistosidad principal.

La porosidad media es escasa (10-12 por 100) y constituida por grietas de resquebrajamiento, escasos canales y orto y metacavidades en cantidad media y tamaño diverso.

Horizonte B22

El esqueleto presenta idéntica constitución a la del horizonte anterior. La arcilla constituye esencialmente el plasma; presenta una contextura básica profiroesquelica y plásmica esquel-ma-moséptica, indicando que ha habido una gran iluviación de arcilla. Litorelictos abundantes.

Los cutanes son abundantes (más del 3 por 100), constituidos en su totalidad por arcilanes, distribuidos alrededor de granos de esqueleto y organizados en bandas dentro de la masa plásmica, que forman ángulos distintos de 90° y que considerados aislados darían lugar a una contextura climo-bimaséptica.

La porosidad es baja (10 por 100 aproximadamente) y está formada esencialmente por grietas de resquebrajamiento (crazeplanes) de tamaño variado y distribución regular. Hay canales, así como orto y metacavidades también escasas.

Perfil núm. 4

Localidad: Motril (Granada).

Situación: 300 m. al NW del cortijo «Galiano».

Orientación: SW.

Topografía: fuertemente ondulante.

Drenaje: bien drenado.

Vegetación: monte bajo.

Altitud: 75 metros.

Material original: filitas y cuarcitas del manto de Murtas.

Tipo de suelo: pardo calizo con costra.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
Ap	0-10	Color 10 YR 7/2 en seco y 10 YR 5/2 en húmedo. Estructura migajosa muy fina a casi particular. Textura limo-arenosa con gravilla abundante. Restos vegetales poco a nada transformados. Calizo.
B2	20-55	10 YR 7/4 en seco y 10 YR 4/4 en húmedo. Estructura migajosa media a subangular fina muy débil. Textura limo-arcillo-arenosa. Calizo.
C1Ca	55-95	Color 5 Y 8/2 en seco y 10 YR 6/3,5 en húmedo. Caliza pulverulenta con fragmentos subangulares calcáreos abundantes.
C2	95	5 Y 8/2 en seco y 5 Y 7/1 en húmedo. Filitas muy meteorizadas recubiertas por una fina película caliza pulverulenta.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis mecánico y CO₃Ca %

Hor.	Prof. cm.	A. Gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Carbonatos
Ap	0-20	32,6	43	7,2	17,1	16
B2	20-55	27,3	36,3	6,2	29,1	17
C1Ca	55-95	23,9	50,1	2	21	50
C2	95	31,2	37,1	10,1	20,3	41

REACCIÓN Y FERTILIZANTES

Hor.	Prof. cm.	pH		M. O.	N ₂	C/N	P ₂ O ₅	mg/100 g.
		H ₂ O	ClK					
Ap	0-20	8,2	7,9	1,69	0,056	16,4		91
B2	20-55	8,2	8,1	0,90	0,045	18,2		62
ClCa	55-95	8,5	8,4	0,34	0,022	8,6		99
C2	95	8,7	8,4	0,31	0,024	7		65

COMPLEJO DE CAMBIO

Bases de cambio meq/100 g.

Hor.	Prof. cm.	Na	K	Ca	Mg	S	T	V %
Ap	0-20	0,070	0,045	8,75	1,05	9,89	9,66	100
B2	20-55	0,015	0,020	7,90	1,50	9,43	9,42	100
ClCa	55-95	0,145	0,085	4,70	0,83	5,75	5,71	100
C2	95	0,130	0,00	3,70	1,05	4,89	4,86	100

MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Hor.	Ilita	Paragonita	Interestratificados	Caolinita	Cuarzo
Ap	+	+			+
B2	+	+		+	
ClCa	+	+			
C2	+	+	+		

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO

Horizonte B2

Esqueleto con gran abundancia de clorita, que se presenta como alteración de los restos de micaesquistos, como cristales aislados y también procedente de la alteración de la biotita. Además hay carbonatos, mica blanca, grafito y abundantes menas metálicas.

El plasma está constituido por arcilla y materia orgánica apenas transformada. Se observa una fuerte carbonatación secundaria.

Por lo demás, presenta idénticas características que los horizontes del perfil I.

Horizonte CICa

Los restos de micaesquistos están parcialmente alterados a clorita. Existen abundantes carbonatos y cuarzo. La biotita se presenta en sus variedades de biotita marrón y biotita verde.

El plasma es muy abundante y presenta una contextura básica por-firoesquélica y plásmica microcristica.

No se observan cutanes ni restos de materia orgánica.

Pocos litorelictos y nódulos de Fe que parecen tener un probable antecedente coloidal, situándose generalmente sobre componentes del esqueleto. Hay escasos nódulos de Mn y grafito.

La porosidad media es del orden del 6-8 por 100 y se debe a disolución de la caliza. Generalmente los huecos son de tipo orto y meta-cavidades.

Perfil núm. 5

Localidad: Motril (Granada).

Situación: margen S. E. del Barranco Ibarlarello.

Orientación: Oeste.

Topografía: fuertemente ondulada.

Vegetación: monte bajo.

Altitud: 175 metros.

Drenaje: bien drenado.

Material original: filitas y cuarcitas del manto de Alcázar.

Tipo de suelo: pardo calizo.

Hor.	Prof. cm.	Descripción
O ₁	0-4	Capa Föorna.
A1	0-10	8,5 Y 6,5/2 en seco y 2,5 Y 4/2 en húmedo. Estructura migajosa fina a media poco consistente. Textura arenolimoso, con abundante gravilla y grava. Piedras muy angulosas frecuentes.
B2	10-35	Color en seco 10 YR 5/2 y 10 YR 4/2 en húmedo. Estructura semejante al horizonte Ap. Textura limo-arenosa.
CICa	35-45	Color en seco 10 YR 6/1 y en húmedo 10 YR 3/1. Estructura particular y textura limo-arenosa.
C2	> 45	Filitas muy poco alteradas con intercalaciones de yeso.

RESULTADOS ANALÍTICOS

Análisis mecánico y CO₃Ca %

Hor.	Prof. cm.	A. Gruesa	A. fina	Limo	Arcilla	Carbonatos
A1	0-10	32,2	47	9,5	9,8	18
B2	10-35	26,5	47	14,2	12,1	12
ClCa	35-45	26,7	48,9	10,8	13,8	21
C2	45	36,1	40,2	8,7	15,2	7

REACCIÓN Y FERTILIZANTES

Hor.	Prof. cm.	pH		M. O.	N ₂	C/N	P ₂ O ₅	mg/100 g.
		H ₂ O	ClK					
A1	0-10	7,7	7,5	2,89	0,166	9,5		65
B2	10-35	7,7	7,5	2,22	0,140	9,3		41
ClCa	35-45	7,9	7,6	0,70	0,034	12		24
C2	45	7,9	7,8	0,30	0,024	17		— 39

COMPLEJO DE CAMBIO

Bases de cambio meq/100 g.

Hor.	Prof. cm.	Na	K	Ca	Mg	S	T	V %
A1	0-10	0,125	0,085	6,2	1	7,41	7,40	100
B2	10-35	0,001	0,045	7,5	0,75	8,34	8,30	100
ClCa	35-45	0,095	0,050	4,2	0,50	4,84	4,80	100
C2	45	0,010	0,009	1,6	1	2,61	2,60	100

MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Hor.	Ilita	Paragonita	Interestratificados	Caolinita	Clorita	Cuarzo
A1	+	+	+	+	+	
B2	+	+		+		
ClCa	+	+	+	+		
C2	+	+	+		+	+

ESTUDIO MICROMORFOLÓGICO

Horizonte A1

Los granos del esqueleto están generalmente bien conservados, dominando los restos de micaesquistos, algunos de los cuales presentan cristales de mica blanca, menas metálicas y grafito, constituyendo una primera esquistosidad y luego la biotita marrón marca una segunda esquistosidad (de crenulación).

Hay también granos grandes de cuarzo y biotita marrón tallada en todas las secciones. Se observan restos de caliza micrítica muy abundantes.

El plasma es de naturaleza calcareo-arcillosa, y contextura básica porfiroesquelética y plásmica crística.

La disolución de la caliza da lugar a calcanes. Hay algunos calcarcilanes delgados y zonales. Los arcilanes se sitúan alrededor de cuar-citas, son espesos y formados por presión, de lo cual se infiere que deben proceder de otro suelo y constituyen un aporte reciente.

La materia orgánica se presenta en pequeña cantidad, algunos restos están parcialmente descompuestos y otros formando pellets, pero sin llegar a formar humus en mezcla íntima con la parte mineral.

Horizonte B2

Los restos de micaesquistos que componen el esqueleto son de una gran dimensión y con un buen desarrollo de Kink-Kink (*). Hay cristales de plagioclasas maclados y transformados en clorita; en menor porción biotita marrón, carbonatos, mica blanca y menas metálicas.

La contextura del plasma es aglomeroplásmica crística; los cutanes están constituidos por organanes escasos, situados alrededor de granos de esqueleto y algunos ferranes sobre los restos de micaesquistos.

Son muy abundantes los litorelictos. Nódulos de Fe en proporción inferior al horizonte superior irregularmente distribuidos.

Porosidad media expresada en huecos de empaquetamiento simple como formas más abundantes, y constituyen la casi totalidad de los poros. Existen escasas orto y metacavidades.

Horizonte C1Ca

Micaesquisto que ha perdido parte de su textura y con los siguientes minerales: mica blanca impregnada de grafito y alternante con cuarzo,

(*) Variedad de textura propia de rocas metamórficas.

menas metálicas sobre la mica blanca y siguiendo la esquistosidad principal, clorita y plagioclasas impregnadas de menas metálicas. Aparecen además escasos cristales de yeso y frecuentes nódulos de carbonato cálcico.

El plasma presenta una contextura básica aglomeroplásmica y la plásmica crística. Existen escasos cutanes y no se ven arcilanes.

Abundantes litorelictos; nódulos de Fe generalmente difusos, pero que a veces adquieren forma dentrítica y se agrupan. Numerosos nódulos grafitosos que se disponen sobre restos de micaesquistos.

Porosidad del orden de 8-10 por 100, constituida por huecos de empaquetamiento simple, junto con algunos canales y orto y metacavidades de pequeño tamaño.

D I S C U S I Ó N

El perfil núm. 1 presenta una cantidad de arcilla en el horizonte B₂ suficiente para considerarlo argílico, pero al no existir cutanes, hay que descartar tal posibilidad. De acuerdo con la clasificación americana, este suelo es un *Calciorthid* típico, ya que presenta, además de un horizonte cálcico mayor de 15 cm. y un epipedón ocrico, un contenido en C. O. inferior al 0,58 por 100 y conductividad > de 2 mm. ohs/cm.

Presenta una capacidad de cambio baja, como es de esperar al dominar en la fracción arcilla ilita y paragonita.

En el estudio micromorfológico destacan la gran cantidad de litorelictos y la presencia de una contextura crística bien definida, consecuencia de la gran cantidad de carbonato existente.

El perfil núm. 2 es un litosuelo que se ha desarrollado sobre un suelo pardo calizo, ya que el horizonte Ap, relativamente reciente, se ha formado sobre un horizonte petrocálcico. De acuerdo con la clasificación americana, se trata de un *Paleorthid*, pues no presenta otro horizonte de diagnóstico que el petrográfico, y está seco al menos siete de cada diez años.

Del estudio micromorfológico deducimos que la carbonatación es netamente secundaria, ya que los restos calizos rodean las cuarcitas y rellenan las fisuras.

El perfil núm. 3 presenta un contenido en arcilla superior al del resto de los suelos estudiados, pudiendo hablarse de un horizonte argílico perfectamente desarrollado. De acuerdo con la clasificación americana, se trata de un *Rhodoxeralf* típico.

El porcentaje de nutrientes es muy bajo, así como la capacidad de cambio, cosa lógica dada la naturaleza de los minerales de la arcilla existentes: ilita, paragonita y caolinita.

El estudio micromorfológico nos permite ver un gran desarrollo

de cutanes que aumentan con la profundidad, lo que origina una evolución en la contextura plásmica en el siguiente sentido:

Esquelsépica → Mosépica → Masépica.

También aparece gran cantidad de nódulos de hierro liberado a partir de los micasquistos y de los minerales de tipo clorítico.

El perfil núm. 4 presenta bastantes analogías con los perfiles números 1 y 2. De acuerdo con la clasificación americana, se trata de un *calciorthid*, y como su contenido en C. O. es ligeramente superior al 0,58 por 100 y la conductividad es $>$ de 2 mm. Ohs/cm., se trata de un *Calciorthid* móllico.

Del estudio micromorfológico es de destacar la fuerte carbonatación secundaria y el arrastre de materiales de diversa naturaleza, así como el desarrollo de una cristalería formada por calcita de recristalización. En general, como ya hemos dicho, se observa gran congruencia de características con los perfiles núm. 1 y 2.

El perfil núm. 5 presenta un contenido en nutrientes muy superior al de los restantes perfiles, con un contenido en M. O. que alcanza valores próximos al 3 por 100.

De acuerdo con la clasificación americana, se trata de un *Calciorthid* móllico.

En el estudio micromorfológico observamos que el plasma presenta una contextura crística de naturaleza calcoarcillosa debido posiblemente a un aporte colindante, hecho que se pone de manifiesto por el contenido de carbonatos en el horizonte B2, que es inferior al del horizonte A1. Es posible que la génesis del horizonte A1 sea distinta a la del horizonte B2 y a la del horizonte C1Ca, ya que en el primero no existen huecos de empaquetamiento y el contenido en carbonatos de los segundos proviene del horizonte A1.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los procesos fundamentales que han actuado sobre los materiales para darle a la zona la configuración actual son, simultáneamente, la erosión fluvial favorecida por el carácter torrencial de las precipitaciones, la impermeabilidad de los materiales, lo acentuado de la topografía y la casi ausencia de una cobertura vegetal base de la protección del suelo. La erosión fluvial está representada por la formación de un denso abarrancamiento y el gran auge de la arroyada, que constituye el principal agente morfogenético del área.

Por otro lado, debemos tener en cuenta la acción de paleoclimas, producto de los cuales son la formación o desarrollo de suelos rojos mediterráneos y de las abundantes costras de exudación.

En cuanto al clima, la zona en cuestión goza de unas características locales que vienen marcadas por una escasa oscilación térmica anual. Esto, junto al especial enclave geográfico que no permite la influencia del clima continental, su latitud tan meridional y la acción termoreguladora del mar, hacen que el clima local tenga un carácter subtropical, desarrollándose cultivos como el de la caña de azúcar, la *annona* chirimollia, etc., localizándose sobre todo en la zona de vega aluvial, ya que las irregularidades en la precipitación anual pueden ocasionar un desequilibrio hídrico que habría que compensar con riegos adicionales. Además hay que tener en cuenta que a la media anual hay que descontarle las pérdidas por torrencialidad, responsables de arroyadas intensas y de la denudación del paisaje, lo que unido a una disminución de la influencia marina provoca en los relieves de mayor altura un cambio total en la vegetación y los cultivos, siendo entonces normal la presencia de plantaciones típicas mediterráneas, como olivar, almendros o bien cultivos de secano, tanto unos como otros de muy escaso rendimiento.

Bajo el punto de vista edáfico hay que señalar que en los relieves próximos a la vega de Motril se desarrollan principalmente dos tipos de suelos: suelos pardos calizos en el sentido más amplio, y suelos rojos mediterráneos. Los primeros desarrollan en su mayoría a expensas de aportes de las zonas vecinas, rara vez son debidos a la acción meteorizante sobre los materiales originarios. En los segundos, el desarrollo de los mismos tuvo lugar en unas condiciones climáticas muy diferentes a las actuales.

Resumiendo, los suelos existentes podemos agruparlos en cuatro tipos:

a) Vegas aluviales: ubicadas en las orillas de los ríos y ramblas (1961).

b) Pardo calizos: producidos por acumulación de materiales edafizados incipientemente en zonas más elevadas y posteriormente consolidados en las partes bajas.

c) Rojos mediterráneos: mantenidos en el período actual, pero formados en épocas pasadas, quizás en forma de terra rossa o rotlehm, y posteriormente más o menos consolidados en zonas bajas.

d) Litosuelos: en zonas donde la erosión es muy acusada o las condiciones ambientales han impedido la formación de suelos pardocalizos.

Reconocimiento

Nuestro más sincero agradecimiento al Prof. Dr. D. Miguel Delgado Rodríguez, Jefe del Departamento de Edafología de la Universidad de Granada, por la crítica constructiva del presente manuscrito.

RESUMEN

Se estudian en el presente trabajo cinco perfiles de los relieves próximos a Motril, responsables directos del desarrollo de su fértil vega.

En general son suelos poco evolucionados, intergradados entre litosuelos, pardo calizos y rojo mediterráneos.

Se caracterizan por su bajo contenido en macronutrientes y micromorfológicamente por presentar una cristalaría formada por calcita y recristalización.

BIBLIOGRAFÍA

ALDAYA, F. (1969). Los mantos alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (zona Bética, provincia de Granada). Tesis doctoral.

ALÍAS, L. J. y PUJALTE, A. (1967). Mapa de suelos de la provincia de Granada. C.S.I.C.

FERNÁNDEZ CRUZ, J. (1961). Estudio de la fertilidad de la vega de Motril (Granada). Tesis doctoral.

GUTIÉRREZ RÍOS, E. y MEDINA ORTEGA, J. M. (1950). Procesos de formación de arcilla en Sierra Nevada. *Anales de Edafología y Fisiol. Veg.*, IX, 475-536.

KUBIENA, W. L. (1952). Claves sistemáticas de suelos, C. S. I. C. Madrid.

RIVAS GODAY y RIVAS MARTÍNEZ (1971). Vegetación potencial de la provincia de Granada. Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, 4, 3-85, Madrid.

RODRÍGUEZ MUÑOZ (1946). Motril, un extenso microclima. *Anales del Inst. Español de Edafología, Ecolog. y Fisiología Vegetal*, Vol. 5, 45-53.

Recibido para publicación: 29-I-74

CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES SOBRE EL ANALISIS DE BORO EN PLANTAS

por

A. LEON, F.-J. LOPEZ-ANDREU, F. ROMOJARO y C. ALCARAZ

SUMMARY

EXPERIMENTAL ASPECTS ABOUT THE BORON ANALYSIS IN PLANTS

Boron determination in biological materials has been a traditional problem affecting as well to previous preparation of the samples as to the analytical process of this trace-element.

On this paper we study in an experimental form the best conditions for one optimal mineralization of the samples as way of drying, temperature, time of calcination, and use of basic aditivs.

On the boron quantitative analysis, a comparative study in four of the colorimetric methods —the most usually employed—, for boron spectrophotometry is carried out. This methods are: Quinalizarine, Carmine, Chromotrope-2 B, and 1,1'-Dianthrime.

INTRODUCCIÓN

La determinación de boro en materiales biológicos ha constituido un problema tradicional que ha afectado tanto a las operaciones previas de preparación de la muestra como al proceso analítico de determinación.

Es frecuente observar resultados contradictorios o anormales de boro en plantas, circunscritos más a causas de error analítico que a fenómenos propios de la fisiología vegetal. Y todo ello a pesar del enorme progreso que ha experimentado en los últimos años el análisis de oligoelementos en plantas.

Entendemos que sólo mediante una revisión crítica y posterior control experimental de la reproducibilidad y precisión de una serie de técnicas seleccionadas, puede llegarse, con posibilidades de éxito, a establecer una metodología analítica verdaderamente apta para los fines propuestos.

Son varias las operaciones implicadas en el análisis de boro que pueden inducir a error a la hora de hacer una determinación del oligoelemento en plantas. Entre éstas se encuentran:

Secado

Se ha debatido la posibilidad de pérdidas de volatilización en el secado en estufa de las hojas, no existiendo un criterio definido al respecto.

Para Hatcher y Wilcox, 1950, y Kirsch y col., 1960, la temperatura debe estar comprendida entre 65-70° C. Baron, 1954, y Bradfield, 1957, consideran idónea 105-110° C. Austin y Mc Hargue, 1948, proponen que la planta debe secarse al aire durante cuarenta y ocho horas antes de proceder a la calcinación y determinar el contenido de humedad en muestra separada, a 100° C durante cuatro horas.

Mineralización

La digestión del material vegetal es, en el análisis de boro, cuestión de importancia capital y de influencia decisiva en el posterior proceso de análisis. La mineralización está sujeta a dos posibles fuentes de error, pérdidas y contaminación. Resulta pues, un proceso delicado, que ha de realizarse de modo metódico, controlando rigurosamente todas sus fases.

De las dos grandes vías de mineralización, húmeda y seca, la primera es prácticamente imposible. Las contaminaciones de boro procedentes del vidrio del matraz de reacción están plenamente demostradas y resultan incontrolables.

La ignición seca constituye, en consecuencia, un camino obligado para la mineralización. Sin embargo, la mayoría de los autores están de acuerdo en señalar que durante la calcinación de materia vegetal para la determinación de trazas de boro por vía seca hay posibilidad de pérdidas por volatilización.

Para evitar estas pérdidas se recomiendan dos soluciones, discutidas en principio, el control de la temperatura de calcinación y el empleo de aditivos básicos.

En lo que respecta al control de temperatura, Gorfinkiel y Pollard, 1954, afirman que no hay volatilizaciones cuando la temperatura de calcinación no sobrepasa los 500° C.

Sobre el empleo de aditivos básicos, Mc Hargue y Calfee, 1932, recomendaron el empleo de hidróxido sódico; Hatcher y Wilcox, 1950, propusieron el uso de óxido cálcico, mientras que Austin y Mc Hargue, 1948, emplearon el hidróxido bórico.

Determinación analítica

La investigación sobre determinación cuantitativa de boro es extensa y variada, hasta el extremo de que Epstein y Pasztor, 1959, en su

estudio sobre diferentes métodos analíticos propuestos de 1907 a 1950 para separaciones y determinaciones de boro, llegaron a recopilar hasta 442 referencias. Más completa y extensa es la realizada por Cappel, 1963, en la que analiza 556 métodos recopilados hasta finales de 1961.

De toda esta gama de métodos, que abarca desde los antiguos gravimétricos y volumétricos a los modernos de espectrofotometría de absorción atómica y de fotometría de emisión, para nuestro trabajo hemos elegido los colorimétricos, por ser los que hasta la fecha han presentado resultados más satisfactorios, según las técnicas propuestas por:

Hatcher y Wilcox, 1950, reactivo Carmín.

Austin y Mc Hargue, 1948, reactivo Cromotropro-2 B.

Ellis y col., 1949, reactivo 1, 1'-diantrimida.

Mc Dougal y Bigg, 1952, reactivo Quinalizarina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Secado

Para intentar dilucidar el sistema óptimo, hemos realizado una experiencia previa, consistente en determinar el contenido en boro de hojas secadas en estufa a 105° C durante cuatro horas y al aire durante cuarenta y ocho horas, con determinación previa de su humedad. Para ello se muestrearon 10 árboles de la parcela en estudio, obteniendo de cada muestreo tres determinaciones y cuyos valores se representan en la tabla I.

TABLA I

Boro en p. p. m. sobre materia vegetal seca

Muestra número	Secado			Significación de la diferencia
	a 105° C/4 h.	al aire/48 h.	Diferencia	
1	81	83	+ 2	no
2	74	72	- 2	no
3	93	94	+ 1	no
4	82	82	0	no
5	93	91	- 2	no
6	70	71	+ 1	no
7	65	65	0	no
8	89	90	+ 1	no
9	75	76	+ 1	no
10	79	77	- 2	no

De los resultados obtenidos se deduce que no hay diferencias significativas, entre las distintas formas de secado, pero proponemos que esta operación se realice a 105° C durante cuatro horas, forma mucho más rápida y menos sujeta a posibles contaminaciones.

Mineralización

Influencia de la temperatura

Para establecer con claridad las condiciones más adecuadas en nuestro caso, hemos realizado una experiencia partiendo de una macro-muestra de polvo de hojas de limonero previamente secadas a 105° C. De ella tomamos series que se calcinan a temperaturas variables comprendidas entre 400 y 650° C.

El análisis de los resultados medios obtenidos (fig. 1) permite observar dos hechos fundamentales, la necesidad de una temperatura suficiente para la mineralización completa de material vegetal, y el peligro de pérdidas por volatilización una vez superada dicha temperatura.

Los resultados obtenidos en la figura 1 coinciden con los indicados por Gorfinkiel y Pollard, 1954, y muestran que por encima de 500° C se producen pérdidas de boro que a 600° C son ya del orden del 13 por 100.

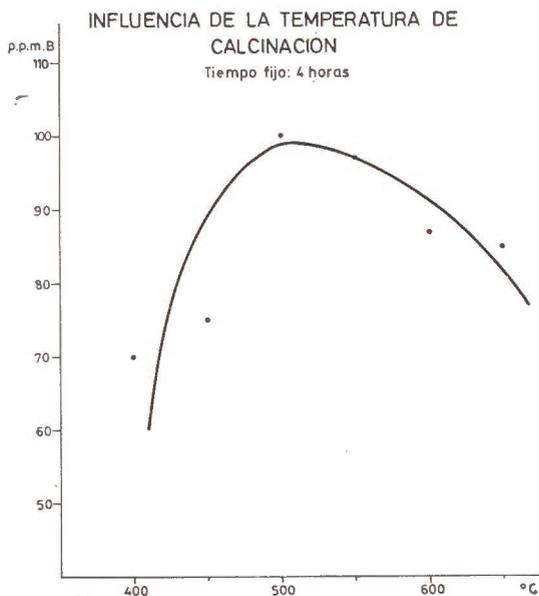


Fig. 1

Influencia del tiempo de calcinación

Naturalmente a una baja temperatura, pueden conseguirse mineralizaciones completas sobre la base de tiempos de incineración superiores a ocho horas, como se observa en la correspondiente curva de rendimiento de la incineración (fig. 2).

La solución aportada por aumento del tiempo de calcinación a baja temperatura resulta indiscutiblemente laboriosa, incrementándose de modo sustancial el tiempo total de análisis.

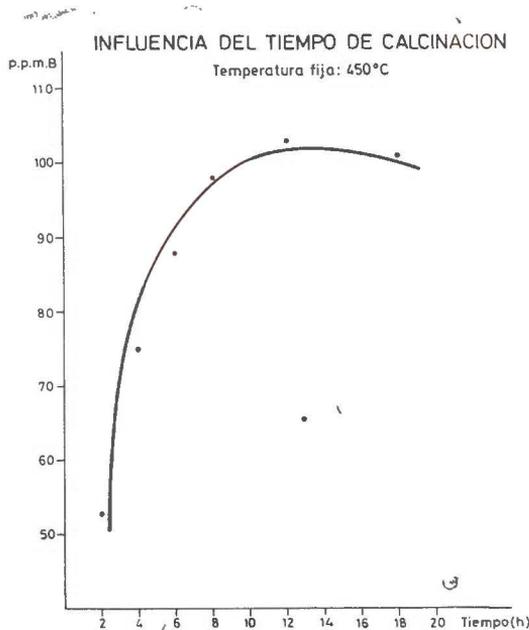


Fig. 2

Influencia de aditivos básicos

Los motivos antes mencionados nos indujeron a experimentar sobre la misma macromuestra la influencia que en el control de pérdidas tienen los aditivos básicos recomendados por diversos autores. En nuestra experiencia hemos utilizado dos de estos aditivos, hidróxido cálcico e hidróxido sódico, a varias temperaturas de trabajo y tiempos fijos de calcinación de cuatro horas. Los resultados se expresan a continuación en la tabla II.

TABLA II

Calcinación con aditivos básicos a temperatura variable y tiempo constante de cuatro horas

T.ª ° C	Aditivo	Boro en p. p. m.					Media	S	CV %
		1.ª	2.ª	3.ª	4.ª	5.ª			
450	Ca(OH) ₂	105	104	98	103	102	102	2,70	2,64
450	NaOH	103	98	107	104	106	104	3,50	3,38
500	Ca(OH) ₂	104	105	105	99	104	104	3,00	2,88
500	NaOH	96	99	104	101	105	101	3,67	3,64
600	Ca(OH) ₂	106	98	105	104	102	103	3,16	3,07
600	NaOH	102	99	106	107	104	104	3,21	3,10

De la observación de la tabla II se deducen claramente dos fenómenos de interés:

a) No se producen pérdidas de volatilización a 600° C al operar en medio básico.

b) No se requieren tiempos de calcinación elevados al efectuar la incineración a menos de 500° C.

Determinación analítica

Para esta experiencia preparamos una macromuestra de 500 ml. de mineralizado de acuerdo con las condiciones deducidas de los apartados anteriores, efectuando cuatro grupos de determinaciones, en días distintos y para cada reactivo. Los resultados obtenidos (tabla III) permiten deducir dos consecuencias:

a) Desde el punto de vista de la reproducibilidad de resultados, expresada en función del coeficiente de variación en %, la calidad de aquella es:

1,1'-diantrimida > Carmín > Quinalizarina > Cromotro-2 B.

b) En cuanto al nivel cuantitativo, el orden de magnitud expresado en función de la media es:

Cromotro-2 B > Carmín > Quinalizarina > 1,1'-diatrimida.

TABLA III

Boro en p. p. m. sobre materia vegetal seca

Repetición	Carmin	Cromotropo-2 B	1-1' Diantrimida	Quinalizarina
1	96	95	89	89
2	102	105	91	92
3	96	108	91	92
4	99	112	91	99
5	102	112	94	92
6	96	105	91	96
7	96	85	91	99
8	102	102	94	99
9	99	103	94	96
10	96	112	94	99
11	96	105	91	92
12	99	109	94	99
13	99	102	94	92
14	99	109	94	92
15	96	108	91	89
16	92	105	91	96
17	96	109	89	99
18	102	102	91	99
19	92	112	91	96
20	99	99	94	99
\bar{x} =	98	105	92	95
S =	3,01	6,60	1,77	6,67
E. M. =	0,67	1,47	0,39	0,82
Lim.	104	119	96	103
5 % =	91	91	88	88
C. V. % =	3,08	6,30	1,93	3,85

\bar{x} =Valor medio; S=Desviación estándar; E. M.=Error de la media; C. V.=Coeficiente de variación.

TABLE IV
Recuperaciones

Carmin		A			B			C			D		
Muestra mineralizada	Boro añadido	Boro		Recuperación %	Boro		Recuperación %	Boro		Recuperación %	Boro		Recuperación %
		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.	
1 ml.	0 µgr.	2,14			1,80			1,96			0,11		
1 »	2 »	4,03	1,89	95	3,88	2,08	104	3,98	2,92	101	2,06	1,95	98
1 »	4 »	6,01	3,87	97	5,48	3,68	92	5,90	3,94	99	3,99	3,88	97
1 »	6 »	8,03	5,89	98	7,45	5,65	94	7,91	5,95	99	5,95	5,84	97
1 »	8 »	9,88	7,74	97	9,48	7,68	96	9,78	7,82	98	8,05	7,94	99
1 »	10 »	11,90	9,76	98	11,78	9,98	100	11,68	9,72	97	9,93	9,82	98

Cromotrope-2 B		E			F			G			H		
Muestra mineralizada	Boro añadido	Boro		Recuperación %									
		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.	
1 ml.	0 µgr.	3,17			3,15			3,21			3,12		
1 »	2 »	5,26	2,09	104	5,18	2,03	101	5,42	2,21	110	5,22	2,10	105
1 »	4 »	7,21	4,04	101	7,33	4,18	104	7,34	4,13	103	7,16	4,04	101
1 »	6 »	9,35	6,18	103	9,26	6,11	102	9,44	6,23	104	9,24	6,12	102
1 »	8 »	11,29	8,12	102	11,30	8,15	102	11,26	8,05	101	11,22	8,10	101
1 »	10 »	13,36	10,19	102	13,36	10,21	102	13,60	10,39	104	13,27	10,15	102

1-1 Diantrimida		I			J			K			L		
Muestra mineralizada	Boro añadido	Boro		Recuperación %									
		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.	
1 ml.	0 µgr.	3,72			3,55			3,66			3,32		
1 »	2 »	5,62	1,90	95	5,64	2,09	104	5,56	1,90	95	5,20	1,88	94
1 »	4 »	7,60	3,88	97	7,36	3,81	95	7,30	3,64	91	6,88	3,56	89
1 »	6 »	9,50	5,78	96	9,26	5,71	95	9,58	5,93	99	8,80	5,48	92
1 »	8 »	11,50	7,78	97	11,16	7,61	95	11,48	7,82	97	10,56	7,24	91
1 »	10 »	13,58	9,86	99	13,12	9,57	96	13,44	9,78	98	12,92	9,60	96

Quinalizarina		M			N			O			P		
Muestra mineralizada	Boro añadido	Boro		Recuperación %									
		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.		µgr.	Recuper. µgr.	
1 ml.	0 µgr.	3,86			2,74			3,26			3,58		
1 »	2 »	5,66	1,80	90	4,74	2,00	100	5,12	1,86	93	5,46	1,88	94
1 »	4 »	7,70	3,84	96	6,80	4,06	101	7,16	3,90	97	7,50	3,92	98
1 »	6 »	9,84	5,98	99	8,62	5,88	98	9,30	6,04	100	9,54	5,96	99
1 »	8 »	11,86	8,00	100	10,68	7,94	99	11,14	7,88	98	11,72	8,14	101
1 »	10 »	13,92	10,06	101	12,24	9,50	95	13,16	9,90	99	13,54	9,96	100

Ensayos de recuperación

De modo individual e independiente hemos estudiado los porcentajes de recuperación para cada reactivo, sobre cuatro muestras distintas, consignando los resultados en la tabla IV, en la que cada dato es media de tres repeticiones. A excepción del Cromotropo-2 B, los demás reactivos dan recuperaciones por defecto, si bien en todos los casos las diferencias respecto a los valores teóricos están dentro de los límites del error analítico.

El orden de precisión, de mayor a menor, es:

Carmín > Quinalizarina > Cromotropo-2 B > 1, 1'-diantrimida.

Ensayos de sensibilidad

Considerando los resultados anteriores desde el punto de vista de la sensibilidad, se observaron diferencias notables. Resumiendo en la tabla V, los valores medios para el coeficiente de correlación y pendiente de la recta de regresión, podemos concluir que la 1, 1'-diantrimida es con mucho el reactivo de mayor sensibilidad.

TABLA V

	Coeficiente de correlación	Coeficiente angular	Sensibilidad p. p. m/0,01 A
1,1'-diantrimida	0,998	1,938	0,005
Carmín	0,998	0,498	0,020
Cromotropo-2 B	0,999	0,497	0,020
Quinalizarina	0,999	0,797	0,013

Desde este punto de vista el orden de sensibilidad es:

1, 1'-diantrimida > Quinalizarina > Carmín = Cromotropo-2 B

Evolución y desarrollo de color

Evidentemente, dentro del conjunto de variables estudiadas, reproducibilidad, recuperación y sensibilidad, son los procedimientos de la 1, 1'-diantrimida y Carmín los que parecen reunir las condiciones más favorables. Ahora bien, antes de dilucidar entre ambos el más adecuado al problema que nos ocupa, consideramos necesario estudiar la evolución y desarrollo del color. En la figura 3 consignamos la curva cinética de desarrollo del color para el Carmín, operando a diversas concentraciones.

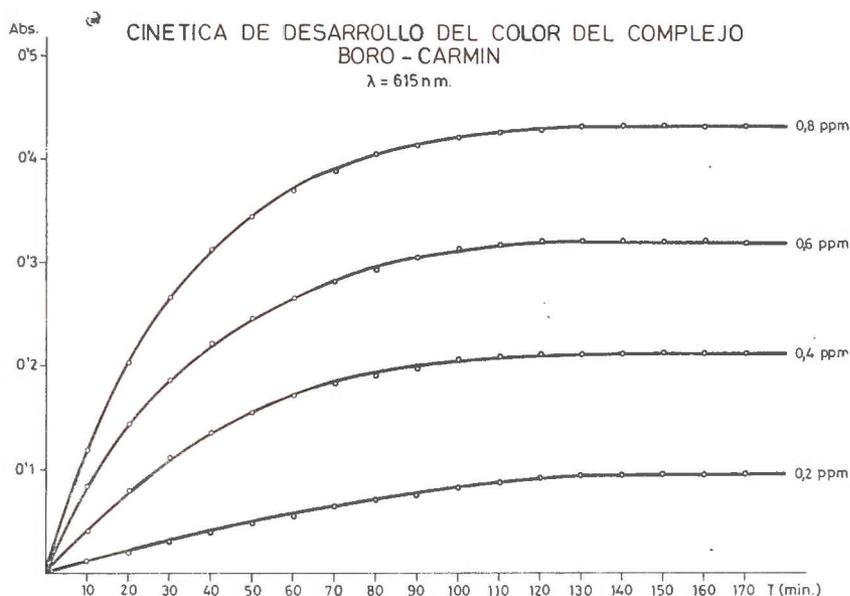


Fig 3

En la figura 4 consignamos igualmente la curva cinética de desarrollo del color de la 1, 1'-diantrimida, operando a diversas concentraciones.

La 1, 1'-diantrimida consume, como puede observarse, más tiempo para alcanzar la máxima absorbancia, y por otra parte el complejo resulta menos estable, pues por encima de las seis horas de calentamiento, la absorbancia desciende. Por ello consideramos que a los fines de esta investigación puede ser más aconsejable y económico el Carmín, a pesar de que su sensibilidad sea la cuarta parte de la correspon-

diente a la 1, 1'-diantrimida, pero en cambio reúne condiciones muy favorables de reproducibilidad y recuperación, consume la tercera parte de tiempo y sólo se requiere material exento de boro normal, mientras que la 1, 1'-diantrimida precisa, además, que éste sea resistente al calor.

CINETICA DE DESARROLLO DEL COLOR DEL COMPLEJO
BORO-1' DIANTRIMIDA

$\lambda = 620 \text{ nm.}$

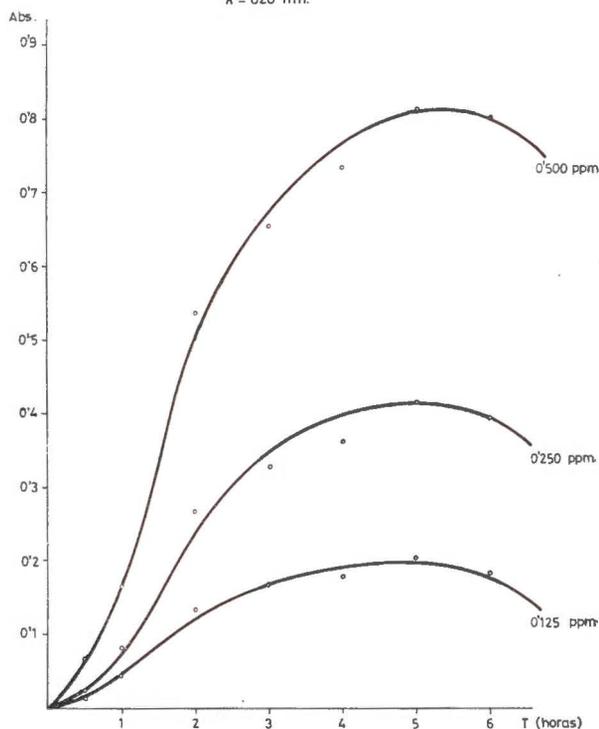


Figura 4

Fig. 4

RESUMEN

La determinación de boro en materiales biológicos ha constituido un problema tradicional que ha afectado tanto a las operaciones previas de preparación de la muestra como al proceso analítico propiamente dicho.

En el presente trabajo se estudian de forma experimental las condiciones más idóneas, tales como forma de secado, temperatura, tiempo de calcinación y empleo de aditivos básicos para una perfecta mineralización de la muestra.

Relativo a la determinación cuantitativa del bioelemento se realiza un estudio crítico comparativo de cuatro de los métodos colorimétricos más empleados en la

determinación del boro, como son Quinalizarina, Carmín, Cromotropo-2B y 1,1'-diantrímida.

Sección Química Vegetal.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Seguro.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSTIN, C. M., Mc HARGUE, J. S. 1948. The determination of total boron in plant material with chromotrope-B. J. Ass. Off. Agr. Chem., 31, 427-31.
- BARON, H. 1954. Simplified determination of boron in plant with 1,1'-dianthrimide. Z. Anal. Chem., 143, 339-349.
- BRADFIELD, E. G. 1957. Improved formal-doxime method for the determination of manganese in plant material. Analyst, 82, 254-7.
- CAPELLE, R. 1963. Le dosage du bore. Techniques utilisées. Bibliographie. Chimie Analytique. Vol. 45, 303-16.
- ELLIS, G. H., ZOOK, E. G., BAUDISH, O. 1949. Colorimetric determination of boron using 1,1'-dianthrimide. Analyt. Chem., 21, 1345-8.
- EPSTEIN, F. J., PASZTOR, L. 1959. Analytical methods for the separation and determination of boron. A bibliography. Jones and Langhlin Steel Corporation. Research and Development Department. Sections A, B, et C, P, W, 1.300.
- GORFINKIEL, E., POLLARD, A. G. 1954. 1,1'-dianthrimide method for determination of boron in soils. J. Sci. Food Agr., 136-9.
- HATCHER, J. T., WILCOX, L. V. 1950. Colorimetric determination of boron using Carmine. Anal. Chem., 22, 567-69.
- KIRSCH, R. K., HARWARD, M. E., PETERSEN, R. G. 1960. Interrelation of iron, manganese, and molybdenum in the growth and nutrition of tomatoes grown in culture solution. Plant and Soil, 12, 25-75.
- Mc DOUGALL, D., BIGGS, D. A. 1952. Estimation of boron in plant tissue-modification of quinalizarin method. Anal. Chem., 24, 566-9.
- Mc HARGUE, J. S., CALFEE, R. K. 1932. Effect of boron on the growth of lettuce. Plant Physiol., 7, 161-164.

Recibido para publicación: 5-II-74

EFFECTOS DE LA APLICACION CONJUNTA DE FERTILIZANTES QUIMICOS Y MICROBIANOS (*AZOTOBACTER* + *FOSFOBACTERIAS*) EN CULTIVOS «ENARENADOS» DE TOMATE

por

R. AZCON, M. GOMEZ y J. M. BAREA

SUMMARY

EFFECTS OF A COMBINATED APPLICATION OF MICROBIAL (*AZOTOBACTER* + *PHOSPHOBACTERIA*) AND CHEMICAL (NPK) FERTILIZERS ON SAND-ORGANIC MATTER CULTURES («ENARENADOS») OF TOMATE

The effects on tomato nutrition of microbial (*Azotobacter* + *Phosphobacteria*) and inorganic (NPK) fertilizers were studied.

The plants were grown in sand-organic matter cultures («enarenados») in pot experiments designed for statistical analysis. They were graded for flower and fruit development. Establishment of bacteria introduced into rizosphere was also studied.

The dual inoculation of *Azotobacter* + *Phosphobacteria* gave better establishment of inocula than individual ones.

Some pots were yielded at flowering. Shoots were analysed for N and P and dry matter harvested. Simultaneous application of *Azotobacter* + *Phosphobacteria* + NPK gave the higher N and P contents.

Azotobacter-inoculated pots, when NPK was applied, showed an earlier flowering and fruit setting and a greater number of fruit were formed.

In relation to the weight of fruits harvested the dual inoculation of *Azotobacter* + *Phosphobacteria* over-took controls in every type of NPK treatments tested. However, the best results under dual inoculation were obtained when N-P-K was applied twice: at inoculation of seedlings and at flowering.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de siglo, en que los investigadores de la URSS propusieron el empleo de microorganismos fijadores de N atmosférico y solubilizadores de fosfatos como fertilizantes, ha surgido una extensa literatura científica, sobre el tema de la aplicación práctica de dichos microorganismos, llena de controversias. Entre los microorganismos más empleados destacan: *Azotobacter*, *Rhizobium* y *Bacillus megate-*

rium var. *phosphaticum*. Con ellos, los microbiólogos del Este de Europa consiguieron resultados, a veces, muy satisfactorios; sin embargo, salvo para el caso de *Rhizobium*, el uso de los abonos microbianos no se ha extendido y su empleo es ampliamente discutido. En el trabajo de revisión de Azcón (1) se tratan los aspectos relacionados con el empleo y modo de acción de estos fertilizantes microbianos, relacionando su uso con la existencia de materia orgánica en el suelo y la presencia de dosis adecuadas de nutrientes inorgánicos. Como conclusiones de tal revisión, se deduce que los problemas a resolver para el empleo de fertilizantes microbianos son los siguientes:

- a) Selección adecuada de los microorganismos.
- b) Estudio de las condiciones para mejorar el establecimiento de los inóculos en la rizosfera.
- c) Estudio de las condiciones adecuadas para lograr una alta eficacia de los microorganismos inoculados.

En el Departamento de Microbiología de la Estación Experimental del Zaidín se llevan a cabo diversas investigaciones en relación con el tema, e incluso se han realizado experimentos (4) (5) de fertilización microbiana en un tipo especial de cultivos de gran repercusión económica (19). Se trata de los cultivos subtropicales «enarenados» de hortalizas extratempranas, cuya base nutritiva es una cantidad de, aproximadamente, 60.000 Kg/Ha. de estiércol de granja y unas oportunas dosis de abono inorgánico N-P-K.

El presente estudio se centra en unos ensayos de fertilización biológica en conjunción con fertilización química de plantas de tomate cultivadas por el sistema de «enarenados» en la costa mediterránea de la provincia de Granada. Se utilizan dos razas de *Azotobacter* y una raza de una bacteria solubilizadora de fosfatos. Los tres microorganismos se aislaron previamente en rizosfera de tomate, en cultivos llevados a cabo por el mencionado sistema y fueron seleccionadas (3), entre otras muchas razas, siguiendo el criterio de «beneficio inmediato para el vegetal» (17).

El empleo simultáneo de *Azotobacter* con *Fosfobacterias* ha sido ensayado en otras ocasiones (11, 12, 16, 20). De dichos trabajos se deduce que, para conseguir éxito con tales mezclas de microorganismos, es necesario suplementar con abono orgánico e inorgánico. En los cultivos «enarenados» el problema de materia orgánica está solucionado, ya que es la base de dichos cultivos; asimismo, la fertilización con N-P-K se practica también, habitualmente.

Teóricamente el posible éxito de la asociación de *Azotobacter* con bacterias solubilizadoras de fosfatos puede deberse a varias causas:

- a) El fósforo (que puede ser liberado por la *fosfobacteria*) no sólo es un macroelemento esencial para el vegetal, sino que es vital para

la actividad biológica de *Azotobacter* (13). Según Tulaicova (21), los granos de superfosfato estimulan el crecimiento de *Azotobacter*.

b) El nitrógeno que posiblemente fije *Azotobacter*, es necesario a la planta, y, además, puede influir en el desarrollo y acción de las *fosfobacterias* (10).

Sin embargo, es muy de tener en cuenta la opinión de varios autores (8) que conceden mayor importancia a la producción por *Azotobacter* de sustancias funcionales (fitohormonas, vitaminas, aminoácidos) reguladoras del crecimiento vegetal, que a la capacidad de fijar nitrógeno de dicha bacteria. Lógicamente, las sustancias citadas afectarían a las *fosfobacterias* (y a otros grupos microbianos). Por otro lado, Panosyan y col. (14, 15) apuntan que las excreciones de *B. megaterium* (una *fosfobacteria*) favorecen a *Azotobacter* cuando se inoculan asociados.

En resumen, se deduce que diversas acciones, que pueden ser desarrolladas por *Azotobacter* y *fosfobacterias*, actúan, posiblemente, de manera sinérgica y redunden en beneficio del vegetal. Tales circunstancias se investigan en el presente trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Microorganismos

Se ensayaron razas «locales», aisladas en rizosfera de tomate, en la propia zona subtropical española donde se cultiva por el sistema de «enarenados». Las razas fueron identificadas y seleccionadas por pruebas «in vitro» e invernadero (inoculando individualmente cada raza) según se describe en un trabajo previo (3). De acuerdo con dicho trabajo se utilizaron los siguientes microorganismos:

Razas de *Azotobacter*

A₄ = *A. vinelandii*

A₅ = *A. beijerinckii*

Razas de solubilizador de fosfatos

P₂₇ = *Agrobacterium* sp.

El cultivo de estos microorganismos se realizó tal como se describió anteriormente (3). Los inóculos se prepararon por cultivo en medios líquidos, en agitación, a 28° C durante diez días. Los medios usados fueron: para *Azotobacter* el descrito por Brown y Burlinghan (7) y para *Agrobacterium*, el utilizado por Brown (6).

Preparación de macetas

Se utilizaron macetas de dos litros de capacidad con la siguiente disposición de capas (de abajo hacia arriba):

	Gramos
Suelo + vermiculita (a partes iguales, en volumen)	700
Estiércol	300
Capa de arena fina (0,5-1,0 mm.), para proteger las plántulas de tomate del contacto directo en el estiércol en los primeros estadios de su desarrollo (sobre esta capa se depositaron las plántulas)	200
Arena gruesa (1,5-2 mm.)	300

Se prepararon un total de 96 macetas.

Tratamientos

Las semillas de tomate (*Lycopersicum sculentum*, var. Marmande) se hicieron germinar sobre arena y las plántulas obtenidas se trasplantaron a los recipientes definitivos a los quince días de su emergencia, colocándose (4 plantas por maceta) en el lugar indicado al describir la preparación de las macetas. Dichas plántulas fueron sometidas a los tratamientos biológicos y químicos siguientes:

a) *Fertilizantes microbianos*

Las plántulas se mantuvieron, durante cuarenta y cinco minutos, en los cultivos de las bacterias correspondientes según el tratamiento que a continuación se indica:

A.—Una mezcla de cultivos de los *Azotobacter* A₄ y A₅.

P.—Cultivo de P₂₇.

A + P.—Mezcla de cultivos A₄, A₅ y P₂₇.

T.—Medio de cultivo estéril, no inoculado.

b) *Fertilizantes químicos*

Se usó un fertilizante soluble N-P-K (12-14-28). Con él se preparó una solución a una concentración de 15 g/l. aplicando (salvo en 1, control) una dosis de 20 ml/maceta en las épocas que se citan a continuación según tratamiento:

1. No se aplicó solución nutritiva en ningún momento del ensayo (32 macetas).
2. Se aplicó una dosis al colocar la plántula, o sea simultáneamente a los tratamientos microbianos (32 macetas).
3. No se aplicó dosis al trasplantar, pero se abonó en el período de floración (16 macetas).
4. Se aplicó una dosis al trasplantar y otra en floración (16 macetas).

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

De los tratamientos 1 y 2 se prepararon 32 macetas, ya que 16 de cada uno de ellos fueron cortadas al iniciarse el período de floración, con objeto de estudiar el contenido en N y P al inicio del mencionado período. Se siguieron los métodos analíticos de la Estación Experimental del Zaidín.

En resumen, al iniciarse el período de floración, los tratamientos 1, 2, 3 y 4 constaban de 16 macetas correspondientes a 4 repeticiones de cada uno de los 4 tratamientos con fertilizantes bacterianos.

Operaciones efectuadas a lo largo del ensayo

Al inicio de los ensayos, el invernadero se acondicionó con humedad, fotoperíodo y temperatura similares a los existentes en la región subtropical española donde se cultiva tomate por el sistema de «enarenados».

A los diez días de la operación de trasplante se dejaron 2 plantas por maceta.

A los quince días del trasplante y con periodicidad quincenal, se realizaron recuentos de *Azotobacter* y bacterias solubilizadoras de fosfatos en el suelo de la rizosfera de las plantas, al objeto de estudiar la evolución de las poblaciones bacterianas inoculadas. Para los recuentos de *Azotobacter* se utilizó el medio descrito por Brown y col. (9) y para los solubilizadores de fosfatos el descrito por Ramos y Callao (18) adicionado de fitato, como fosfato orgánico insoluble.

Aparecen los botones florales a los cuarenta días del trasplante. A partir de este momento, se realiza semanalmente un recuento de flores y frutos para estudiar la evolución de los procesos de floración y fructificación en los distintos tratamientos.

A los cuarenta y cinco días de trasplantar, se aplica la dosis N-P-K de «floración» a las macetas correspondientes (tratamientos 3 y 4). Esta operación se realizó *justamente después* de haber efectuado la toma de muestras para los recuentos de bacterias en la rizosfera de las plantas

En resumen, los recuentos de flores y frutos núm. 2, 4, 6 y 8 (semanales) coinciden con los recuentos de bacterias núm. 4, 5, 6 y 7 (quinzenales).

RESULTADOS

En las tablas I y II se muestran, respectivamente, los resultados de los recuentos de *Azotobacter* y *fosfobacterias*. Las cifras corresponden al número de microorganismos por g. de suelo rizosférico seco. En tabla I sólo se representan los resultados de recuento de *Azotobacter* en macetas inoculadas con dicha bacteria, es decir A y A + P, ya que los demás tratamientos dieron negativo los recuentos. En cambio, sí son tenidos en cuenta, por existir, las fosfobacterias autóctonas en la tabla II, que crecen en los tratamientos T y A (no inoculados con P₂₇) y seguro que también lo harán en tratamientos P y A + P.

La adición de la dosis de abonado NPK (dosis de «floración») se aplicó a las macetas correspondientes entre el tercer y cuarto recuento. Hasta este momento, las macetas con tratamiento 1 eran iguales a las con tratamiento 3 (y las del tratamiento 2 a las del tratamiento 4); de aquí, la similitud en las cifras entre los mencionados tratamientos durante los recuentos 1, 2 y 3.

TABLA I

Evolución de la cifra de Azotobacter en la rizosfera de las plantas inoculadas, a lo largo del ensayo

Fertilizante:		Núm. de <i>Azotobacter</i> por g. de suelo						
		Recuento núm.						
químico	microbiano	1	2	3	4	5	6	7
1	A	63.000	70.000	3.500	600	—	—	—
	A + P	70.000	75.000	900	700	120	—	—
2	A	55.000	76.000	8.200	3.000	400	—	—
	A + P	68.000	69.000	7.000	4.000	1.700	1.500	90
3	A	63.000	70.000	3.500	5.600	—	—	—
	A + P	70.000	75.000	900	30.500	700	260	150
4	A	55.000	76.000	8.200	8.500	300	400	80
	A + P	68.000	69.000	7.000	10.000	500	50	35

TABLA II

Evolución, a lo largo del ensayo, de la cifra de bacterias solubilizadoras de fosfato en la rizosfera de las plantas

Fertilizante:		Núm. de Fosfobacterias ($\times 10^5$) por g de suelo						
químico	microbiano	Recuento núm.						
		1	2	3	4	5	6	7
1	T	20	8	25	20	30	9	0,6
	A	25	60	70	8	6	12	0,7
	P	70	48	140	75	44	12	1
	A + P	110	70	500	100	16	11	3
2	T	100	8	25	10	3	2	1
	A	200	4	20	10	3	10	6
	P	500	14	50	20	7	26	7
	A + P	700	28	120	40	15	25	8
3	T	20	8	25	100	16	4	0,6
	A	25	60	70	200	10	10	0,7
	P	70	48	140	250	20	20	2
	A + P	110	70	500	100	24	18	6
4	T	100	8	25	200	8	2	0,7
	A	200	4	20	200	6	7	0,9
	P	500	14	50	300	20	15	1
	A + P	700	28	120	800	16	14	2

En la tabla III se exponen los resultados indicativos del estado nutricional de la planta en N y P, con el cual se dispone a afrontar los decisivos procesos de floración y fructificación. Para relacionar el contenido en N y P con las cifras de *Azotobacter* y *fosfobacterias* rizosféricas, deben cotejarse los recuentos núm. 1, 2 y 3.

Las gráficas núm. 1, 2, 3 y 4 representan la evolución de los procesos de floración y fructificación. Corresponden respectivamente a los tratamientos con fertilizante químico núm. 1, 2, 3 y 4 (ver Material y Métodos) y muestran los efectos de los fertilizantes microbianos A, P, A + P y T (control).

Las siglas de ordenadas son «semanas después de iniciada la floración». Las cifras de abscisas son número de flores o frutos nuevos que, hasta el día de la lectura, habían aparecido en las macetas tratadas con el fertilizante químico o microbiano indicado. Son, por tanto, resultados acumulativos y de todo el tratamiento (no la media por maceta).

TABLA III

Efecto de los distintos tratamientos sobre la nutrición de las plantas (parte aérea) al inicio de la floración.

Fertilizante:		Determinación:				
químico	microbiano	Peso seco (g)	N (%)	P (%)	N total (mg)	P total (mg)
1	T	3,83	1,27	0,27	48,76	10,59
	A	5,98 **	1,34	0,27	80,22 ***	14,62 **
	P	4,76 **	1,45	0,27	69,01 ***	12,99 *
	A + P	6,58 **	1,42	0,28	93,48 ***	18,74 ***
2	T	5,23	1,40	0,28	75,18	14,80
	A	5,90	1,72 *	0,32	94,50 *	19,07 **
	P	6,22 **	1,35	0,26	84,47	16,34
	A + P	7,07 **	1,50	0,30	106,38 ***	21,06 ***

Cifras significativas al:

1 % — *

0,1 % — **

0,01 % — ***

comparando con el correspondiente testigo.

— Valores medios de 4 macetas (repeticiones).

En la tabla IV se muestran los datos de cosecha en g de frutos obtenidos con cada uno de los tratamientos. Por ser la tabla más decisiva del presente trabajo se realizó un análisis estadístico más profundo, cuyos resultados también se incluyen en la tabla.

DISCUSIÓN

En relación con la persistencia y establecimiento de los inóculos: *Azotobacter* y *fosfobacterias*, pueden apreciarse, en las tablas I y II, ciertas tendencias definidas.

En la tabla I, referente a recuento de *Azotobacter*, las cifras corresponden a aquellos tratamientos microbianos en los que ha sido inoculado *Azotobacter*, ya que en macetas no inoculadas con tal bacteria —tratamientos T y P— el recuento de *Azotobacter* fue siempre nega-

tivo; solamente en el segundo recuento, aparecían unas colonias típicas de *Azotobacter* en los tratamientos T y P que posiblemente provendrían de algunos quistes latentes que se encontrarían en el estiércol y se activarían a ese tiempo, siendo después eliminados por los microorganismos antagonistas de *Azotobacter*.

TABLA IV

Cosecha obtenida (g de frutos) para cada fertilizante químico según el tipo de fertilizante biológico empleado

Inoculación con fertilizante microbiano	Fertilizante químico			
	1	2	3	4
T	35,9	38,1	40,1	49,7
A	40,5	39,8	68,8	74,2
P	35,9	41,4	67,7	62,2
A + P	44,2	41,1	66,7	75,7
Significación (Inoculación fertilizante microbiano)	*	N. S.	***	***
M. D. S.				
0,1 %	11,26		5,50	9,24
1 %	7,65		3,74	6,28
2 %	6,64		3,24	5,45
5 %	5,33		2,60	4,37

Nivel de probabilidad.

* Significativo al 0,05.

** Significativo al 0,01.

*** Significativo al 0,001.

Valores medios de 4 repeticiones.

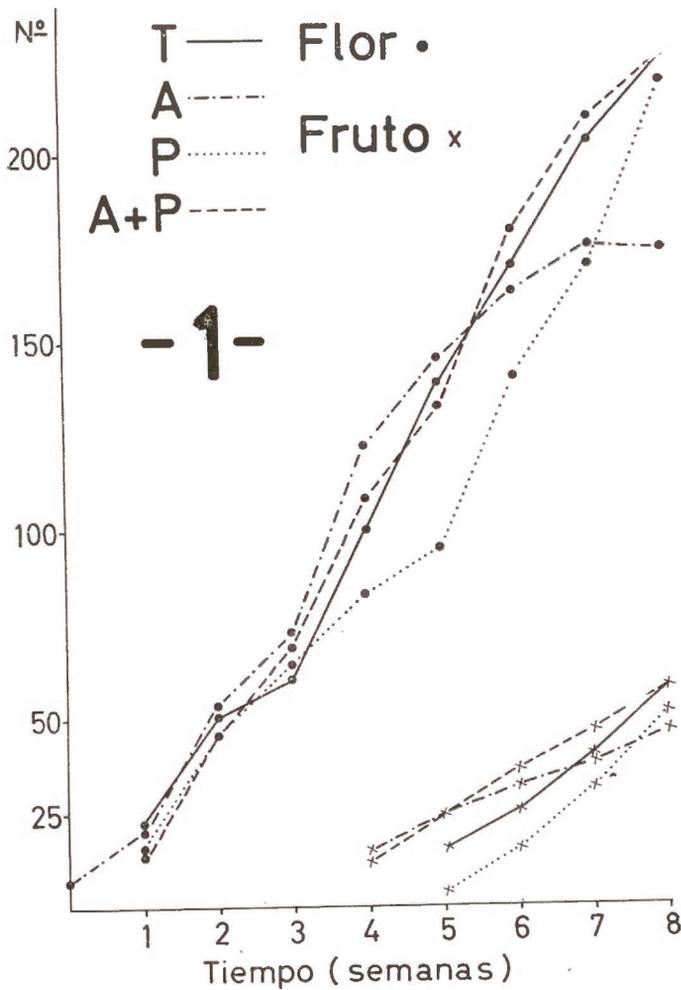


Fig. 1

De los resultados expuestos en la tabla I se deducen las siguientes tendencias:

a) Las fosfobacterias parecen contribuir de algún modo (ver Introducción) a la implantación de los *Azotobacter*, pues salvo en el caso del tratamiento 1, en el que existe una ausencia total de aporte de abono inorgánico, los recuentos de *Azotobacter* son positivos hasta el final de la experiencia en los tratamientos A + P. No obstante, las cifras van decreciendo paulatinamente como es clásico en el comportamiento de esta bacteria.

b) El abonado N-P-K tiene una influencia importante sobre el número de células de *Asotobacter*, ya que en el tratamiento químico 2 la persistencia es superior que en 1.

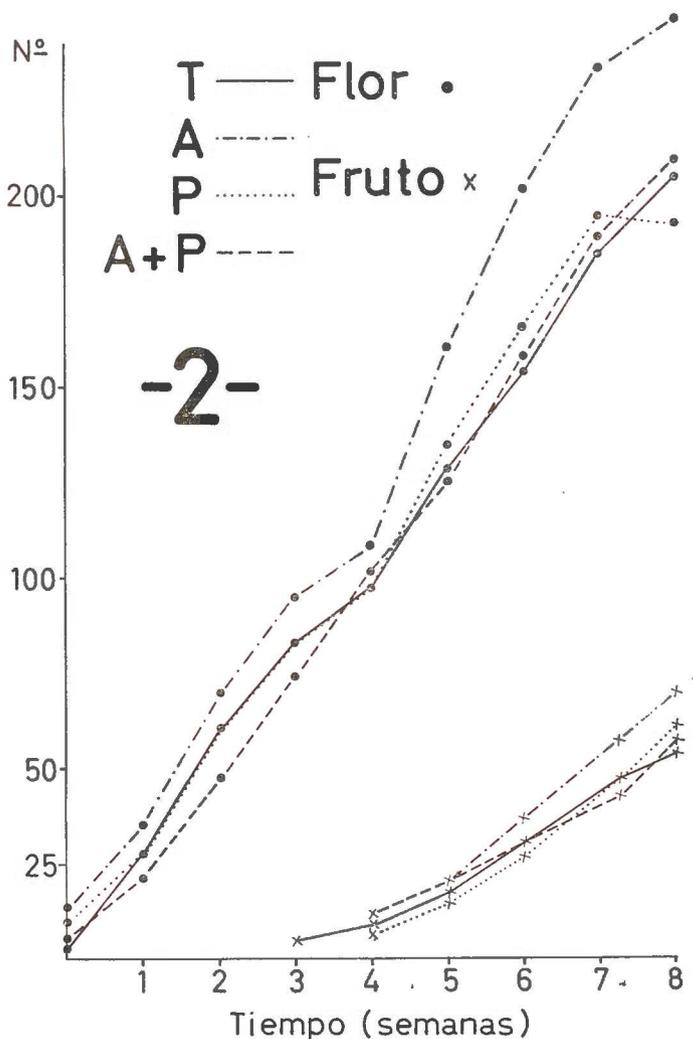


Fig. 2

c) Al aplicar N-P-K en el período de floración (tratamientos 3 y 4) las cifras sufren un claro incremento, aunque después vuelven a descender considerablemente.

En relación con este punto se observa un efecto curioso en las cifras de *Asotobacter* en tratamientos A. El abonado N-P-K inicial parece ser de gran importancia en relación con la supervivencia de

estas bacterias, para que la segunda dosis de abonado en floración tenga efectos positivos. Prueba de ello es que en el tratamiento 3-A no tiene lugar un establecimiento de *Azotobacter* como ocurre en 4-A. Esta circunstancia puede ser debida a que en el tratamiento 3, sin N-

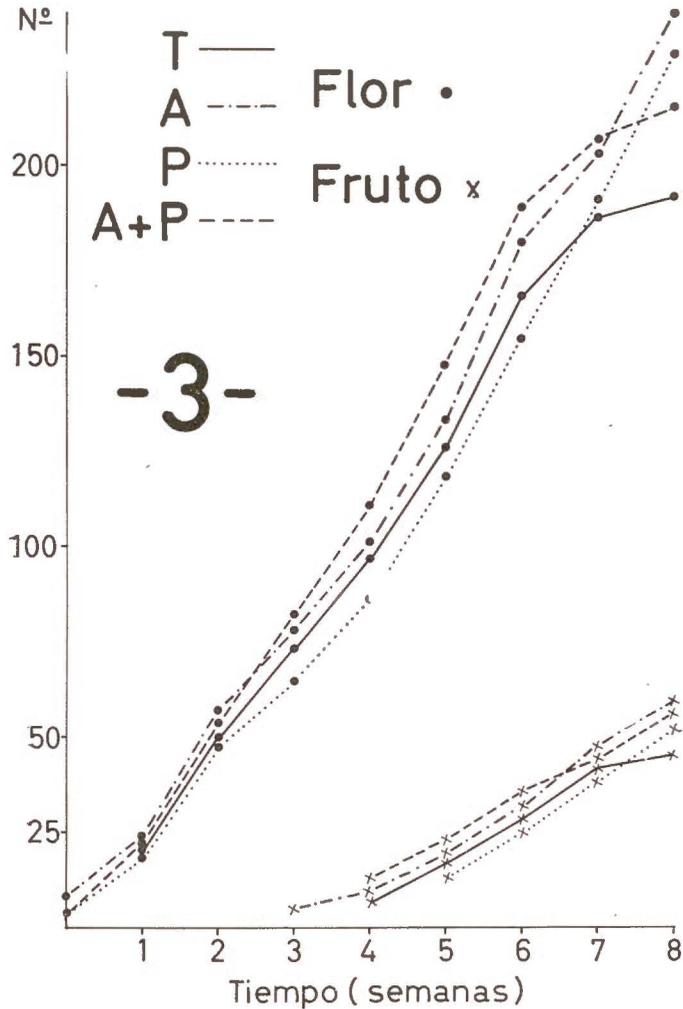


Fig. 3

P-K inicial, los *Azotobacter* irían tendiendo a la forma quística, las cifras de los recuentos van descendiendo, y la estimación por N-P-K, en el período de floración, es sólo momentánea, pues los antagonistas eliminarían, totalmente, esas células en reposo en el momento en que se iniciaba su estimulación. En el tratamiento 4, por el contrario, existían más células vegetativas de *Azotobacter* metabólicamente activas

y el mayor aporte nutritivo que supone la dosis N-P-K de floración provocaría un incremento de las mismas cuyo número no podía ser totalmente eliminado por los antagonistas.

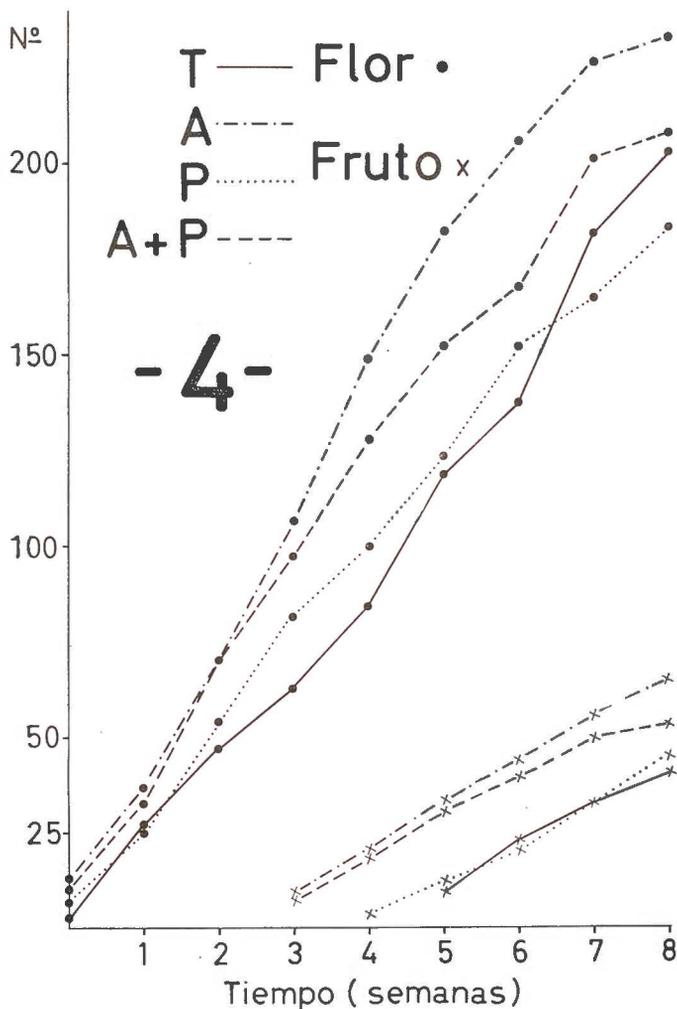


Fig 4

En relación con los *fosfobacterias* (tabla II) también se observan varias tendencias claras:

a) Las *fosfobacterias* inoculadas no se mantienen en número predominante hasta fin de experiencia en tratamiento P con respecto a A (no inoculado con *fosfobacterias*), ni incluso con respecto al T en los tratamientos químicos 1, 3 y 4.

b) *Azotobacter* estimula a las poblaciones solubilizadoras de fos-

fatos tanto a los inoculados (comparar tratamientos P y A + P) como a los autóctonos (comparar A y T).

c) El abonado N-P-K provoca una estimulación de las *fosfobacterias*.

En la tabla III se muestran los efectos de los tratamientos 1 y 2, ya que los tratamientos 3 y 4 comienzan su acción en plena floración y la experiencia representada en tabla III finalizó al iniciarse dicho período. Los resultados ponen de manifiesto una acción clara e importante de los inóculos microbianos con predominio en A + P, pudiendo deducirse que *Azotobacter* y *fosfobacterias* actúan sinérgicamente. El tratamiento A supera al tratamiento P incluso en la cantidad de fósforo absorbido por las plantas; este hecho puede ser debido, posiblemente, a que en primer lugar, A cuenta con una flora rica en *Azotobacter*, de lo cual carece P, y en segundo lugar, porque además posee unas cifras de *fosfobacterias* autóctonas estimuladas por los *Azotobacter* inoculados; cifras que aunque no sean superiores a las del tratamiento P son considerables (ver recuentos 1, 2 y 3 en tabla II, a los cuales corresponde esta experiencia).

Las gráficas 1, 2, 3 y 4 muestran que los tratamientos A superan a los restantes en producción de flores y frutos, salvo en tratamientos 1 (gráfica 1), de la que se deduce que los *Azotobacter* no se desarrollan bien en ausencia de N-P-K (comprobar tabla I).

Tal efecto, junto con la precocidad de floración y fructificación también observable en los tratamientos A, puede atribuirse a un efecto hormonal, por lo cual está de acuerdo con varios autores (8). De otro lado, las razas de *Azotobacter* utilizadas en estos ensayos han sido descritas como productoras de auxinas y giberelinas (2).

La tabla IV es la que expresa los efectos más decisivos, ya que refleja el rendimiento de los tratamientos en peso de frutos cosechados.

El tratamiento 1, sin aporte de N-P-K, arroja unos resultados parecidos en testigo T, e inoculaciones individuales A y P, pero muestra efectos favorables, con menos del 1 por 100 de error, en el tratamiento A + P con respecto al testigo T.

En el tratamiento 2 no hay ventaja significativa de las inoculaciones respecto al control T, esto confirma la teoría expresada anteriormente (ver Introducción) de que los *Azotobacter*, cuyas cifras están estimuladas por ejemplo en el tratamiento A + P (tabla I), y que tan patente efecto tienen sobre la floración y fructificación (gráfica 2) actúan por un mecanismo hormonal, ya que a la hora decisiva de la cosecha el peso de frutos conseguidos no superan al testigo.

El abonado N-P-K aplicado en época de floración (tratamientos 3 y 4) tiene un efecto decisivo en los resultados de cosecha y sobre todo en los efectos de los fertilizantes microbianos. No hay diferencia significativa entre los efectos de los tres fertilizantes microbianos ensayados: P, A y A + P, en el tratamiento 3. En cambio, en el tratamien-

to 4, con N-P-K inicial y en floración, las diferencias con respecto a testigos son más acusadas. Aparentemente, todo el efecto del doble inóculo A + P se debe a *Azotobacter*, ayudado por el abono inorgánico N-P-K, sin embargo, no debe descartarse cierta acción de las *fosfobacterias*, pues en el tratamiento A + P, con menor número de flores y frutos que en A (gráfica 4), se consiguen algunos gramos más de cosecha (tabla IV). Hay que pensar en que *Azotobacter* inoculados junto con *fosfobacterias* provocan un aporte de nutrientes a la planta más armonioso y equilibrado. Las observaciones de Cope y Hunter (10) sobre interacción N-P a nivel de absorción, pueden aplicarse a estos últimos razonamientos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Prof. Dr. A. Ramos-Cormenzana (Microbiología. Facultad de Farmacia. Granada) su colaboración en la discusión de resultados.

Al Dr. Aguilar y Laboratorio de Análisis Químico (Química Analítica. Estación Experimental del Zaidín. Granada), los datos de % de N y P expuestos en tabla III.

RESUMEN

Mediante ensayos de invernadero se investigan los efectos de los fertilizantes microbianos (*Azotobacter* + *Fosfobacterias*), aplicados combinadamente con fertilizantes inorgánicos N-P-K, sobre crecimiento, floración y fructificación de tomate cultivado por el sistema de «enarenados» (cultivos arena + materia orgánica).

Con la inoculación simultánea de ambas bacterias se consigue un mejor establecimiento de las poblaciones introducidas que cuando se inoculan por separado.

En experiencia hasta floración, la acción de dicho inóculo bacteriano da lugar a unas plantas de tomate con mejor riqueza en N y P, especialmente si se aplican conjuntamente con N-P-K.

Las macetas inoculadas solamente con *Azotobacter* y NPK muestran una precocidad de floración, fructificación y número de flores y frutos, pareciendo actuar por mecanismo de producción de fitohormonas.

En cuanto a cosecha de frutos (g), la acción del doble inóculo *Azotobacter* + *Fosfobacterias* siempre supera al testigo en todos los tipos de tratamientos de NPK estudiados. Sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando con el doble inóculo se aplica NPK al inicio del ensayo y a floración.

*Estación Experimental del Zaidín (C. S. I. C.). Granada.
Departamentos de Microbiología y Fisiología Vegetal.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Azcón, R. 1972. Efectos de la inoculación de microorganismos movilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno sobre cultivos enarenados de judía y tomate. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Dep. Legal GR. 1972. 311.

- (2) AZCÓN, R. y BAREA, J. M. 1973. Producción de fitohormonas por razas de *azotobacter* utilizadas en la Estación Experimental del Zaidín como fertilizantes biológicos. Comunicación presentada al IV Congreso Nacional de Microbiología.
- (3) AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. 1973. Selección de microorganismos movilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno para utilizarlos como fertilizantes biológicos en cultivos enarenados. Cuad. C. Biol., 21, 23-30.
- (4) AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. 1973. Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de fósforo y *Rhizobium* en cultivos enarenados de judía. I. Microbiol. Españ., 26, 31.
- (5) AZCÓN, R., BAREA, J. M. y CALLAO, V. 1973. Inoculación conjunta de microorganismos movilizadores de fósforo y *Rhizobium* en cultivos enarenados de judía. II. Microbiol. Españ.
- (6) BROWN, M. E. 1972. Plant growth substances produced by micro-organisms of soil and Rhizosphere. J. Appl. Bact., 35, 443-451.
- (7) BROWN, M. E. y BURLINGHAN, S. K. 1968. Production of plant growth substances by *Azotobacter chroococcum*. J. Gen. Microbiol., 53, 135.
- (8) BROWN, M. E., JACKSON, R. M. y BURLINGHAN, S. K. 1966. Growth and effects of bacteria introduced into soil. Ecol. Soil Bact. Int. Symp., 531.
- (9) BROWN, M. E., BURLINGHAN, S. K. and JACKSON, R. M. 1962. Studies on *Azotobacter* species in soil. I. Plant and Soil, XVII, núm. 3, 309-319.
- (10) COPE, F. and HUNTER, J. G. 1967. Interacciones between nitrogen and phosphate in agriculture. I. Types of interactions. II. Crop and animal responses. Phosphorus in Agriculture. Bull. Doc., núm. 46.
- (11) LADARIYA, L. N. 1961. Effect of *Azotobacter* and phosphobacteria on patchonla plant crop. Akad. Sel'skokhoz. Nauk. Gruz. SSR., 3-4, 78.
- (12) LOPATINA, G. V. and ODOEUSKAYA, N. S. 1960. The application of bacteria and organo-mineral mixtures under maize and potatoes. Mikrobiologiya, 16, 159.
- (13) MISHUSTIN, E. N. and SHILNIKOVA. 1971. Biological fixation of atmospheric nitrogen. Edit. MacMillan Press Limited. London.
- (14) PANOSYAN, A. K. 1963. Influence of some factors on effectiveness of Azotobacterin. Izv. Akad. Nauk. Armyan SSR, 16, núm. 7, 11.
- (15) PANOSYAN, A. K., ARUTYUNYAN, R. SH., AVETISYAN, N. et al. 1962. Inter-relations of *Azotobacter* and other soil microorganisms. Izv. Akad. Nauk. Armyan. SSR. Biol. Nauki., 15, núm. 2, 12.
- (16) PISEMSKAYA, V. A. and KOCHUNOVA, T. A. 1956. The use of bacterial fertilizers for winter wheat under the arid conditions of the stavropol border. Byull. Nauch. Tekh. Inform. Stavropol. Nauch. Issled. Inst. Sel. Khoz., núm. 1, 1-2, 52.
- (17) RAMOS-CORMENZANA, A. 1970. Criterios de selección de fosfobacterias. Ars Phar., XI, 449.
- (18) RAMOS-CORMENZANA, A. y CALLAO, V. 1967. El empleo de la solubilización de fosfatos en placa como técnica diferencial bacteriana. Microbiol. Españ., 20, 1.
- (19) RUEDA, E. y RUEDA, J. M. 1965. Cultivos enarenados de hortalizas extratempranas. Edit. Mundiprensa, Madrid.
- (20) SUNDARA RAO, H. S., MANN, N. B. and MATHUR, S. P. 1962. Bacterial inoculation experiments with special reference to *Azotobacter*. Indian J. Agric. Sci., 33, 279.
- (21) TULAICOVA, K. P. 1965. Growth of root microorganisms in direct contact with superphosphate granules. Mikrobiologiya, 25, 299.

FORMAS DE CALCIO EN SUELOS DEL PISO TROPICAL DE BARBACOAS, COLOMBIA

por

HUGO ERASO G. (*), FEDERMAN ORTIZ L. (*) y HERNAN BURBANO O. (**)

SUMMARY

CALCIUM FORMS IN SOILS OF THE TROPICAL ZONE OF BARBACOAS, COLOMBIA

Calcium forms were determined in soils of Barbacoas, tropical zone located at S. W. of Colombia. Following results were found out:

Total Ca is high, its extreme values are 6.544,80 ppm and 29.977,12 ppm for the first horizon and 5.497,44 ppm and 12.020,40 ppm for the second. Between Total-Ca and Active-Ca a high correlation was obtained, $r = 0,9417$ for the first horizon and $r = 0,8415$ for the second. Active-Ca shows an average contribution of 60,00 % and 57,25 % for the two horizons. Inactive-Ca represents 40,00 % and 42,70 %. Exchangeable and soluble-Ca contributions are considered from moderate to low; average values are 12,02 % and 15,27 % for exchangeable-Ca and 0,01 % and 0,02 % for the soluble-Ca.

INTRODUCCIÓN

La información sobre los suelos del trópico es cada día más abundante. Sin embargo, el conocimiento que se tiene sobre el estado del calcio es muy limitado. Esta situación deberá cambiar, toda vez que este nutrimento en las regiones tropicales, por las condiciones que se presentan, unas de clima y otras del propio suelo, puede tener problemas: lavado excesivo y bajos niveles para la fracción intercambiable.

De otra parte, conviene tener en cuenta que la falta de respuesta al enclamiento en muchos casos, para esta clase de suelos, podría deberse al desconocimiento de la dinámica del calcio en éstos.

(*) Parte del trabajo de tesis de los autores principales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

(**) Profesor asistente, Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia (6 de febrero de 1974).

En razón de lo expuesto se adelantó este trabajo, que tuvo como objetivo principal conocer las formas del calcio en suelos del piso tropical de Barbacoas, Sur-oeste de Colombia.

REVISIÓN DE LITERATURA

El calcio se combina fácilmente con todos los ácidos conocidos, formando un amplio número de compuestos, razón por la cual no se encuentra en estado elemental (21). Puede estar presente en los suelos en forma intercambiable en el complejo coloidal, y en forma soluble en la solución del suelo puede encontrarse como nitrato, bicarbonato, cloruro o sulfato (11).

Los suelos varían ampliamente en el contenido de calcio. En aquellos libres de carbonato de calcio se han reportado valores que oscilan desde 0,08 por 100 a un poco más de 2 por 100. En suelos calcáreos va de menos de 1 por 100 a 25 por 100 (11).

Para suelos de Colombia se puede consignar la siguiente información:

Los valores de calcio total en suelos volcánicos de Pasto e Ipiiales se consideran altos, ya que en promedio representan 9.119,88 y 14.156,79 p. p. m., respectivamente (8, 16). Para suelos de Túquerres, también volcánicos, la situación cambia, 8.535,57 p. p. m., considerándose, por tanto, como medios (15).

El contenido promedio del calcio activo en suelos del altiplano de Pasto es alto, 5.903,99 p. p. m. (40), igual sucede en suelos de Ipiiales, 6.268,71 p. p. m. (16). Los suelos de Túquerres registran la menor cantidad, equivalente a 2.651,08 p. p. m. (15).

La fracción intercambiable de calcio para los suelos de Pasto, Ipiiales y Túquerres va de media a baja, corresponde a valores de 812,77, 1.938,60 y 831,53 p. p. m., respectivamente (8, 16, 15).

MATERIALES Y MÉTODOS

Area de estudio

El área estudiada se encuentra localizada en el Departamento de Nariño, Sur-oeste de Colombia, perteneciendo su mayor parte a la llanura del Pacífico, a excepción de un pequeño sector al Noroeste, que se encuentra en la vertiente occidental de la cordillera del mismo nombre (14).

Las coordenadas geográficas del centro de la zona estudio son: 1° 41' 23" de latitud Norte y 78° 08' 21" de longitud Oeste de Greenwich (6).

La altura sobre el nivel del mar oscila entre 120 y 250 m., con un promedio de precipitación anual de 6.959,6 mm., y una temperatura media anual de 30° C (6, 20). De acuerdo a Espinal y Montenegro (7), quienes siguen el sistema propuesto por Holdridge, la zona se encuentra en su mayor parte en el bosque muy húmedo tropical (bmh-T), con una zona de transición perteneciente al bosque pluvial tropical (bp-T).

En general, los suelos de la llanura del Pacífico se asemejan a los típicos de las regiones tropicales húmedas, con abundancia de sesquióxidos de hierro y aluminio. Aunque no se descarta cierto influjo volcánico, se asemejan más a los oxisoles (2).

La toma de muestras se realizó en 19 sitios, incluidos dos horizontes, a lado y lado de los ríos Telembí y Guagúí.

Métodos

Calcio total

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson (10), llevando a fusión con Na_2CO_3 anhidro y tratamiento con HCl 6 N.

La concentración de las muestras se determinó utilizando un fotómetro de llama Coleman 21, mediante blancos y patrones adecuados.

Calcio activo

Se empleó la técnica de Drouineau, modificada por Gehu y Franck y descrita por Gadbán (8), utilizando soluciones de $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,2 N y KMnO_4 0,1 N.

Calcio soluble en agua

Se utilizó la técnica de McLean descrita por Gadbán (8), empleando una relación suelo: agua 1:10.

Calcio intercambiable

Se siguió el procedimiento descrito por Schollemberger y Simon (19). La concentración de las muestras se determinó por titulación con Verseno, siguiendo la técnica señalada por Saiz del Río y Bornemisza (18).

Calcio inactivo

Se obtuvo por diferencia entre el calcio total y el calcio activo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El las tablas I y II se encuentran los valores de las principales características físicas y químicas de los suelos estudiados. La información sobre las fracciones de calcio se encuentra consignada en las tablas III a V.

Las cantidades de calcio total oscilaron entre 6.544,80 p. p. m. y 29.877,12 p. p. m., con un valor medio de 14.029,58 p. p. m., en el suelo superficial. Para el segundo horizonte los valores extremos fueron 5.497,44 p. p. m. y 12.020,40 p. p. m., siendo el promedio de 8.299,53 partes por millón. Estas cifras concuerdan con las que en general se reportan para suelos libres de carbonato de calcio (11). Si se comparan con otros fraccionamientos hechos en Colombia, los resultados son similares a los obtenidos por Parra (16) en el altiplano de Ipiales y pueden calificarse de altos. Superan a los conseguidos en las áreas volcánicas de Pasto y Túquerres (8, 15).

Los valores considerablemente altos de calcio total encontrados en estos suelos pueden probablemente explicarse por el origen geológico de los mismos, ya que según Grosse (9) y Rincón (17), las rocas que sirven de basamento a la mayoría de los aluviones del río Telembí son tobas con guijos andesíticos de diámetro variable. Estas tobas calcáreas, por ser rocas sedimentarias, están constituidas por material que fue acarreado por agua, viento, etc., y que luego fue depositado en sitios diferentes al de origen (3). Por otra parte, según la definición de Meléndez y Fuster (13), estas rocas se originan por depósito de CO_3Ca . Además, la presencia de materiales andesíticos quiere decir que existirán minerales tales como plagioclasas, que se presentan en varias combinaciones de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y anortita ($\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$): piroxenos y anfíboles que son esencialmente silicatos de calcio y magnesio (4, 13).

Con respecto a las fracciones de calcio activo e inactivo, se encontró una situación diferente a la registrada para las zonas volcánicas de Ipiales y Túquerres (16, 15), ya que en los suelos de Barbacoas predomina la forma activa sobre la inactiva en los dos horizontes estudiados. En la primera capa el promedio para el calcio activo fue de 8.417,89 partes por millón (60,00 por 100), y en la segunda alcanzó 4.752,03 p.p.m. (57,25 por 100). Puede decirse entonces que ésta es la fracción cuantitativamente más importante en los suelos estudiados. Los valores promedios para el calcio inactivo fueron de 5.611,69 p. p. m. (40,00 por 100) en el primer horizonte y 3.547,5 p. p. m. (42,7 por 100) en el segundo.

Aunque la textura de estos suelos indica que los separados finos, limos y arcillas totalizan un menor porcentaje que las arenas, el calcio activo es mayor. Esto estaría en contradicción con los planteamientos de Duchaufour (5), quien considera que esta forma de calcio se encuen-

TABLA I

*Algunas características generales de los suelos estudiados
(Primer horizonte)*

Nombre de la muestra	Profundidad cm.	Humedad %	Textura	pH	C. orgán. %	N-interc. p. p. m.	CCC meq/100 g.	Ca : Mg
Gorgona	0-10	8,74	F-A	5,70	3,43	28,01	33,80	6,2 : 1
Chafalote	0- 8	4,71	F-A	5,75	2,05	15,24	21,45	3,4 : 1
San José	0- 6	6,82	F-A	5,55	3,09	22,73	23,70	4,6 : 1
La Humildad	0-10	6,87	F-A	5,85	3,65	22,92	23,80	16,5 : 1
La Playa	0- 5	5,92	F-A	5,55	2,49	23,72	24,35	6,8 : 1
La Pampa	0-15	5,17	F-A	5,85	2,48	28,26	21,95	3,5 : 1
Barbacoas	0- 8	5,61	F-A	5,15	1,37	17,74	19,75	4,9 : 1
Punche	0-10	5,38	F-A	5,80	1,93	17,70	18,00	3,5 : 1
Bombón	0- 7	7,37	F-A	5,75	3,39	27,65	26,15	4,3 : 1
Mongón	0-10	10,17	F-A	4,70	5,66	66,63	28,00	19,8 : 1
El Charco	0- 6	8,14	F-A	4,71	3,59	33,91	33,10	2,6 : 1
Sto. Domingo	0- 5	7,13	F-A	6,05	2,78	27,59	27,10	4,1 : 1
Teranguará... ..	0- 8	5,14	F-A	4,80	2,12	27,08	18,90	1,3 : 1
Pambana... ..	0- 8	3,74	F-A	5,60	0,58	17,42	13,50	1,3 : 1
El Ceibo	0- 7	9,40	F-A	5,15	2,18	20,82	14,00	1,2 : 1
Trampolín	0- 6	9,34	F-A	5,09	3,47	19,59	22,00	0,3 : 1
Agualongo	0- 7	9,55	F-A	4,75	3,00	9,81	19,00	0,6 : 1
Caballero	0- 8	9,08	F-A	4,90	3,29	14,66	20,80	1,1 : 1
Villa Aurora	0-12	10,67	F-A	4,85	4,42	16,11	26,40	1,8 : 1

TABLA II

Algunas características generales de los suelos estudiados
(Segundo horizonte)

Nombre de la muestra	Profundidad cm.	Humedad %	Textura	pH	C. orgán. %	N-interc. p. p. m.	CCC meq/100 g.	Ca : Mg
Gorgona	10-x	6,88	F-A	6,16	0,29	9,57	20,10	6,77 : 1
Chafalote	8-x	6,97	F-A	6,15	0,94	16,77	16,20	3,94 : 1
San José... ..	6-x	6,73	F-A	5,77	1,08	25,10	11,90	3,43 : 1
La Humildad	10-x	6,71	F-A	5,65	0,78	25,60	14,90	5,03 : 1
La Playa	5-x	5,41	F-A	5,61	0,78	18,88	10,25	6,22 : 1
La Pampa	15-x	11,30	F-A	6,15	0,64	17,45	8,66	3,30 : 1
Barbacoas	8-x	11,26	F-Ar-A	5,25	0,31	17,44	10,10	1,94 : 1
Punche	10-x	5,16	F-Ar-A	5,68	0,14	11,67	9,55	2,54 : 1
Bombón	7-x	6,95	F-A	5,60	2,12	10,78	16,20	4,96 : 1
Mongón... ..	10-x	9,26	F-A	5,80	0,81	35,48	13,35	1,78 : 1
El Charco	6-x	8,07	F-A	5,18	1,10	12,10	17,45	0,71 : 1
Sto. Domingo	5-x	8,41	F-A	5,90	2,16	21,95	14,75	4,55 : 1
Teranguará	8-x	5,72	F-A	4,90	0,78	20,12	11,40	0,45 : 1
Pambano	8-x	5,85	F-A	5,61	0,61	7,11	5,45	1,01 : 1
El Ceibo	7-x	8,32	F-Ar-A	4,85	1,32	10,91	12,90	0,91 : 1
Trampolín	6-x	9,26	F-Ar-A	5,20	0,81	12,23	13,50	0,16 : 1
Agualongo	7-x	10,52	F-Ar-A	4,90	1,30	13,61	11,25	1,13 : 1
Caballero	8-x	7,68	F-A	4,95	2,14	8,44	8,05	0,19 : 1
Villa Aurora	12-x	7,74	F-A	4,78	2,14	7,24	12,30	0,96 : 1

T A B L A I I I

Formas de calcio en los suelos estudiados

(Primer horizonte)

Nombre de la muestra	Soluble		Intercam- biable		Inactivo		Activo		Total p. p. m.
	p. p. m.	%	p. p. m.	%	p. p. m.	%	p. p. m.	%	
Gorgona	2,17	(0,02)	3.625,39	(26,05)	7.708,75	(55,38)	6.209,97	(44,62)	13.918,72
Chafalote	2,09	(0,01)	2.253,35	(11,21)	8.959,29	(44,56)	11.145,03	(55,44)	20.104,32
San José	2,13	(0,01)	2.635,24	(17,25)	7.044,10	(46,11)	8.231,16	(53,89)	15.275,26
La Humildad	2,13	(0,02)	3.646,40	(32,78)	5.111,34	(45,99)	6.003,14	(54,01)	11.114,48
La Playa	2,11	(0,02)	3.057,91	(24,47)	7.066,31	(56,54)	5.432,25	(43,46)	12.498,56
La Pampa	2,10	(0,01)	2.208,57	(14,58)	7.646,58	(50,49)	7.497,90	(49,51)	15.144,48
Barbacoas	2,11	(0,01)	2.272,72	(10,15)	9.514,13	(42,49)	12.875,19	(57,51)	22.389,32
Punche	2,10	(0,01)	1.935,83	(9,37)	7.492,33	(36,27)	13.162,15	(63,73)	20.654,48
Bombón	2,14	(0,01)	3.071,85	(18,11)	7.943,02	(46,82)	9.021,44	(53,18)	16.964,46
Mongón	2,20	(0,02)	1.242,71	(13,76)	2.917,69	(32,20)	6.116,25	(67,70)	9.033,94
El Charco	2,16	(0,03)	936,49	(11,70)	3.377,18	(42,20)	4.625,18	(57,80)	8.002,36
Sto. Domingo	2,14	(0,01)	3.092,84	(20,33)	5.996,14	(39,42)	9.216,32	(60,58)	15.212,46
Teranguará	2,10	(0,03)	662,38	(9,84)	2.348,55	(34,90)	4.380,41	(65,10)	6.728,96
Pambana	2,07	(0,01)	435,70	(1,46)	10.034,62	(33,59)	19.842,50	(66,41)	29.877,12
El Ceibo	2,18	(0,01)	286,62	(1,62)	3.487,20	(10,68)	14.235,60	(80,32)	17.722,80
Trampolín	8,20	(0,09)	56,85	(0,61)	2.871,80	(30,90)	6.422,10	(69,10)	9.293,90
Agualongo	2,19	(0,03)	115,02	(1,54)	2.211,15	(29,68)	5.238,25	(70,32)	7.449,40
Caballero	2,18	(0,03)	199,61	(3,05)	2.402,62	(36,71)	4.142,18	(63,29)	6.544,80
Villa Aurora	2,21	(0,03)	318,72	(3,69)	2.489,36	(28,84)	6.142,90	(71,16)	8.632,26
<i>Promedio</i>	2,45	(0,01)	1.687,06	(12,02)	5.611,69	(40,00)	8.417,89	(60,00)	14.029,58

TABLE IV
 Formas de calcio en los suelos estudiados
 (Segundo horizonte)

Nombre de la muestra	Soluble		Intercam- biable		Inactivo		Activo		Total p. p. m.
	p. p. m.	%	p. p. m.	%	p. p. m.	%	p. p. m.	%	
Gorgona	2,13	(0,02)	2.496,71	(27,16)	3.959,50	(43,08)	5.232,18	(56,92)	9.191,68
Chafalote	2,13	(0,02)	2.526,63	(26,84)	4.741,67	(50,37)	4.671,69	(49,63)	9.413,36
San José	2,13	(0,03)	2.660,77	(32,28)	3.787,05	(46,08)	4.431,16	(53,92)	8.218,21
La Humildad	2,13	(0,02)	2.352,95	(25,06)	5.246,20	(55,87)	4.144,28	(44,13)	9.390,48
La Playa	2,10	(0,03)	1.660,20	(25,40)	2.312,10	(35,38)	4.223,32	(64,62)	6.535,42
La Pampa	2,22	(0,02)	2.073,51	(17,25)	3.885,26	(32,32)	8.135,14	(67,68)	12.020,40
Barbacoas	2,22	(0,03)	1.898,09	(26,25)	2.709,25	(37,46)	4.522,65	(62,54)	7.231,90
Punche	2,10	(0,02)	1.296,62	(15,41)	3.054,99	(36,31)	5.357,81	(63,69)	8.412,80
Bombón	2,13	(0,02)	2.386,05	(24,52)	5.061,12	(52,00)	4.671,33	(48,00)	9.732,45
Mongón	2,18	(0,04)	314,66	(5,33)	3.069,79	(52,03)	2.830,25	(47,97)	5.900,04
El Charco	2,16	(0,04)	141,57	(2,43)	3.398,49	(58,24)	2.437,29	(41,76)	5.835,78
Sto. Domingo	2,16	(0,02)	3.187,25	(33,79)	4.944,25	(52,42)	4.487,42	(47,58)	9.431,67
Teranguará	2,11	(0,04)	193,46	(3,52)	1.655,71	(30,12)	3.841,73	(69,88)	5.497,44
Pambana	2,11	(0,02)	444,57	(3,82)	4.011,68	(34,45)	7.631,82	(65,55)	11.643,50
El Ceibo	2,16	(0,03)	56,32	(0,73)	3.545,32	(46,10)	4.145,40	(53,90)	7.690,72
Trampolín	2,18	(0,03)	56,81	(0,73)	3.082,14	(39,73)	4.675,32	(60,27)	7.757,46
Agualongo	2,21	(0,03)	57,47	(0,73)	3.484,66	(44,41)	4.362,26	(55,59)	7.846,92
Caballero	2,15	(0,03)	55,99	(0,68)	2.826,50	(34,54)	5.357,18	(65,46)	8.183,68
Villa Aurora	2,15	(0,03)	226,25	(2,92)	2.626,85	(33,86)	5.130,43	(66,14)	7.757,28
<i>Promedio</i>	2,15	(0,02)	1.267,67	(15,27)	3.547,50	(42,74)	4.752,03	(57,25)	8.299,53

T A B L A V

Contenidos máximo, promedio y mínimo de las formas de calcio

	Soluble ppm	Intercambiable ppm	Inactivo ppm	Activo ppm	Total ppm
PRIMER HORIZONTE					
Máximo.....	8,20	3.646,40	10 034,62	19.842,50	29 877,12
Promedio.....	2,45	1.687,06	5.611,69	8.417,89	14.029,58
Mínimo.....	2,07	56,85	2.211,15	4.142,18	6.544,80
SEGUNDO HORIZONTE					
Máximo.....	2,22	3.187,25	5.246,20	8.135,14	12.020,40
Promedio.....	2,15	1.267,67	3 547,50	4.752 03	8.299,53
Mínimo.....	2,10	55,99	1.655,71	2.437,29	5.497,44

tra en las partículas final del suelo. De otra parte, hay que mencionar la correlación altamente significativa que se encontró entre el calcio total y el calcio activo, $r = 0,9417$ para el primer horizonte y $r = 0,8415$ para el segundo. De esta manera, el calcio total podría tomarse como un indicativo de la forma activa, pues los porcentajes de asociación hallados fueron 88,67 y 70,56 para la primera y segunda capa, respectivamente.

También debe tenerse en cuenta que los buenos niveles de calcio activo hay que tomarlos en consideración para el caso en que haya necesidad de encalar estos suelos, porque ya se ha indicado que en otras zonas como el altiplano de Pasto, la falta de una respuesta consistente al encalamiento probablemente radique en las altas cantidades de esta fracción de calcio (8).

El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble, a partir de los cuales la planta puede nutrirse directamente, va de mediano a bajo. Los valores promedios de calcio intercambiable en el primer horizonte son iguales a 1.687,06 p. p. m. (12,02 por 100) y en el segundo a 1.267,67 p. p. m. (15,27 por 100). El calcio soluble corresponde a 2,45 p. p. m. (0,01 por 100) en el suelo superficial y a 2,45 p. p. m. (0,01 por 100) en el suelo superficial y a 2,15 p. p. m. (0,02 por 100) en la segunda capa.

Esta información pone de presente que al igual que lo reportado para las regiones de Pasto, Ipiales y Túquerres (8, 16, 15) el calcio de cambio alcanza niveles medios, en tanto que la forma soluble, definitivamente es baja. Sin embargo, debe considerarse también que las plantas podrían

aprovechar el calcio activo, en razón de que éste puede disolverse por acción de la abundante precipitación pluvial que se presenta en la zona de estudio.

La relación Ca : Mg en promedio es muy amplia para el primer horizonte, corresponde a 5,1:1, y los valores extremos van de 1,1:1 a 19,8:1. El predominio tan marcado del calcio sobre el magnesio quizás podría ocasionar problemas a los cultivos por el desbalance existente, a más de que también puede presentarse en estos casos, efecto antagónico con el potasio. Sólo en dos sitios, Trampolín y Agualongo, la relación se encontró invertida. Sobre el particular no existe un criterio definido, en relación al efecto negativo que pudiera ocasionar sobre los cultivos (8, 1, 12).

En el segundo horizonte los valores de la relación Ca : Mg no son tan altos como en el caso anterior. El promedio correspondió a 3,6:1, con extremos que oscilaron entre 1:1 y 6,8:1. La inversión de esta relación se siguió presentando en la muestra Trampolín, y a ésta se sumaron El Charco, Teranguará, El Ceibo, Caballero y Villa Aurora. Se coincidiría en forma parcial con los resultados encontrados por Angulo y col. (1) en suelos pertenecientes también a la llanura del Pacífico.

CONCLUSIONES

1. El calcio total registra altos niveles. Los promedios corresponden a 14.029,58 p. p. m. para el primer horizonte y 12.020,40 p. p. m. para el segundo.

2. El calcio total podría tomarse como un indicativo de la forma de calcio activo, pues los porcentajes de asociación hallados entre estas dos formas fueron 88,67 y 70,56 para la primera y segunda capa, respectivamente.

3. Existe un predominio del calcio activo sobre el inactivo en los dos horizontes estudiados, si bien las dos fracciones alcanzan buenos niveles. En el primer horizonte el promedio para el Ca-activo fue de 8.417,89 p. p. m. (60,00 por 100) y en el segundo alcanzó 4.752,03 partes por millón (57,25 por 100). Los valores medios para el Ca-inactivo fueron de 5.611,69 p. p. m. (40,00 por 100) en el primer horizonte y 3.547,50 p. p. m. (42,70 por 100) en el segundo.

4. El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble en agua va de mediano a bajo. Las concentraciones promedias de Ca-intercambiable en el primer horizonte son iguales a 1.687,06 p. p. m. (12,02 por 100) y en el segundo a 1.267,67 p. p. m. (15,27 por 100). El Ca-soluble corresponde a 2,45 p. p. m. (0,01 por 100) en el suelo superficial y a 2,15 p. p. m. (0,02 por 100) en la segunda capa.

RESUMEN

Se determinaron las formas de calcio en suelos del piso tropical de Barbacoas, Sur-oeste de Colombia, encontrándose los resultados siguientes:

El Ca-total es alto, sus valores extremos en el primer horizonte son 6.544,80 p. p. m. y 29.977,12 p. p. m., para el segundo corresponden a 5.497,44 p. p. m. y 12.020,40 p.p.m. Se encontró una alta correlación entre el Ca-total y el Ca-activo, $r = 0,9417$ para el primer horizonte y $r = 0,8415$ para el segundo. El Ca-activo tiene un aporte promedio de 60,00 por 100 en la primera capa y de 57,25 por 100 en la segunda. El Ca-inactivo en la misma secuencia representa 40,00 por 100 y 42,70 por 100. El aporte de las formas de Ca-intercambiable y Ca-soluble va de mediano a bajo, los valores porcentuales promedios de Ca-intercambiable son 12,02 y 15,27, y los de Ca-soluble corresponden a 0,01 por 100 y 0,02 por 100.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ANGULO, R. N. y col. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Nariño, llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 116.
- (2) AYALA, H. F., GUERRERO, R. R. y GAMBOA, J. J. 1973. Estudio del azufre en suelos de Nariño y Putumayo (Colombia). Anales de Edafología y Agrobiología, 32, 401-416.
- (3) BRUHNS, W. y RAMDOHR, P. 1964. Petrografía. Trad. por María Teresa Toral. México, Uteha, 125.
- (4) DAPPLES, E. C. 1963. Geología básica en ciencia e ingeniería. Trad. por José María Fuster y Pablo Martínez. Barcelona, Omega, 640.
- (5) DUCHAUFOUR, P. 1965. Precis de pedologie. París, Masson, 481.
- (6) DULCE, G. y NARVÁEZ, G. 1967. Nariño, su historia y su geografía. Pasto, Imprenta Departamental, 275.
- (7) ESPINAL, T. L. y MONTENEGRO, R. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico «Agustín Codazzi», 201.
- (8) GADBÁN, J. 1971. Algunos aspectos del calcio en el altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 61.
- (9) GROSSE, E. 1935. Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia, 1917 a 1933. Bogotá, Imprenta Nacional, 448.
- (10) JACKSON, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. por J. B. Martínez, Barcelona, Omega, 662.
- (11) MARÍN, G. 1971. La capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables del suelo. In Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, ed. Interpretación de análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. S. L., s. p.
- (12) MATTA, I. A. y PALACIOS, P. J. 1970. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 148.
- (13) MELÉNDEZ, B. y FUSTER, J. N. 1969. Geología. 2 ed. Madrid, Paraninfo, 702.
- (14) MINISTERIO DEL TRABAJO. 1970. Nariño, sus modalidades geográficas, económicas y sociales como factores de planeamiento para la adopción de un régimen de seguridad social rural. Bogotá, 121.

- (15) MORALES, J. 1972. Fraccionamiento del calcio en suelos del altiplano de Túques. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 49.
- (16) PARRA, A. 1971. Fraccionamiento del calcio en suelos del altiplano de Ipiales. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 39.
- (17) RINCÓN, L. 1962. Exploración aurífera del río Telembí. Sección de «Playa Grande». Municipio de Barbacoas, Nariño. Ministerio de Minas y Petróleos, Zona minera de Pasto. Informe núm. 6, 10 (mecanografiado).
- (18) SAIZ DEL RÍO, J. F. y BORNEMISZA, E. 1961. Análisis químico de suelo; métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 107.
- (19) SCHOLLEMBERGER, C. J. y SIMON, M. 1945. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Science, 59, 14-17.
- (20) SUÁREZ, H. 1970. Plan de ordenación forestal zona 4. Río Patía-Patía viejo. Tumaco, Chapas de Nariño. Departamento forestal, 121 (Mimeografiado).
- (21) TEUSCHER, H. y ADLER, R. 1965. El suelo y su fertilidad. México, Continental, 510.

Recibido para publicación: 11-II-74

COMPUESTOS FENOLICOS EN *ERICA VAGANS* L.

por

J. ARINES, J. L. G. MANTILLA y E. VIEITEZ

SUMMARY

PHENOLIC COMPOUNDS FROM *ERICA VAGANS* L.

Flowers, leaves, stems and roots from *Erica vagans* L. were tested separately for the presence of phenolic compounds. p-Hydroxybenzoic, protocatechuic, gentisic, vanillic, syringic, p-coumaric, caffeic and ferulic acids, hidroquinon, aesculetin and escopoletin, were identified.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la presencia de compuestos fenólicos en especies vegetales ha adquirido un gran interés por sus implicaciones quimiotaxonómicas y por su influencia en la fisiología de la planta. Han sido numerosos los trabajos realizados en este sentido.

Se puede afirmar que los compuestos fenólicos se encuentran en todos los vegetales superiores. Bate-Smith (1) señala los ácidos cafeico, p-cumárico, sinápico, ferúlico y cumárico, como los más comunes, e indica que existe una relación importante entre la distribución de compuestos fenólicos y la taxonomía clásica. El mismo autor señala (2) que la arbutina es de amplia distribución en las Ericáceas. Sin embargo, este compuesto ha sido objeto de controversia y en trabajos más recientes (3) sólo se ha identificado en unas pocas especies.

El ácido p-hidroxibenzoico se ha encontrado ampliamente distribuido en las plantas vasculares. Tomaszewski (4) indica que la hidroquinona se halla presente solamente en Ericáceas y en *Pyrus*. Encuentra el ácido gentísico, pero sólo en forma combinada. La distribución de este ácido ha sido estudiada (5), encontrándose tanto en especies herbáceas como leñosas.

Harborne (6) ha identificado en las Ericáceas, además de los ácidos benzoicos y cinámicos comunes, el orcinol, la hidroquinona, el rodo-

dendrol y los ácidos o-cumárico, gentísico y gálico. Dentro del género *Erica* (7) encuentra el ácido gentísico en todas las especies, la hidroquinona en *Erica multiflora* y el orcinol en tres de las seis especies examinadas.

En *Erica cinerea* (8) se han identificado los ácidos p-hidroxibenzoico, vanílico, siríngico, protocatéquico, gentísico, ferúlico y p-cumárico, la escopoletina, el orcinol y un glucósido de orcinol.

MATERIAL Y MÉTODOS

La planta se recogió en su época de floración, separándose inmediatamente flores, hojas, tallos y raíces e introduciéndose las distintas partes en matraces con metanol, con el que se llevó a cabo su extracción, a temperatura ambiente y fuera de la acción de luz blanca. Las cantidades extraídas, expresadas en g. de peso seco, fueron las siguientes: flores, 196 g.; hojas, 194 g.; tallos, 308 g., y raíces, 243 g.

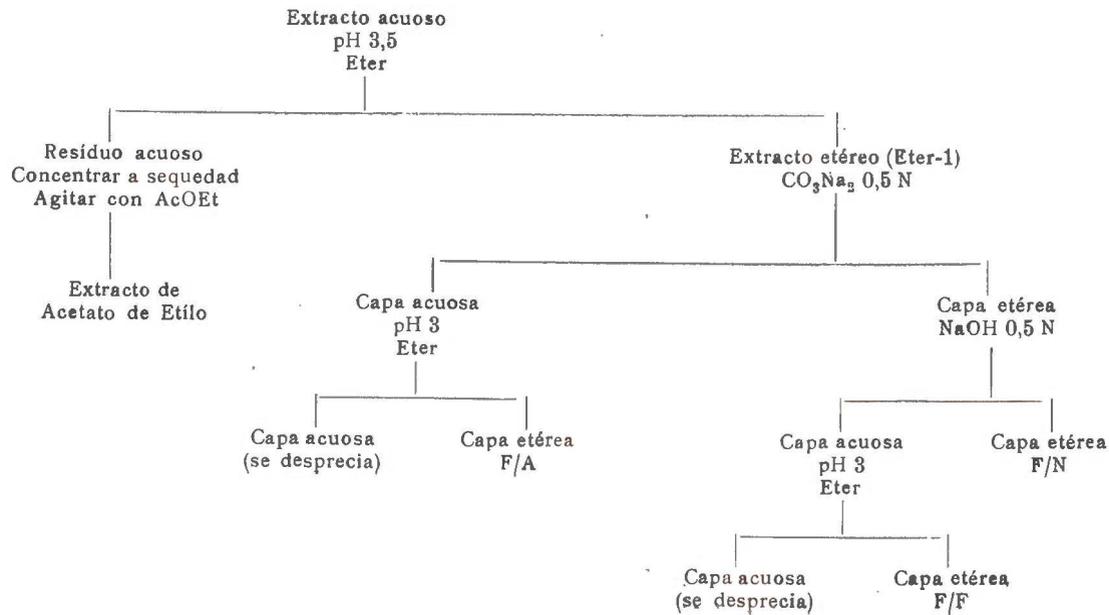
Los extractos metanólicos obtenidos se concentraron en vacío hasta la eliminación del disolvente. Los extractos acuosos se sometieron a fraccionamiento según el cuadro 1. Se obtuvieron así cuatro fracciones de cada una de las partes de la planta: fracciones ácida (F/A), fenólica (F/F), neutra (F/N) y de acetato de etilo (F/AcEt). Las fracciones de acetato de etilo se sometieron a hidrólisis ácida y alcalina para su estudio. La hidrólisis ácida se realizó con ClH 2 N a reflujo durante dos horas. La hidrólisis alcalina se llevó a cabo con NaOH 2 N en atmósfera de nitrógeno a temperatura ambiente durante cuatro horas.

El estudio de los extractos y la separación de los distintos compuestos se llevó a cabo por cromatografía mono- y bidimensional sobre papel Whatman núm. 1 y 3 MM. Los disolventes cromatográficos empleados han sido los siguientes: B, de Reio (9), BzAW (10), IAW (11) y AcH 2 por 100 (12). Para la cromatografía bidimensional se empleó preferentemente el sistema B de Reio/AcH 2 por 100. Para la detección de los compuestos fenólicos sobre el cromatograma, se emplearon los reactivos p-nitroanilina diazotada (p-NAD) y 2, 6-dicloroquinonclorimida (2, 6-D) preferentemente. La detección de los compuestos fluorescentes se llevó a cabo con una lámpara cromatolux Pleuger, que emite a una longitud de onda de 360 nm. Para el estudio de los compuestos aislados se emplearon, además de los anteriores, los reactivos 2, 4-dinitrofenilhidrazina (9), molibdato sódico (13) y tricloruro de hierro-clorhídrico (14).

La identificación de los compuestos aislados se confirmó por sus espectros de absorción U. V., realizados con los espectrofotómetros Zeiss PQM II y Pye Unicam SP 1800. Para su medida se empleó como disolvente metanol, estudiándose las desviaciones de los máximos con los reactivos NaOMe y Cl₃Al (15).

CUADRO 1

FRACCIONAMIENTO



R E S U L T A D O S

La observación cromatográfica de las distintas fracciones muestra que las F/N y F/F presentan un contenido muy bajo en compuestos fenólicos, por lo que sólo se estudian los compuestos que se encuentran en las F/A y F/AcEt.

Estudio de las fracciones ácidas

Los compuestos presentes en estas fracciones se separaron por cromatografía. El estudio de los compuestos aislados permitió identificar los siguientes: ácidos p-hidroxibenzoico, protocatéquico, vanílico, siríngico, p-cumárico, cafeico y ferúlico, y la hidroquinona, la aesculetina y la escopoletina. Además se aislaron tres compuestos, denominados B 42, B 71 y ARI, cuya identificación es dudosa. La distribución de los mismos en las distintas partes de la planta es la que se muestra en la tabla I.

Los extractos de flores y tallos son los que presentan un mayor contenido en compuestos fenólicos. Los ácidos vanílico, p-cumárico y ferúlico se encuentran solamente en las fracciones ácidas de flores y

T A B L A I

Compuestos presentes en las F/A de flores (F), hojas (H), tallos y raíces (R)

Compuestos	Flores	Hojas	Tallos	Raíces
Acido p-hidroxibenzoico	+	—	+	—
Acido vanílico	+	—	+	—
Acido siríngico	+	—	—	—
Acido protocatéquico	—	—	+	—
Acido p-cumárico	+	—	+	—
Acido cafeico	+	+	+	—
Acido ferúlico	+	—	+	—
Aesculetina	+	+	+	—
Escopoletina	—	—	—	+
Hidroquinona	—	+	—	—
B42	+	+	+	+
B71	+	+	+	—
ARI	—	—	—	+

tallos. La hidroquinona únicamente en hojas. La escopoletina se encontró en las raíces, siendo detectado en las demás partes de la planta el compuesto B 71. El compuesto ARI se encontró solamente en las raíces.

Por sus propiedades cromatográficas, cromogénicas y espectros de absorción U. V. (tablas II, III y IV), creemos que B 42 y ARI son compuestos fenólicos sencillos. B 71 presenta propiedades similares a la escopoletina y consideramos que se trata de una cumarina.

TABLA II

Datos cromatográficos de los compuestos aislados
Rf x 100. Cromatografía descendente sobre papel Whatman núm. 1

	IAW	BzAW	AcH 2 %	B de Reio	BAW
Acido p-hidroxibenzoico	20	29	64	23	86
Acido protocatéquico	7	4	51	2	87
Acido gentísico	46	17	65	12	87
Acido vanílico	16	64	55	53	89
Acido siríngico	15	62	50	75	87
Acido p-cumárico	24	32	73	30	87
Acido cafeico	8	7	63	4	82
Acido ferúlico	18	65	65	62	87
Hidroquinona	0	12	73	9	84
Aesculetina	38	1	37	20	83
Escopoletina	37	35	39	89	83
B 42	63	30	74	64	—
B 71	32	33	30	93	86
ARI	58	31	14	39	—

Estudio de las fracciones de acetato de etilo

La determinación de compuestos fenólicos en los hidrolizados ácidos y alcalinos de las fracciones de acetato de etilo, permite sugerir qué compuestos se encuentran en estado combinado.

En los resultados (tabla V) observamos que además de los compuestos detectados en las fracciones ácidas, es identificado el ácido gen-

TABLA III

Datos de fluorescencias y reacciones cromogénicas

	Fluorescencia a 366 nm		p-NAD	+ CO ₃ Na ₂	ASD	+ CO ₃ Na ₂	2,6-DCOC	+ bórax
	st	ca						
Acido p-hidroxibenzoico	—	—	Am-d	F	—	Am	—	A-d
Acido protocatéquico	—	—	M	V	—	—	—	Vr-d
Acido gentísico	A	A-b	—	—	—	—	R	R
Acido vanílico	—	—	Am	F	—	Na-d	—	A-o
Acido siríngico	—	—	Na	A	R-s	R-f	—	A
Acido p-cumárico	—	A	M-c	A	M	R-s	—	A
Acido cafeico	A	A	R	M	M-d	R	—	M-V
Acido ferúlico	A	A-f	F	A	Na	R	M	V
Hidroquinona	N	N	M	M-f	—	—	M	M
Aesculetina	A-c	A	M-o	M-c	M	M	—	M-o
Escopoletina	A-f	A-f	Am-d	G-V	V	R	—	V
B 42	—	—	Am	V	Am	C	—	A
B 71	A	A-Vr	—	—	—	—	—	—
ARI	A-c	A-Am	Am-Na	Am-Na	—	—	—	G

st=sin tratamiento; ca=con vapores de amoníaco; A=azul; Am=amarillo; F=fresa; G=gris; M=marrón; N=negro; Na=naranja; R=rosa; V=violeta; Vr=verde; b=brillante; c=claro; d=débil; f=fuerte; o=oseuro; s=salmón.

T A B L A I V

Longitudes de onda de los máximos de absorción U. V. y visible

	MeOH	KOH	NaOMe	Cl ₃ Al
Acido p-hidroxibenzoico	255	275	—	265
Acido protocatéuico	255, 290	275, 300	—	235, 280, 315
Acido gentísico	325	340	—	325
Acido vanílico	259, 290	—	275, 300	265, 295
Acido siríngico	275	—	298	280
Acido p-cumárico	255, 290-2	335	—	320
Acido cafeico	290, 320	304, 345	—	—
Acido ferúlico	295, 318	305, 340	—	330
Hidroquinona	293	277	—	293
Aesculetina	257, 296, 352	—	274, 312, 380	250i, 329, 410
Escopoletina	230, 254, 262i, 297, 345	—	216, 242, 279i, 394	231, 254, 262i, 297, 345
B 42	214, 275	—	215, 280, 300i	213, 275
B 71	260i, 295i, 345	—	255i, 280i, 390	260i, 295i, 345
ARI	256	—	267	260

i = inflexión.

tísico, lo que hace suponer que éste sólo se encuentra en estado combinado, hecho que ya había sido observado (4). Los ácidos cinámicos se encuentran preferentemente combinados como ésteres. La observación de cromatogramas bidimensionales B de Reio/AcH 2 por 100, realizados con un volumen de extractos equivalente a 2 g. de peso seco

TABLA V

Compuestos presentes en los hidrolizados de los extractos de acetato de etilo

Compuestos	Flores		Hojas		Tallos		Raíces	
	H ⁺	OH ⁻						
Acido p-hidroxibenzoico...	+	+	+	+	+	+	+	+
Acido protocatéquico.....	+	+	+	+	+	+	+	+
Acido gentísico	+	+	+	-	+	+	+	-
Acido vanílico.....	+	+	+	+	+	+	+	+
Acido siríngico.....	-	+	+	+	+	+	+	+
Acido p-cumárico.	-	-	-	+	-	+	-	-
Acido caféico	+	+	-	+	+	+	+	-
Acido ferúlico.....	-	+	-	+	-	+	-	+
Aesculetina.....	+	+	+	+	+	+	+	-
B71.....	+	-	-	-	+	-	+	-

H⁺ = Hidrólisis ácida

OH⁻ = Hidrólisis alcalina

+ = detectado

- = no detectado

de cada una de las partes de la planta, revela que los ácidos vanílico y siríngico se encuentran en mayor abundancia en las raíces que en las demás partes de la planta. También se pone de manifiesto que los compuestos detectados en las fracciones ácidas se encuentran, por otra parte, combinados.

De los compuestos identificados, solamente el ácido gentísico ha sido citado anteriormente en esta planta (7).

RESUMEN

Se estudian los compuestos fenólicos en las flores, hojas, tallos y raíces de *Erica vagans* L. Se identificaron los ácidos p-hidroxibenzoico, protocatéuico, gentísico, vanílico, síringico, p-cumárico, cafeico y ferúlico, la hidroquinona y las cumarinas-aesculetina y escopoletina.

*Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal.
Facultad de Ciencias. Santiago de Compostela.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BATE-SMITH, E. C. (1956). *Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.*, 27, 165-176.
- (2) BATE-SMITH, E. C. (1962). *J. Linn. Soc. (Bot.)*, 58, 95.
- (3) THIEME, H. y WINKLER, H. J. (1971). *Die Pharmazie*, 4, 235-243.
- (4) TOMASZEWSKI, M. (1960). *Bull. de l'Acad. Pol. des Sciences*, VIII, 61-65.
- (5) GRIFFITHS, L. A. (1959). *J. Exper. Bot.*, 10, 437-442.
- (6) HARBORNE, J. B. y WILLIAMS, CH. A. (1971). *Phytochem.*, 10, 2727-2744.
- (7) HARBORNE, J. B. y WILLIAMS, CH. A. (1973). *Bot. J. Linn. Soc.*, 66, 37-54.
- (8) VIEITEZ, E. y BALLESTER, A. (1972). *An. Inst. Bot. «A. J. Cavanilles»*, XXIX., 129-142.
- (9) REIO, L. (1958). *J. Chromat.*, 1, 338-373.
- (10) WONG, E. y TAYLOR, A. O. (1962). *J. Chromat.*, 9, 449-454.
- (11) STOWE, B. B. y THIMANN, K. V. (1954). *Arch. Biochem. Biophys.*, 51, 499-516.
- (12) RESPLANDY, A. (1955). *C. R. Ac. Sc.*, 238, 2527.
- (13) PRIDHAM, J. B. (1959). *J. Chromat.*, 2, 605-611.
- (14) CHAFETZ, L., KAY, A. I. y SCHIFTMAN, H. (1968). *J. Chromat.*, 35, 567-569.
- (15) MABRY, T. J., MARKAM, K. R. y THOMAS, H. B. (1970). *The Systematic Identification of Flavonoids*. Springer-Verlag, Berlín.

Recibido para publicación: 25-III-74

DETERMINACION DE GLUCIDOS EN PLANTAS POR FOTOCOLORIMETRIA. ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOS CLASICOS Y AUTOMATICOS

por

C. CADAHIA y M. T. PIÑERO

SUMMARY

GLUCIDS DETERMINATION IN PLANT MATERIALS BY PHOTOCOLORIMETRY. COMPARATIVE STUDY OF CLASSIC AND AUTOMATIC METHODS

The advantages and disadvantages of two colorimetric methods are studied to evaluate glucids in the sap and leaves. Nelson-Somogyi's method on the one hand and on the other Hoffman's adapted to an autoanalyzer system.

The way for the preparation of the samples and analytical procedures are recommended.

Sixty samples/hour can be assayed by an Autoanalyzer system with increased accuracy, precision and range of concentrations which follow the Beer's law.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la línea de investigación que realizamos sobre el control precoz de la calidad de los frutos, se planteó la necesidad de la determinación de glúcidos como uno de los índices de calidad que necesariamente se ha de considerar en diversos cultivos.

El presente estudio se ha realizado teniendo en cuenta una doble vertiente: por una parte la determinación de glúcidos en hojas y por otra en el jugo extraído de tejidos conductores que, convencionalmente, llamaremos savia. La utilización de los dos materiales indicados tiene por objeto obtener datos suficientes para relacionar los glúcidos de la planta con los del fruto.

Se estudiaron las ventajas e inconvenientes de diversos métodos colorimétricos existentes en la bibliografía e incluso adaptando alguno de ellos a un Sistema Autoanalizador.

Somogyi (10) y (7) emplea un reactivo mezcla de $\text{SO}_4\text{Cu}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$, CO_3HNa , Sal de Rochelle y CO_3Na_2 anhidro.

Piñero (9), después de hacer reaccionar de la forma adecuada los glúcidos con el líquido Felhing, valora el exceso de Cu^{2+} con IK y $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$.

El procedimiento Hoffman (3) consiste en la reducción de un reactivo de ferricianuro por los azúcares con la consiguiente decoloración que es proporcional a la cantidad de azúcar presente en la muestra, cumpliéndose la ley de Beer entre un amplio margen de concentraciones.

Nelson (8) y Somogyi (10) emplean como reactivo el arsenomolibdato amónico, que reacciona con el Cu^+ procedente de la reducción del Cu^{2+} por los glúcidos. Se desarrolla un color que sólo cumple la ley de Beer en un margen muy limitado de concentraciones.

Marais, Wit y Quicke (7) han realizado un examen crítico sobre el método Nelson-Somogyi, estudiando el tiempo necesario de calefacción de la muestra para la reducción del reactivo Somogyi por diferentes glúcidos. Por otra parte, los autores han comprobado que la relación de volúmenes entre el reactivo de cobre, el problema y el arsenomolibdato debe ser 1:1:1/2, aunque la cantidad del último puede elevarse en algunos casos para obtener mejores resultados.

Carles (2) oxida los glúcidos reductores con una solución cuprotartráica y resulta un óxido de cobre que se solubiliza con un reactivo fosfomolibdico. Por fin, el molibdeno reducido se valora con permanganato potásico.

Auriol y Touzé (1) determinan con un Sistema Autoanalizador 14 azúcares distintos aprovechando la formación de diferentes complejos de éstos con ácido bórico, eluyendo con soluciones tamponadas de diferente pH y concentración y desarrollando el color con una solución de orcina al 1 por 100.

En el trabajo que presentamos se han relacionado los métodos de Nelson-Somogyi (8) y (10), Hoffman manual y Hoffman autoanalizador (3). En el apartado de resultados se discuten las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos y se indican los errores analíticos correspondientes.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

S a v i a

Estabilizada la muestra de tejido conductor en un congelador a -30°C , se procede a la desproteinización según el método de Hernando y Cadahía (6).

Se toman 1 ó 2 ml. de jugo y se desproteinizan con 3 ó 6 ml. de alcohol etílico absoluto libre de glúcidos reductores.

El líquido sobrenadante después de la centrifugación, así como los:

del lavado, se llevan a 25 ml. con agua y se miden directamente en el Sistema Autoanalizador o por el procedimiento manual seleccionado. Según se demuestra en el capítulo de resultados, en la valoración global de glúcidos y en el material que se considera, no interfieren ni elementos minerales ni las fracciones orgánicas presentes en la muestra.

Si existieran azúcares no reductores en la savia, se procedería a una hidrólisis de 12,5 ml. de la solución preparada, tratados con 0,5 ml. de CIH concentrado, según se indica para las muestras de hojas, llevando la solución a 25 ml. con agua, previa neutralización.

Por otra parte, el depósito proteico obtenido se puede tratar, según se indica para las hojas, con el fin de determinar los azúcares insolubles si existieran.

H o j a s

Glúcidos solubles reductores (4) y (5).

Se introducen en un tubo de centrifuga de 25 ml., 250 mg. de muestra estabilizada, liofilizada y pulverizada. Se estabiliza a -30°C en congelador o con nitrógeno líquido. Se liofiliza en aparato Leybold tipo G. 06 utilizando los siguientes parámetros: presión de la cámara de desecación 0,02 torr, desecación sin aporte de calor, temperatura de las placas calefactoras 15°C , temperatura de congelación -40°C , tiempo de congelación dos horas.

Antes de tapar herméticamente el envase que contiene la muestra liofilizada, se deseca a vacío a 30°C durante tres o cuatro horas.

Se realizan tres extracciones consecutivas con 10 ml. de etanol de 80° y durante treinta minutos cada vez. Las dos primeras a la temperatura ambiente (agitando con varilla de vidrio de vez en cuando) y la tercera hirviendo el extractante (baño de agua) y tapando el tubo de centrifuga con papel de aluminio durante la ebullición.

Se centrifuga después de cada extracción durante quince minutos.

Se unen los líquidos sobrenadantes, se llevan a 50 ml. con agua y se miden directamente los glúcidos reductores por el método elegido.

Antes de realizar la medida es necesario eliminar la clorofila con un tratamiento de 600 mg. de carbón activo para toda la muestra y durante diez minutos, según recomienda Etter (5).

Glúcidos solubles totales (red. y no reductores) (4).

25 ml. de la solución decolorada se hidrolizan con 1 ml. de CIH concentrado en matraz de 50 ml., se tapa con papel de aluminio y se sumerge en baño de agua hirviendo durante una hora.

Se neutraliza o se lleva a ligera basicidad con NaOH 5N. Se enrasa a 50 ml. con agua y se miden los azúcares solubles totales por el método elegido.

Si fuera necesario, antes de proceder a la medida se filtrará la muestra preparada.

Glúcidos insolubles (4)

El residuo de la extracción hidroalcohólica se hidroliza en baño de agua durante una hora con 10 ml. de ClH al 15 por 100 v/v y se centrifuga durante quince minutos.

Se repite el proceso y se unen los líquidos sobrenadantes, que se llevan a ligera basicidad con NaOH al 30 por 100 (suelen ser suficientes unos 5,2 ml.).

Se enrasa a 25 ml. con agua y se filtra, si es necesario, antes de proceder a la medida.

MÉTODOS ANALÍTICOS SELECCIONADOS

Método de Nelson-Somogyi (4), (8) y (10)

Fundamento.

El Cu^{2+} en medio básico, al reaccionar con los glúcidos reductores pasa a Cu^+ , el cual produce una coloración con un reactivo de arsenomolibdato.

Reactivos.

Reactivo A de Somogyi:

1,3 g. de SO_4Cu en 100 ml. de H_2O .

Reactivo B de Somogyi:

5 g. de CO_3HNa en 70 ml. de H_2O .

4 g. de CO_3Na_2 .

3,68 g. de $\text{C}_2\text{O}_4\text{Na}_2$ en 12 ml. de H_2O .

3,2 g. de $(\text{CHOH}\cdot\text{COONa})_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 10 ml. H_2O . Completar a 100 ml.

Reactivo de Nelson:

25 g. de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ disueltos en 450 ml. de H_2O , se mezclan con 21 ml. de SO_4H_2 concentrado. Por otra parte, se disuelven

3 g. de $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 25 ml. de agua, se mezclan ambas soluciones y se introduce el reactivo en una estufa a 37°C durante cuarenta y ocho horas. Es necesario conservarle fuera de la luz en un frasco oscuro y recubierto de papel de aluminio.

Solución patrón madre:

0,1000 g. de glucosa por litro de agua destilada.

Material y aparatos.

Matraces de 10 ml.
Baño maría.
Fotocolorímetro.

Procedimiento.

Se toma, en un matraz de 10 ml., 1 ml. de la solución problema preparada de tal forma que contenga de 20 a 60 μ g. de glúcidos reductores, para lo cual se realizará previamente la dilución que corresponda. A título de ejemplo y para la determinación de glúcidos en savia de plantas de tomate, la dilución necesaria oscila de 100 a 500 veces la muestra original.

Se añade 1 ml. de la mezcla a partes iguales de los reactivos A y B.

Se introducen los matraces tapados con papel de aluminio en un baño de agua hirviendo durante veinticinco minutos.

Se enfrían en baño de hielo.

Se añade a cada matraz 1 ml. de reactivo Nelson y se enrasa a 10 ml. con agua desionizada.

Se mide el color a los cuarenta y cinco minutos a 540 nm. comparando los problemas con las soluciones patrones de 20, 30, 40, 50 y 60 μ g de glucosa disuelta en un volumen total igual al de los problemas.

Gráfica patrón.

Se diluye diez veces la solución madre antes descrita para obtener una concentración de 10 μ g/ml., que se considera como solución de trabajo.

Los puntos de la gráfica patrón se confeccionan de la forma siguiente: 2, 3, 4, 5 y 6 ml. de solución de trabajo, se llevan con agua a 6 ml., correspondiendo respectivamente a 20, 30, 40, 50 y 60 μ g. de glucosa.

A continuación se procede de igual forma que para los problemas. En la figura 1 se indica la gráfica obtenida.

Estabilidad del color.

La gráfica patrón se midió en el fotocolorímetro cada cuarto de hora y durante hora y media, a partir de quince minutos después de añadidos los reactivos.

En la figura 2 se aprecia claramente que las variaciones de color son muy pequeñas para todos los puntos de la gráfica durante los noventa minutos estudiados.

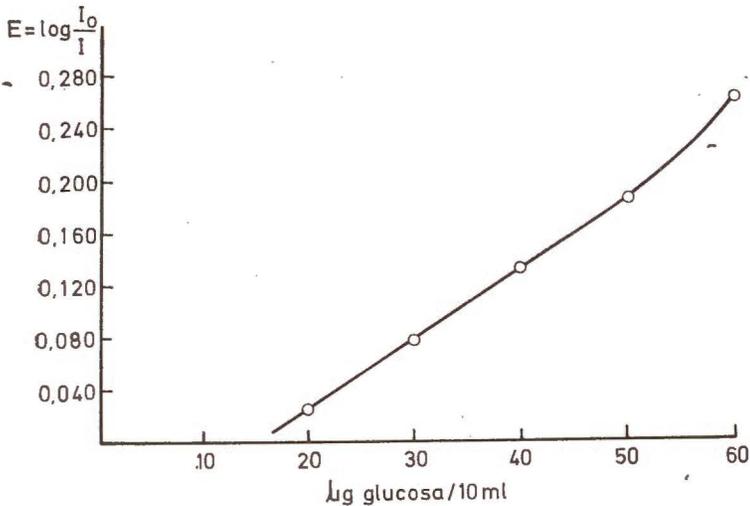


Fig. 1.—Determinación colorimétrica de glúcidos reductores. Método Nelson-Somogyi. Gráfica patrón, Fotocolorímetro Eppendorf. Cubeta; 2 cm. Filtro: 540 nm

Error analítico.

En la tabla I se expresan los coeficientes de variación. En la primera columna se indica el correspondiente método analítico propiamente dicho y en las restantes los debidos al método completo (preparación de muestras y análisis) según las diferentes fracciones del material vegetal analizado. Por otra parte, se comprobaron las posibles interferencias del método con los resultados que se expresan en las tablas II y III.

Si tenemos en cuenta el error analítico y los de manipulación en la adición de cantidades conocidas, etc., las desviaciones son aceptables

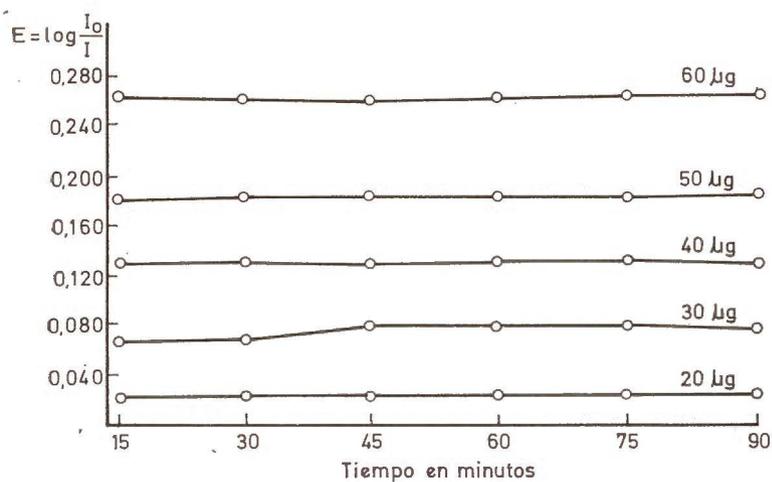


Fig. 2. —Estabilidad del color. Método Nelson-Somogyi

TABLA I

Método: Nelson-Somogyi.—Coeficientes de variación. Valores medios de cinco series de muestras diez veces repetidas.

Método analítico %	Savia (método completo) %	Hoja (método completo)		
		Solubles reductores %	Solubles totales %	Insolubles %
1,3	1,7	3,7	5,9	5,2

TABLA II

Método: Nelson-Somogyi.—Ensayo de interferencias. Savia. Valores medios de cinco repeticiones.

Muestras	Cantidad añadida	Cantidad encontrada	Desviaciones %
P ₁	0 µg	28	
P ₂	20 »	49	2,1
P ₃	30 »	59	1,7

TABLA III

Método: Nelson-Somogyi.—Ensayo de interferencias. Hojas. Valores medios de cinco repeticiones.

Muestra	Cantidad añadida	Cantidad encontrada	Desviaciones %
R ₁	0 µg	18,9 µg	
R ₂	20 »	37,9 »	2,5
R ₃	30 »	49,2 »	0,6
R ₄	40 »	57,9 »	1,7
T ₁	0 µg	25,8 µg	
T ₂	20 »	45,7 »	0,2
T ₃	30 »	54,5 »	2,3

en la muestra diluida. Sin embargo, el error real puede ser elevado debido a la dilución a que es necesario someter la muestra original, que llega a ser de 500 veces.

Método autoanalizador Technicon

Hemos puesto en marcha un procedimiento basado en el método Hoffman modificado (9), utilizado en la determinación automática de glúcidos reductores en sangre.

Hemos adaptado dicho procedimiento al análisis de glúcidos reductores en la savia y en hojas de plantas cultivadas.

El proceso realizado en el autoanalizador consiste en tomar un flujo determinado de problemas y patrones por una serie de tuberías de diámetro adecuado. Se impulsan las soluciones a un colorímetro, con una bomba peristáltica; la medida del colorímetro llega a un registrador gráfico, realizándose todo el proceso automáticamente.

Las características de la técnica que expondremos más adelante permiten la determinación de concentraciones de glúcidos de hasta 2.000 mg/l. sin realizar diluciones; esto, junto con la eliminación de errores manuales y la velocidad de análisis de 60 muestras/h., la hacen idónea para nuestro caso.

Fundamento.

Para determinar la glucosa se utiliza la reacción de óxido-reducción de ferricianuro a ferrocianuro. La solución amarilla de ferricianuro es

reducida a ferrocianuro incoloro. Por tanto, se trata de una técnica colorimétrica inversa. La densidad óptica de la solución decolorada se mide a 420 nm.

Reactivos.

Ferricianuro potásico alcalino:

$\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_3$	0,38 g.
CO_3Na_2	20 g.
H_2O destilada	hasta 1.000 ml.
Detergente Brij-35	0,5 ml.

Se filtra la solución y se almacena en frasco de vidrio topacio.

Soluciones patrones.

Solución patrón madre de glucosa:

10,000 g. de glucosa en un litro de agua desionizada, destilada y saturada con ácido benzoico.

Soluciones patrones de trabajo:

Diluir la solución madre con solución saturada de ácido benzoico en las siguientes cantidades: 0; 0,5; 1; 2; 3; 4; 4,5; 5; 10; 15 y 20 ml. llevados a 100 ml. Se obtienen así las concentraciones de 0, 50, 100, 200, 300, 400, 450, 500, 1.000, 1.500 y 2.000 ppm.

En función de la muestra a analizar pueden utilizarse dos tipos de tubería de toma de muestra de diferente diámetro, según se indica en el esquema correspondiente, con el fin de efectuar la medida de soluciones patrones entre 0 y 500 ó 0 y 2.000 ppm, aumentando o disminuyendo a voluntad la sensibilidad del método y evitando en parte los errores de dilución.

En la figura 3 se indican las gráficas obtenidas entre 0 y 500 ppm y entre 0 y 2.000 ppm.

Aparatos.

La disposición en el laboratorio del aparato utilizado se expone en la figura 4.

El montaje del sistema autoanalizador se indica en la figura 5. En ella se observa que los módulos empleados son: muestreador o distri-

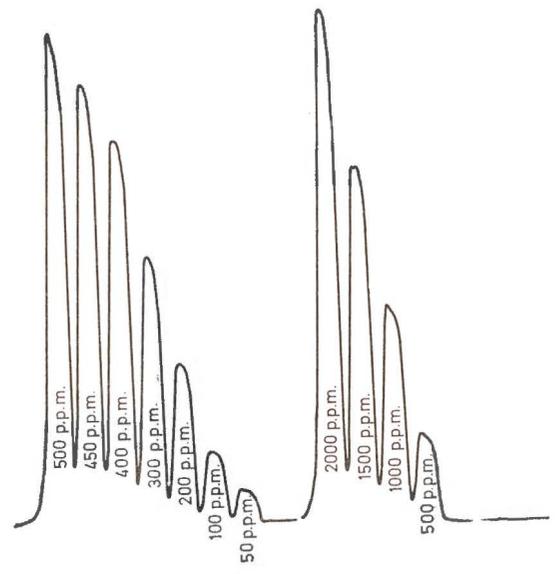
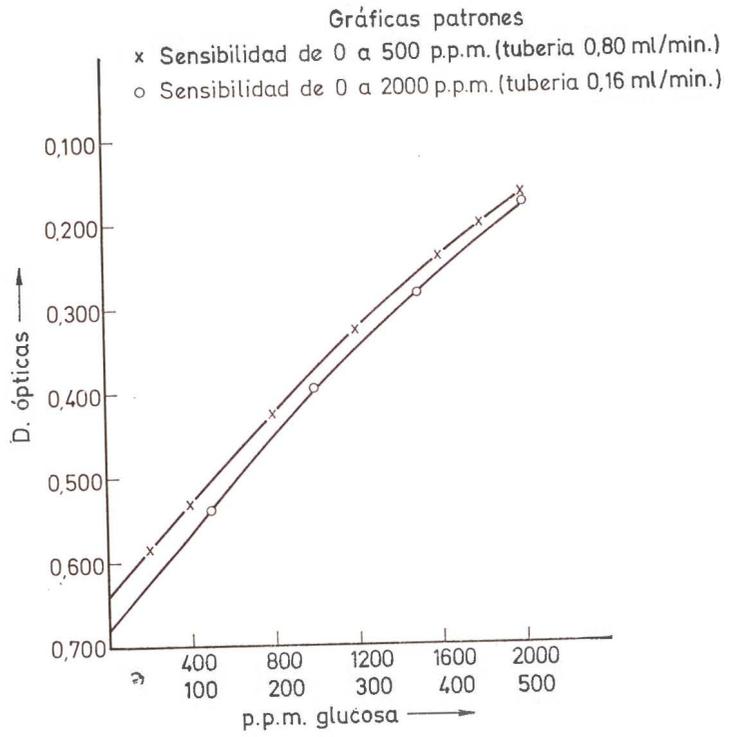


Fig. 3.— Gráficas patrones de azúcares reductores (glucosa) con sensibilidades diferentes

buidor automático de muestras, bomba proporcionadora, baño, colorímetro y registrador. La tubería 1 que succiona la muestra se une a otra 2 que transporta agua para diluir convenientemente dicha muestra; se utiliza además otra tercera tubería 3 de aire para fraccionar el flujo con el fin de facilitar la mezcla y evitar contaminaciones de una muestra a otra. El agua lleva un detergente Brij 35 en una concentración de 0,5 ml. de solución al 30 por 100/l. de agua, con el fin de facilitar el deslizamiento de líquidos por las paredes de las tuberías de plástico.



Fig 4. —Sistema autoanalizador Technicon para la determinación de glúcidos reductores

Por la tubería 4 se bombea el líquido de lavado, que es H_2O desionizada, sobre el muestreador, para que pase a continuación por el sistema entre cada dos muestras. El exceso de dicho líquido se envía al desagüe por la tubería que se indica en la figura. Por la tubería 5 se pasa el reactivo de ferricianuro y se mezcla con el aire que pasa por la 6.

El problema diluido y el reactivo se mezclan en la bobina de la figura y, a continuación, se pasan por un baño de aceite de doble circuito a $80^{\circ} C$.

Después de producirse la decoloración se pasa el problema al colorímetro, obteniéndose la señal correspondiente en el registrador.

Para arrastrar el desagüe el líquido que sale de la cubeta del colo-

rímetro (flujo continuo), se conecta la salida con la bomba peristáltica que succiona por la tubería 7 hasta el desagüe.

El líquido que llega al colorímetro lo hace junto con aire, siendo necesario eliminar éste antes de que se introduzca en la cubeta de flujo continuo, para lo que se aplica en el colorímetro el dispositivo que se indica en la figura, a fin de llevar las burbujas de aire al desagüe.

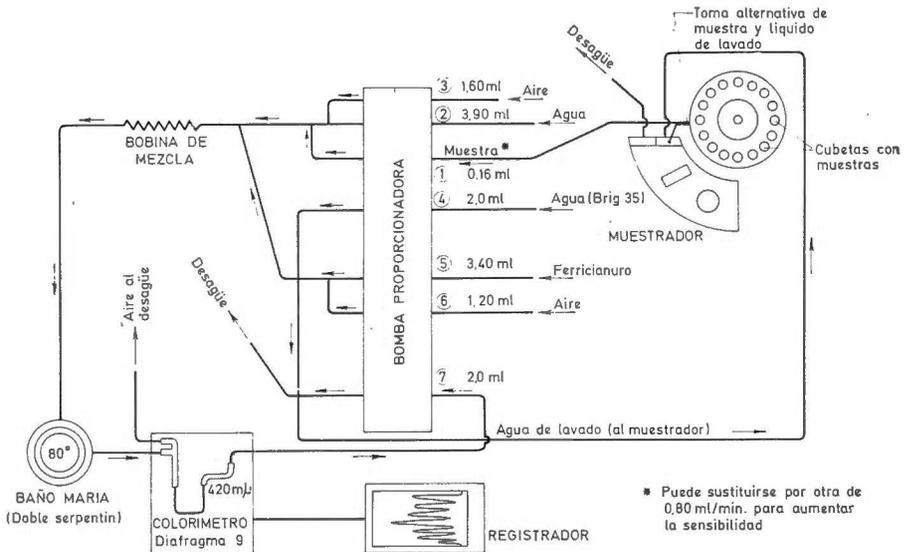


Fig. 5. — Sistema autoanalizador Technicon. Determinación de azúcares reductores en savia

El flujo que pasa por las tuberías se indica en la figura 5 referido a un minuto y el tiempo de muestreo es cuarenta segundos para la muestra y de veinte segundos para el líquido de lavado entre cada dos muestras; es decir, cada minuto se analiza una muestra, resultando la velocidad del análisis de 60 muestras/hora.

Procedimiento.

Se introducen las soluciones problema previamente neutralizadas (*), así como los distintos puntos de la gráfica patrón. Se pone en marcha el aparato que irá tomando muestras a razón de 60/hora, producién-

(*) Es necesario comprobar para cada tipo de muestra que no hay precipitaciones por el pH básico al que se desarrolla el color.

dose en el registrador los picos de los problemas cuyas alturas se relacionan con los de las soluciones patrones, según se indica en la fig. 3.

Estabilidad del color y error analítico.

El procedimiento descrito elimina completamente los errores derivados de la inestabilidad del color, puesto que todos los problemas y las soluciones patrones se miden exactamente en el mismo tiempo después de mezclados con el reactivo. Por otra parte, los errores de manipulación desaparecen prácticamente puesto que las dosificaciones y todas las operaciones de la técnica las realiza el aparato automáticamente.

En la tabla IV se indican los errores experimentales.

TABLE IV

Método: Autoanalizador.—Coeficientes de variación. Valores medios de cinco series de muestras diez veces repetidas.

Método analítico %	Savia (método completo) %	Hoja (método completo)		
		Solubles reductores %	Solubles totales %	Insolubles %
1,1	1,5	2,9	4,5	2,9

En la primera columna se indica el error del método analítico propiamente dicho y en las restantes los errores del método completo (preparación de muestra y análisis) según las diferentes fracciones del material vegetal analizado.

Por otra parte, se comprobaron las posibles interferencias del método, con los resultados obtenidos que se expresan en la tabla V.

Las desviaciones son aceptables ya que al error analítico hay que sumarle los errores de manipulación con el fin de preparar las diferentes soluciones para el ensayo de interferencias.

Por lo tanto, consideramos que no existen interferencias en el método propuesto.

ADAPTACIÓN DEL MÉTODO AUTOANALIZADOR A UN PROCESO MANUAL (9)

Teniendo en cuenta que, en laboratorios poco dotados, la utilización del autoanalizador debe resultar problemática dado el costo del aparato, adaptamos la técnica de Hoffman modificada a un proceso manual.

TABLA V

Método: Autoanalizador.—Ensayo de interferencias.

Muestras conocidas *	Cantidad conocida	Cantidad encontrada	Desviaciones %
1	1.600	1.575	1,6
2	,	1.580	1,3
3	,	1.580	1,3
4	,	1.575	1,6

Muestras savia *	Cantidad añadida	Cantidad encontrada	Desviaciones %
ST ₁	0	248	
ST ₂	54	300	0,7
ST ₃	203	433	3,9
ST ₄	255	480	4,5
SR ₁	0	249	
SR ₂	55	312	2,6
SR ₃	215	450	3,0
SR ₄	253	505	0,6

* Valores medios de cinco repeticiones.

1. Glucosa disuelta en agua (1.600 ppm).

2. Glucosa disuelta en alcohol del 75 por 100.

3. Glucosa disuelta en alcohol eliminado en rotavapor.

4. Muestra 1 conteniendo sustancias minerales y aminoácidos correspondientes a 4 ml. de savia (10 mg. de leucina, 10 mg. de NO₃K, 10 mg. de PO₄H₂K, 5 mg. de ClK, 4 mg. de SO₄Mg y 3 mg. de SO₄Na₂).ST₁ a ST₄: muestras de savia de tomate.SR₁ a SR₄: muestras de savia de remolacha.*Reactivos.*

Ferricianuro potásico: su preparación ya se indicó en el método autoanalizador Technicon.

Solución madre: 5,000 g. de glucosa/litro de solución saturada de ácido benzoico.

Material y aparatos.

Matraces de 25 ml.
Baño maría.
Fotocolorímetro.

Procedimiento.

En un matraz de 25 ml. se toma 1 ml. de la solución problema preparada que contenga de 50 a 500 ppm de glúcidos reductores, para lo cual se realiza previamente la dilución correspondiente.

Se añaden 20 ml. de reactivo de ferricianuro. Se introducen los matraces, tapados con papel de aluminio, en baño maría a ebullición durante quince minutos.

Se enfrían en baño de hielo y se enrasan a 25 ml. con H₂O destilada.

Se mide la decoloración, que es proporcional a la cantidad de azúcar reductor, utilizando un filtro de 420 nm.

Gráfica patrón.

A partir de 1, 2, 5, 6, 7, 8 y 10 ml. de la solución madre de glucosa, llevados a un volumen de 100 ml., se obtienen concentraciones de azúcar reductor de 50, 100, 250, 300, 350, 400 y 500 ppm.

A continuación se toma un ml. y se procede de igual forma que para los problemas.

En la figura 6 se indica la gráfica obtenida.

Estabilidad del color.

La gráfica patrón se midió en el fotocolorímetro cada 15 minutos y durante hora y media.

En la figura 7 se aprecia que durante setenta y cinco minutos no hay variación de color.

Error analítico.

En la tabla VI se expresan los errores experimentales. Los resultados indican que la metodología seguida da valores totalmente aceptables.

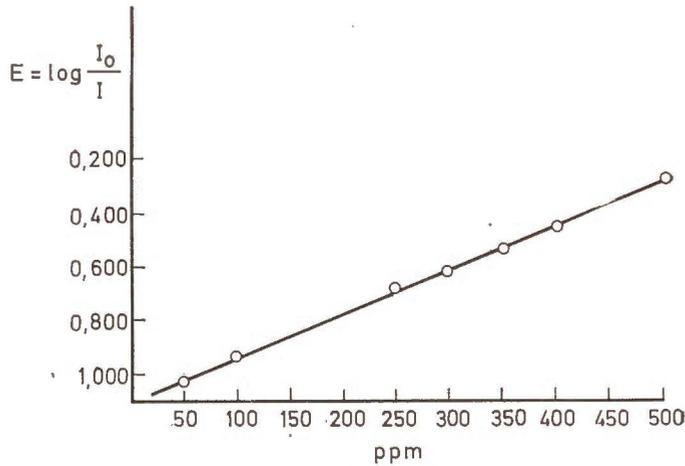


Fig. 6.—Método Hoffman. Procedimiento manual. Gráfica patrón. Fotocolorímetro Eppendorf. Cubeta: 2 cm. Filtro: 420 m μ

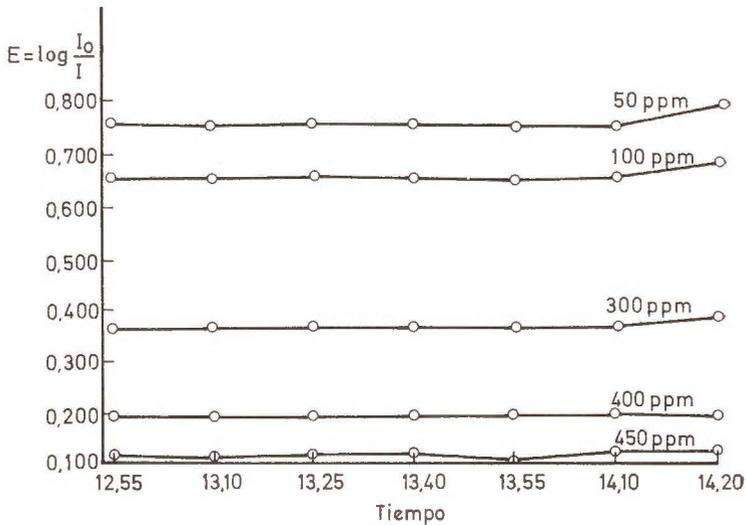


Fig. 7.—Método Hoffman. Procedimiento manual. Estabilidad del color

Interferencias.

Procediendo como en los métodos anteriores, realizamos el ensayo de interferencias con los resultados que se indican en la tabla VII.

Las desviaciones son aceptables, ya que al error analítico hay que sumarle los errores de manipulación con el fin de preparar las diferentes soluciones para el ensayo.

Por lo tanto, consideramos que no existen interferencias en el método propuesto.

TABLA VI

Método: Hoffman manual.—Coeficientes de variación. Valores medios de cinco series de muestras diez veces repetidas.

Método analítico %	Savia (método completo) %	Hoja (método completo)		
		Solubles reductores %	Solubles totales %	Insolubles %
1,5	2,4	2,9	4,9	2,9

TABLA VII

Método: Hoffman manual.—Ensayo de interferencias.

Muestra *	Cantidad añadida	Cantidad encontrada	Insolubles %
P ₁	0 ppm	60 ppm	
P ₂	50 »	112 »	1,7
P ₃	150 »	215 »	2,3
P ₄	250 »	315 »	1,6

* Valores medios de cinco repeticiones.

CONCLUSIONES

La determinación de azúcares reductores por métodos colorimétricos en savia de plantas cultivadas y en extractos de hojas, permite realizar un gran número de determinaciones en un tiempo reducido, es decir, utilizar el método, al igual que se hace con elementos minerales, en un trabajo «standard» de laboratorio.

Hemos puesto a punto la metodología más adecuada y que hemos comprobado experimentalmente para la preparación de las muestras.

Se seleccionaron dos métodos colorímetros. Por una parte, el recomendado por Nelson y Somogyi basado en el color desarrollado entre un reactivo de arsenomolibdato y el cobre reducido por los azúcares y,

por otra, el método de Hoffman modificado, en el que los azúcares decoloran un reactivo básico de ferricianuro.

El intervalo de concentraciones entre las que se cumple la ley de Beer-Lambert para el método de Nelson-Somogyi es muy reducido, por lo que es necesario realizar una dilución muy elevada con los consiguientes errores, lo que no ocurre con el método Hoffman.

Por otra parte, la fabricación del reactivo Nelson-Somogyi así como su conservación, son delicadas. Sin embargo, el reactivo de ferricianuro es más estable y fácil de preparar.

El método realizado con el Sistema Autoanalizador ofrece las ventajas de su rapidez (60 muestras/hora), exactitud, precisión e incluso la del aumento de concentraciones que cumplen la ley de Beer-Lambert al desarrollarse el color parcialmente. En laboratorios menos dotados se puede realizar el mismo método manualmente.

RESUMEN

Se estudian las ventajas e inconvenientes de dos métodos colorimétricos para la valoración de glúcidos en savia y hojas: el de Nelson-Somogyi por una parte y el de Hoffman adaptado a un Sistema Autoanalizador por otra. Se recomiendan las metodologías correspondientes a la preparación de las muestras y a los procedimientos analíticos. Se ponen de manifiesto las ventajas que representa la utilización de un Sistema Autoanalizador sobre la exactitud y precisión de los datos por una parte, sobre la rapidez del método e incluso sobre la amplitud de concentraciones que cumplen la ley de Beer-Lambert.

RÉSUMÉ

On étudie les avantages et inconvénients des deux méthodes colorimétriques pour l'analyse des sucres dans la sève et dans les feuilles, celui de Nelson-Somogyi d'une part et d'autre part celui de Hoffman adapté à un système autoanalyseur. On recommande les méthodes correspondants à l'extraction des échantillons et aux procédés analytiques.

On remarque les avantages que représente l'utilisation d'un système autoanalyseur par rapport à l'exactitude et la précision des renseignements et la vitesse de l'analyse et même les concentrations hautes comprennent la loi de Beer-Lambert.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AURIOL, P. et TOUZE, A. 1970. Sur les polyosides des parois cellulaires d'organes végétaux sains et parasités. *Physiol. Vég.* 8 (2), 263-275.
- (2) CARLES, J. 1953. Microdosage des oses. *Bull. Soc. Chimie Biologique*, XXXV, 3-4, págs. 365-367.
- (3) CASA TECHNICON, 1966. *Methodologie (glucose) (95)* Domont (París).
- (4) Dosage des sucres solubles et insolubles dans les sarments de la vigne. (Métodos utilizados en la Station Agronomique du Sudouest). Francia, 1969. Comunicación personal.

- (5) ETTER, H. M. 1972. Automated Analysis of sugars extracted from conifer seedling tissue. Bibliografía Casa Technicon.
- (6) HERNANDO, V. y CADAHIA, C. 1973. El análisis de savia como índice de fertilidad. Estudio comparativo con el análisis foliar. Manuales de Ciencia Actual (núm. 7). C. S. I. C.
- (7) MARAIS, J. P., WIT, J. L. and QUIKKE, G. V. 1966. A critical examination of the Nelson. Somogyi Method for the determination of reducing sugars. Analytical Biochemistry 15.
- (8) NELSON. 1944. J. Biol. Chem. 153, 375.
- (9) PIÑERO, M. T. 1972. Determinación colorimétrica de glúcidos en savia. Trabajo de licenciatura. Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias. Universidad Complutense. Madrid.
- (10) SOMOGYI, M. 1952. J. Biol. Chem. 195, 19.

Recibido para publicación: 29-IV-74

N O T A S

NOMBRAMIENTO DE CONSEJEROS ADJUNTOS DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

Por Consejo Ejecutivo del C. S. I. C., en su sesión del día 24 de julio, han sido nombrados Consejeros Adjuntos del Patronato «Alonso de Herrera»: D. Manuel Lachica Garrido; D. Angel Ortuño Martínez, D. Eugenio Laborda Rodríguez y D. Ramón Agenjo Cecilia.

NOMBRAMIENTO Y CESE DE VOCALES DE LA JUNTA DE GOBIERNO DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

Por acuerdo del Consejo Ejecutivo, cesa como Vocal de la Junta de Gobierno del Patronato «Alonso de Herrera» D. José García Gutiérrez, sustituyéndole en la misma, por el tercio de Personalidades representativas del Consejo Técnico Asesor, D. Manuel Lachica Garrido.

FALLO DE LOS PREMIOS «ALONSO DE HERRERA» Y «ANTONIO JOSE DE CAVANILLES»

Por acuerdo del Consejo Ejecutivo se concede a D. José Antonio Rausell Colom y a D. Vicente Fornés Seguí, el Premio «Alonso de Herrera», y a D. Miguel Angel Hoyos Guerrero el Premio «Antonio José de Cavanilles».

PROPUESTA DEL INSTITUTO DE ALIMENTACION Y PRODUCTIVIDAD ANIMAL SOBRE NOMBRA- MIENTO DE VICEDIRECTOR DEL MISMO

Se ha elevado a la Autoridad correspondiente propuesta de nombramiento del Investigador Científico D. Esteban Ocio Trueba, Doctor en Veterinaria, como Vicedirector del Instituto de Alimentación y Productividad Animal.

CONGRESOS Y REUNIONES INTERNACIONALES

Peticiones de ayuda económica para asistencia a Cursos y Congresos

Por la División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza, se han propuesto los desplazamientos del personal investigador que se menciona para asistir a las reuniones o trabajar en los Centros que se citan en cada caso. Este personal pertenece a diversos Centros del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología o Centros afines:

Don Cesáreo Sáiz Jiménez, Colaborador Científico del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, para asistir al I Congreso Internacional sobre Biodegradación, que se celebrará en Nancy (Francia), del 16 al 21 de septiembre del corriente año.

Don Francisco Gallardo Lara, Colaborador Científico de la Estación Experimental del Zaidín, para trasladarse a Italia, durante un año, con objeto de realizar trabajos de su especialidad en el Istituto di Chimica Agraria e Forestale de la Universidad de Florencia.

Don Francisco Cabrera Capitán, Becario del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, solicitando los gastos de viajes a Inglaterra, adonde se trasladará con una beca del intercambio con la Ramsay Memorial Fellowships Trust.

CREACION DE LA COMISION CONJUNTA DE INVESTIGACION AGRARIA DE LOS MINISTERIOS DE EDUCACION Y CIENCIA Y DE AGRICULTURA

En el «B. O. del Estado» núm. 245 de 12 de octubre se publicó el Decreto 2872/1974 de 3 de octubre, por el que se crea la Comisión Conjunta de Investigación Agraria de los Ministerios de Educación y Ciencia y de Agricultura. Su texto es el siguiente:

La investigación científico-técnica en el sector agrario debe y puede contribuir de modo principal a la realización de los objetivos socio-económicos señalados por la Política Nacional. El costo de aquélla, de suyo elevado, sólo puede justificarse en la medida de su contribución al bienestar de los españoles.

Sin menoscabo de la prestación obligada de las Ciencias básicas de rentabilidad mediata, pero condicionadoras del ulterior progreso científico y tecnológico, es aconsejable que el potencial investigador del país se oriente selectivamente, de forma programada y permanente, hacia aquellas cuestiones de la problemática agraria cuya resolución permita incidir favorablemente sobre la producción y calidad alimentarias y las condiciones de vida de los agricultores.

Para el cumplimiento de estas finalidades, conviene establecer un instrumento que, dotado de las competencias adecuadas, coordine las actuaciones de los Organos investigadores pertenecientes a los Ministerios de Educación y Ciencia y de Agricultura.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Educación y Ciencia y de Agricultura y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día trece de septiembre de mil novecientos setenta y cuatro,

Dispongo :

Artículo primero.—Se crea la Comisión Conjunta de Investigación Agraria de los Ministerios de Educación y Ciencia y de Agricultura para ensambalar la actividad de los Centros de Investigación de ambos Departamentos, relacionados con el sector agrario, en orden a mejorar la productividad y competitividad agrarias y la calidad de la producción y consumo.

Artículo segundo.—La Comisión Conjunta de Investigación Agraria funcionará en Pleno y en Permanente, con arreglo a la composición siguiente :

Pleno

Presidentes: Ministros de Educación y Ciencia y de Agricultura.

Vicepresidentes: Secretario general del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Presidente del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

Vocales: Seis miembros por cada uno de los dos Ministerios interesados, que se nombrarán por los respectivos Ministros mediante propuesta conjunta del C. S. I. C. y el I. N. I. A.

Permanente

Presidente: Los Vicepresidentes de la Comisión.

Vocales: Cuatro miembros de la Comisión, dos por cada Departamento, designados por los respectivos Ministros a propuesta conjunta de los Vicepresidentes de la misma.

Actuarán como Secretario de actas alternativamente el Vicesecretario de Asuntos Científicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el Secretario general del I. N. I. A.

Artículo tercero.—El Pleno de la Comisión se reunirá preceptivamente tres veces al año y, además, siempre que lo convoque la Presidencia o lo solicite razonadamente la Permanente. Será presidido alternativamente por los Ministros, quienes podrán delegar en los Subsecretarios de los respectivos Departamentos.

La Permanente de la Comisión se reunirá preceptivamente seis veces al año y, además, siempre que sea convocada por la Presidencia. Será presidida alternativamente por los Vicepresidentes de la Comisión.

Artículo cuarto.—Serán funciones de la Comisión :

a) Establecer las prioridades de la investigación científico-técnica en el sector agrario, de conformidad con las directrices de política científica acordadas por el Gobierno.

b) Coordinar la actividad investigadora de los Organismos dependientes de ambos Departamentos ministeriales y programar y decidir

la realización conjunta, por dos o más Centros de ambos Departamentos, de determinados programas de investigación.

c) Proponer la distribución de los fondos y recursos de todo orden que puedan asignarse a los Programas de Investigación conjuntos, supervisando la administración de los mismos, especificar las funciones del personal adscrito a dichos Programas y cuanto conduzca al mejor cumplimiento de los fines que en la presente disposición se establecen.

d) Proponer reformas estructurales, creación de plazas y dotación de cuantos medios y servicios se consideren convenientes para una mejor coordinación.

La Permanente se configura, a los efectos anteriores, como Organos de trabajo de la Comisión con facultad de propuesta y cuantas otras se le confieran expresamente por el Pleno.

Artículo quinto.—Por los Ministerios de Educación y Ciencia y de Agricultura, se arbitrarán anualmente los créditos para el normal funcionamiento de la Comisión y se dictarán las disposiciones necesarias para el mejor desarrollo de cuanto antecede.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a tres de octubre de mil novecientos setenta y cuatro.

FRANCISCO FRANCO

El Ministro de la Presidencia del Gobierno, *Antonio Carro Martínez*.

RESTAURACION Y ADECUACION DEL JARDIN BOTANICO DE MADRID

En el «B. O. del Estado» núm. 226, de 20 de septiembre de 1974, se publica el Decreto 2659/1974, de 9 de agosto, sobre restauración y adecuación del Jardín Botánico de Madrid. Su texto es el que a continuación se incluye:

El Jardín Botánico Nacional de Madrid, uno de los más antiguos y ricos de Europa, cuyo precedente se halla en la Cédula dada en Sevilla por Felipe II en mil quinientos sesenta y ocho, y que Carlos III fundó y estableció el veinticinco de julio de mil setecientos setenta y cuatro en el lugar donde hoy día se encuentra, precisa en la actualidad una urgente atención y cuidado que contribuya a preservar su singular belleza como ejemplar botánico excepcional y como testimonio histórico-científico de valor tan señalado. Al mismo tiempo que se procura el mejor cumplimiento de sus fines científicos, la existencia en el recinto del Pabellón Villanueva aconseja proceder a su restauración y adecuación para constituirse en el Museo Nacional Francisco de Goya. A iniciativa del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, ratificada unánimemente por el Consejo Ejecutivo, se restablece así, en cierta medida, la unidad Jardín Botánico-Museo del Prado, originariamente Museo de Historia Natural, que presidió su creación por Carlos III.

El nuevo Museo y el marco idóneo en el que se inserta formarán un conjunto abierto al uso público a los efectos de la extensión cultural que constituye objetivo primordial de la acción del Estado.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Educación y Ciencia y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día nueve de agosto de mil novecientos setenta y cuatro,

D i s p o n g o :

Artículo primero.—El Jardín Botánico será restaurado y dotado de los medios necesarios para que pueda cumplir la función que le corresponde en el desarrollo de la investigación botánica y en la difusión de esta rama de la Ciencia, así como la conservación y exhibición del tesoro artístico que por esta norma se le confía.

Artículo segundo.—A este fin, y sin menoscabo del cumplimiento de sus fines científicos, se instalará en dependencias de dicho Jardín Botánico, en el edificio proyectado por el Arquitecto Juan de Villanueva, el Museo Nacional Francisco de Goya. El Pabellón Villanueva pasará a depender directamente de la Dirección General de Bellas Artes como vinculado al Museo del Prado. Si se estima conveniente, se establecerá un sistema que permita enlazar directamente dicho Pabellón con el Museo del Prado, respetando íntegramente el paisaje y entorno característicos de tales monumentos y lugar.

Artículo tercero.—Se dotará de las instalaciones necesarias para su adecuado funcionamiento en terrenos del Jardín Botánico al Instituto de Botánica «Cavanilles», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, al que se incorporará el Departamento de Botánica aplicada «José Celestino Mutis», del Antiguo Instituto de Farmacognosia «José Celestino Mutis».

Al citado Instituto de Botánica incumben las tareas científicas del Jardín Botánico, así como la conservación del Herbario, Biblioteca y láminas de la expedición de Celestino Mutis, así como los demás elementos de investigación científica hoy existentes o que puedan establecerse.

Será responsabilidad conjunta del C. S. I. C. y de la Dirección General de Bellas Artes la preservación conveniente de las bellezas del Jardín Botánico para su adecuado uso, prestigio de la capital y cumplimiento de sus fines científicos y artísticos.

Artículo cuarto.—El recinto estará abierto al uso público general a los efectos de la extensión cultural que les es propia.

Artículo quinto.—Para mejor cumplimiento de lo dispuesto en este Decreto y para asegurar el eficaz desarrollo de su cometido botánico y científico y la conveniente conservación de sus valores históricos y artísticos, se constituye una Junta Rectora del Jardín Botánico, integrada del siguiente modo:

Presidente: El Ministro de Educación y Ciencia o persona en quien delegue.

Vicepresidentes: El Director general de Bellas Artes y el Secretario general del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Vocales: El Director del Museo del Prado, el Presidente del Patronato «Alonso de Herrera», del C. S. I. C., el Director científico del Jardín Botánico y el Conservador encargado del Pabellón Villanueva.

Actuará como Secretario el Subdirector Gerente del Museo del Prado.

Serán funciones de esta Junta Rectora establecer la necesaria coordinación entre ambos Organismos, administrar los fondos, gobernar adecuadamente el personal y especificar sus funciones, ordenar pagos y cuanto conduzca al cumplimiento de sus fines.

Artículo sexto.—Dentro de los créditos otorgados al Ministerio de Educación y Ciencia se asignarán por la Dirección General de Bellas Artes y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas los recursos necesarios para el adecuado funcionamiento y conservación del Jardín Botánico, que permitan asegurar el eficaz desarrollo de sus cometidos botánico y científico y la adecuada preservación de sus valores históricos y artísticos.

Artículo séptimo.—Por el Ministerio de Educación y Ciencia se dictarán las normas apropiadas para el desarrollo del presente Decreto.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a nueve de agosto de mil novecientos setenta y cuatro.

JUAN CARLOS DE BORBÓN
Príncipe de España

El Ministro de Educación y Ciencia,
Cruz Martínez Esteruelas

III REUNION NACIONAL DE CENTROS DE INVESTIGACION GANADERA

La celebración de la III Reunión Nacional de Centros de Investigación Ganadera ha brindado la oportunidad de organizar una mesa redonda para tratar del estado actual de las investigaciones sobre la caída del toro de lidia y para coordinar mejor los esfuerzos, en vista del interés que el público y los medios informativos vienen dedicando a este problema, de suma importancia para los criadores de reses bravas.

Como moderador de la mesa redonda, que se celebró en Córdoba el día 25 de octubre, figuró D. Gaspar Cárdenas, Director del Departamento de Patología Morfológica y Funcional de la Facultad de Veterinaria de Córdoba y Jefe de la Sección de Fisiocootecnia del Instituto de Zootecnia del C. S. I. C. Como coordinador actuó D. Diego Jordano Barea, Director del Instituto de Zootecnia y Catedrático de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Córdoba. Por la naturaleza del tema se invitó a todos los investigadores interesados, quienes pudieron participar enviando comunicaciones o interviniendo en las discusiones de las mismas.

El acto fue organizado por el Instituto de Zootecnia y la Facultad de Veterinaria de Córdoba.

TRIBUNALES

Se ha propuesto la designación de los Tribunales que han de juzgar el Concurso-Oposición de Colaboradores Científicos en las plazas y especialidades correspondientes al Patronato «Alonso de Herrera». Dichos Tribunales son los siguientes:

TRIBUNAL NÚM. 1

Especialidades: *Mineralogía de Silicatos*, Sección de Mineralogía de Pamplona (1 plaza); *Paleontología*, Instituto «Lucas Mallada» de Investigaciones Geológicas, Madrid (1 plaza); *Geología Estructural*, Instituto «Lucas Mallada» de Investigaciones Geológica, Madrid (1 plaza), y *Cristalografía*, Instituto «Jaime Almera» de Investigaciones Geológicas, Barcelona (1 plaza).

Titular

Presidente: D. Julio Rodríguez Martínez, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid y Jefe de Sección del Instituto de Edafología y Biología Vegetal.

Vocales: D. Bermudo Meléndez Meléndez, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid y Vicedirector del Instituto «Lucas Mallada»; D. José García Vicente, Profesor de Investigación con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal; D. José Linares González, Investigador Científico con destino en la Estación Experimental del Zaidín.

Secretario: D. José María Bosch Figueroa, Investigador Científico con destino en el Instituto «Jaime Almera».

Suplente

Presidente: D. Jaime Iñíguez Herrero, Catedrático de la Universidad de Navarra.

Vocales: D. Joaquín Montoriol Pous, Profesor Agregado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona y Jefe de Sección del Instituto «Jaime Almera»; D.^a Trinidad Aleixandre Campos, Investigador Científico con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal; D.^a María Sánchez Camazano, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

Secretario: D. Antonio Obrador Tuduri, Colaborador Científico con Destino en el Instituto «Jaime Almera».

TRIBUNAL NÚM. 2

Especialidades: *Clasificación y Cartografía de Suelos*, Estación Experimental del Zaidín, Granada (1 plaza); *Físico-Química de Arcillas*, Instituto de Edafología y Biología Vegetal, Madrid (1 plaza); *Física*

del Suelo, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla (1 plaza), y *Micromorfología de Suelos*, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla (1 plaza).

Titular

Presidente: D. Miguel Delgado Rodríguez, Catedrático de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada y Jefe de Sección de la Estación Experimental del Zaidín.

Vocales: D. Luis Josafat Alías Pérez, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia y Jefe de Sección del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura; D. José Antonio Rausell Colón, Profesor de Investigación con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal; D. José Martín Aranda, Profesor de Investigación con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto de Sevilla.

Secretario: D. José María Martín Pozas, Investigador Científico con destino en el Instituto «Lucas Mallada».

Suplente

Presidente: D.^a Covadonga Rodríguez Pascual, Profesor de Investigación con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal.

Vocales: D. Juan Antonio Sánchez Fernández, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura; D. Emilio Galán Huertos, Investigador Científico con destino en el Instituto «Lucas Mallada»; D. José Luis Guardiola Sáenz, Colaborador Científico con destino en la Estación Experimental del Zaidín.

Secretario: D. Silvino Cuadrado Sánchez, Colaborador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

TRIBUNAL NÚM. 3

Especialidades: *Química del Suelo*, Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife (1 plaza); *Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal*, Instituto de Edafología y Biología Vegetal, Madrid (1 plaza); *Química Agrícola*, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (1 plaza); *Fertilidad de Suelos y Fisiología Vegetal*, Departamento de Edafología de Barcelona (1 plaza); *Fisiología Vegetal*, Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia, Santiago de Compostela (1 plaza), y *Humus*, Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (1 plaza).

Titular

Presidente: D. Enrique Fernández Caldas, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la Laguna y Director del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife.

Vocales: D. Luis Jimeno Martín, Profesor de Investigación con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal; D. Antonio

Lax Muñoz, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura; D. Luis Sánchez de la Puente, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

Secretario: D. Antonio Ballester Alvarez-Pardiñas, Colaborador Científico con destino en el Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia.

Suplente

Presidente: D. Carlos Blesa Rodríguez, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Laguna y Profesor Agregado del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife.

Vocales: D.^a María Pilar Sánchez Conde, Profesor de Investigación con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal; D. Miguel Lasala Bayona, Investigador Científico con destino en el Departamento de Edafología de Barcelona; D.^a María Tarsila Berta Carballas Fernández, Investigador Científico con destino en el Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia.

Secretario: D.^a Adelina Vázquez Vázquez, Investigador Científico con destino en el Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia.

TRIBUNAL NÚM. 4

Especialidades: *Citotaxonomía Vegetal*, Instituto «Antonio José de Cavanilles» de Botánica, Madrid (1 plaza); *Química Agrícola y Fertilidad de Suelos (Practicatura)*, Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca (1 plaza); *Protección Vegetal*, Instituto de Edafología y Biología Vegetal, Madrid (1 plaza); *Protección Vegetal*, Estación Experimental de «Aula Dei» de Zaragoza (1 plaza); *Mejora de Plantas*, Misión Biológica de Galicia, Pontevedra (1 plaza), y *Biogeoquímica*, Centro Pirenaico de Biología Experimental, Jaca (Huesca) (1 plaza).

Titular

Presidente: D. Salvador Rivas Goday, Catedrático de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid y Director del Instituto «Antonio José de Cavanilles» de Botánica.

Vocales: D. Justo Domínguez Rodríguez, Profesor de Investigación con destino en la Misión Biológica de Galicia; D. José Manuel Gómez Gutiérrez, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, y D. Antonio Bello Pérez, Investigador Científico con destino en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal.

Secretario: D. Juan Puidéfábregas Tomás, Colaborador Científico con destino en el Centro Pirenaico de Biología Experimental.

Suplente

Presidente: D. Salvador Rivas Martínez, Catedrático de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid y Jefe de Departamento del Instituto «Antonio José de Cavanilles» de Botánica.

Vocales: D. Benito Sánchez Rodríguez, Investigador Científico con destino en la Misión Biológica de Galicia; D.^a Luisa Prat Pérez, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, y D. Luis Heras Cobo, Investigador Científico con destino en la Estación Experimental de Aula Dei.

Secretario: D.^a María Dolores Romero Duque, Colaborador Científico con destino en el Instituto Español de Entomología.

TRIBUNAL NÚM. 5

Especialidades: *Desarrollo Regional*, Instituto de Geografía Aplicada, Madrid (1 plaza); *Economía Agraria*, Estación Agrícola Experimental de León (1 plaza); *Economía Agraria*, Departamento de Economía Agraria, Madrid (1 plaza), e *Industrias Agrícolas*, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia (1 plaza).

Titular

Presidente: D. José Manuel Casas Torres, Catedrático de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Madrid y Director del Instituto de Geografía Aplicada.

Vocales: D. Andrés Suárez, Catedrático de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León y Director de la Estación Agrícola Experimental de León; D. Pedro Francisco Sobrino Igualador, Profesor de Investigación con destino en el Departamento de Economía Agraria, y D. Ginés Guzmán Giménez, Profesor de Investigación con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.

Secretario: D. Longinos Jiménez Díaz, Investigador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

Suplente

Presidente: D. Joaquín Bosque Maurell, Catedrático de la Universidad de Granada y Profesor Agregado de la Estación Experimental del Zaidín.

Vocales: D.^a María del Carmen Mantero García-Lorenzana, Profesor Adjunto de la Universidad de Madrid; D. Germán Valcárcel Resalt-Portillo, Investigador Científico con destino en el Departamento de Economía Agraria, y D. José Laencina Sánchez, Colaborador Científico con destino en el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.

Secretario: D. Venancio Bote Gómez, Colaborador Científico con destino en el Departamento de Economía Agraria.

TRIBUNAL NÚM. 6

Especialidades: *Parasitología de Rumiantes*, Estación Agrícola Experimental de León (1 plaza); *Nutrición de Aves*, Instituto de Alimentación y Productividad Animal, Madrid (1 plaza); *Nutrición de Cerdos*, Instituto de Alimentación y Productividad Animal, Madrid (1 plaza); *Fisiología Animal: Nutrición Animal*, Estación Experimental del Zaidín, Granada (1 plaza), y *Entomología Sistemática y Ecológica*, Instituto Español de Entomología, Madrid (1 plaza).

Titular

Presidente: D. Miguel Cordero del Campillo, Catedrático de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León y Jefe de Sección de la Estación Agrícola Experimental de León.

Vocales: D. Joaquín Templado Castaño, Profesor de Investigación con destino en el Instituto Español de Entomología; D. Miguel Montoliva Hernández, Profesor de Investigación con destino en el Instituto «López-Neyra», y D. Esteban Ocio Trueba, Investigador Científico con destino en el Instituto de Alimentación y Productividad Animal.

Secretario: D. Juristo Fonollá de Cuevas, Investigador Científico con destino en la Estación Experimental del Zaidín.

Suplente

Presidente: D. Eduardo Zorita Tomillo, Catedrático de la Facultad de Veterinaria de León y Vicedirector de la Estación Agrícola Experimental de León.

Vocales: D.^a Dolores Selga Serra, Profesor de Investigación con destino en el Instituto Español de Entomología; D. Diego Carlos Benítez, Investigador Científico con destino en el Instituto «López-Neyra», y D. Rafael Viñarás García, Investigador Científico con destino en el Instituto de Alimentación y Productividad Animal.

Secretario: D.^a María del Pilar Alvarez Pellitero, Colaborador Científico con destino en la Estación Agrícola Experimental de León.

CLAUSURA DEL XI CURSO INTERNACIONAL
DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA VEGETAL

El día 24 de julio se celebró, en la Estación Experimental del Zaidín, en Granada, el acto de clausura del XI Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal, que se viene celebrando durante once años consecutivos bajo el patrocinio de la UNESCO, Organización de Estados Americanos, Instituto de Cultura Hispánica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidad de Granada.

El acto fue presidido por el Vicerrector de la Universidad, Profesor Montoya; Director de la Estación, Profesor Recalde; Vicedecano

de la Facultad de Farmacia, Profesor Delegado, y Coordinador del Curso, Profesor Lachica.

Les fue entregado el correspondiente diploma a los siguientes becarios: Srta. María Estrella Báez Contreras (Chile), D. C. Reynaldo Tremiño Chavarría (Nicaragua), D. Benedicto Nolasco (El Salvador), D. Víctor A. Córdova Linares (Venezuela), D. Diego R. González Eguarte (Méjico) y D. Carlos A. Pastor (Argentina), y a los españoles Srtas. Campos Aranda y Rueda Mazas y Sres. Ocampo Bote, De la Torre Casas, Puy Muñoz y Palomares Díaz.

7TH INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS

El Congreso citado ha tenido lugar en Hannover, del 1 al 7 de septiembre, y al mismo ha asistido el Profesor D. Valentín Hernando Fernández, que ha presentado, de su asistencia, el informe siguiente:

Los Centros visitados han sido: el Institut F. Pflanzenernährung Technische Universität de Munich. Freising-Weihenstephan, realmente existen allí tres Institutos dentro de líneas afines, la Dirección de los cuales la lleva el Profesor Doctor Amberger, si bien su Instituto está dedicado especialmente a los problemas de Nutrición Vegetal con énfasis marcado en los oligoelementos y en el análisis de componentes orgánicos de las plantas desde el punto de vista del control de calidad. Algunas de las técnicas que se utilizan nos parecieron muy interesantes, así como las líneas de trabajo relacionadas con la calidad de los productos que con la cosecha cada día van teniendo más importancia.

El Profesor Amberger nos ofreció la posibilidad de que algún colaborador nuestro se trasladara a trabajar bajo su dirección en estos problemas, en un futuro próximo.

Visitamos también, aunque muy rápidamente, ya que no estuvimos más que día y medio, el Instituto de Suelos. Aparte de la buena organización no encontramos en este Instituto nada digno de destacar, aunque allí se estudian todos los problemas relacionados con el suelo, pero quizá una visita excesivamente rápida, menos de tres horas, no permitió poder conversar detenidamente con los Investigadores que allí trabajaban, máxime que coincidimos con dos Investigadores canadienses que estaban más interesados en lo referente al control de pesticidas en el suelo, aspecto en el que parece que dicho Instituto tiene un interés muy marcado en sus trabajos.

De allí nos trasladamos a Göttingen, donde visitamos el Institut für Agrikulturchemie, que dirige el Profesor Welte.

El Profesor Welte está hoy día especialmente interesado en los problemas de la contaminación de los ríos y polución.

En este sentido viene realizando un trabajo sistemático en las cuencas de los ríos de la zona, especialmente el Wise, habiendo conseguido atraer la atención de las autoridades que le facilitan medios económicos para sus investigaciones en este campo. Fue una sorpresa para nosotros, ya

que no conocíamos esta faceta de las investigaciones de este Profesor, a pesar de que manteníamos contacto con él desde hace varios años.

La información que recogimos en este campo suponemos puede ser muy interesante para el Jefe de la Sección de Contaminación y Depuración del Agua, Doctor Catalán, por lo que le transmitiremos la información recogida.

En otros aspectos, tomamos contacto con el Investigador Doctor Müller, que está realizando determinaciones de aminoácidos, vitaminas y sustancias características en frutos y plantas y que se ofreció a colaborar con nosotros en algunos de los trabajos que sobre calidad de frutos venimos haciendo en dos aspectos: uno en ofrecerse a formarnos allí un especialista y él, por otra parte, colaborar en nuestros trabajos realizando la parte bioquímica de los mismos.

Tuvimos también ocasión de recorrer la zona para observar la rotación de cultivos en compañía del Profesor Welte, así como los campos de experiencias de fertilización que realiza el Instituto. Por estar de vacaciones en esas fechas el Jefe del Departamento de Fertilizantes, Profesor E. Timmerman, fue el propio Profesor Doctor Welte el que nos acompañó en nuestra visita.

Los campos de experiencias que tienen ubicados en distintos puntos característicos de esta zona, según nos explicaron, se alquilan a los agricultores durante un número de años, aproximadamente diez, y durante ellos el Instituto realiza los experimentos que considera convenientes con sus propios medios e independiente del agricultor. Esto permite realizar toda clase de experimentaciones y en zonas con características muy diversas abarcando toda la problemática de la región. Por otra parte tiene el inconveniente que no se pueden hacer experimentos de larga duración, pero éstos están cubiertos por los campos que tiene el Instituto en su misma ubicación, así como también por los invernaderos dedicados casi exclusivamente a problemas de fertilización.

También están trabajando en este Instituto en problemas relacionados con la conservación de la patata, especialmente una vez frita (a la inglesa). En este sentido cuenta con una ayuda de los fabricantes de patatas fritas para el desarrollo de sus investigaciones.

Estas son, en suma, las cuatro líneas de investigación principales que se realizan en este Instituto. Juzgamos muy interesante la posibilidad de una visita más detallada, ya que sólo tuvimos dos días para realizarla. En este sentido el Profesor Welte nos ofreció la posibilidad de una invitación oficial por cuenta del Gobierno alemán de siete a diez días con el fin de conocer con más detalle todas las investigaciones que realizan y en especial aquéllas relacionadas con fertilizantes.

De allí nos trasladamos a Volkenrode con el Profesor Flaig, donde visitamos el Instituto que él dirige directamente, Bioquímica de Sueños y el de Isótopos, en los cuales está trabajando la Doctora Galvano, colaboradora de nuestro Departamento.

El aspecto principal de la visita fue discutir sobre el terreno los aspectos de la investigación que dicha Doctora está realizando sobre la acción de N-lignina en el desarrollo de los cultivos y además impartir una conferencia sobre las investigaciones que en nuestro Departamento

se realizan sobre el análisis de savia. La conferencia fue motivo de un interesante coloquio, principalmente con Investigadores visitantes, interesados en los problemas de Salinidad de Suelos, uno de los aspectos que tratamos de forma especial en la conferencia.

El día primero de septiembre nos trasladamos de allí a Hannover para participar en el Coloquio Internacional de Análisis de Plantas y Problemas de Fertilizantes, que en principio aludimos.

Este Coloquio ha resultado enormemente interesante y de una gran altura científica. Ha estado muy bien organizado y quizá el único inconveniente ha sido la gran densidad del mismo, ya que desde las ocho de la mañana hasta prácticamente las siete de la tarde hemos estado reunidos en la presentación de trabajos, con la excepción de las visitas a Centros de Investigación que se han intercalado durante las sesiones de la semana.

Al empezar las exposiciones todos los participantes teníamos copia de los abstracts de la sesión, así como separatas de nuestro propio trabajo, que ha permitido intercambiar información escrita.

En el Coloquio participaron especialistas de todas las partes del mundo, y con una numerosa participación de Rusia.

La Profesora Tserling, del Instituto de Suelos de Docuchaev, presentó una comunicación resumiendo los principales resultados de las investigaciones en las principales cosechas agrícolas en varias zonas naturales de la Unión Soviética.

En la segunda sesión prácticamente todos los trabajos estuvieron relacionados con el P, que sigue siendo un elemento al que se le da por su complejidad una especial atención.

La tercera sesión estuvo especialmente relacionada con problemas de Na y salinidad.

La cuarta, tuvo un énfasis especial sobre los problemas nutricionales del Fe.

La sesión quinta estuvo especialmente dedicada a los problemas de la nutrición nitrogenada, níttrica y la determinación de la actividad del nitrato reductasa.

La sexta, estuvo dedicada a representaciones matemáticas de modelos de procesos de crecimiento de plantas, empleo de computadores, etcétera.

La séptima fue quizá la más diversificada, pues trató de la actividad hormonal, asimilación de CO_2 , variaciones diurnas de composición química de las plantas y la actividad del K en plantas en relación con la acumulación de ácidos orgánicos.

La sesión octava estuvo dedicada a elementos pesados y se presentó también un trabajo muy interesante sobre la influencia de los virus en la composición química de las plantas.

La sesión novena se dedicó a diagnóstico y evolución, es decir, se entró de lleno en el tema básico del coloquio. En esta sesión presentamos nuestra comunicación en colaboración con el Doctor Cadahía: *Diagnosis of the evolution of mineral nutrition in plants using sap analysis.*

La comunicación fue seguida con una serie de intervenciones preguntando detalles sobre el trabajo que sólo fueron interrumpidos por

el límite de tiempo, por lo que después de la sesión tuvimos que atender a varios participantes que nos preguntaron detalles específicos y que se interesaron por recibir más información posteriormente.

En esta sesión, presentó también su comunicación la Doctora Parra, en colaboración con los Doctores Hernansáez y Ortuño.

La sesión décima estuvo dedicada a la relación entre producción y concentración de nutrientes. Por la tarde se visitó el «Büntehof Agricultural Research Station» de la Kali-Chemie A. G., que nosotros conocíamos de una visita anterior. Está dedicada, con un buen equipo de investigadores y abundancia de medios, a los estudios de fertilización, especialmente la relación al K.

El martes, 3 de septiembre, se hizo una excursión en la que tuvimos ocasión de visitar el Instituto de Producción Vegetal, donde destacamos para nosotros los trabajos que realizan con fresón y manzana.

Durante el Congreso tuvimos ocasión de cambiar impresiones con especialistas de distintos países, algunos los conocíamos ya, y otros los hemos conocido en esta reunión, entre ellos el Profesor S. P. Burchuldze, del Instituto de Ciencia del Suelo y Agroquímica y Reclamación de Georgia (Rusia), quien nos dijo que la técnica que usan ellos para la determinación del fósforo en su Instituto es la que nosotros publicamos hace años con el Profesor Burriel.

Tuvimos ocasión de cambiar impresiones, entre otros, con los Doctores Malavolta, Mitchel, Bould, Kafkafi, Bar-Akiva, Kastori, Amberger, Visser, Jungk, Mengel, Samish y Whermann, Presidente y Secretario, respectivamente, del Coloquio.

El próximo Congreso tendrá lugar, en principio, en Nueva Zelanda, dentro de cuatro años. En caso que no pudiera ser por alguna circunstancia, el Profesor Malavolta propuso Brasil, y entonces el Congreso se celebraría posiblemente en febrero o marzo.

X CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA DEL SUELO

La Memoria de este Congreso, que se ha celebrado en Moscú, del 12 al 20 de agosto, así como de la excursión realizada, desde el 21 al 30 del mismo mes, por las repúblicas de Karelia y Komi, la ha facilitado el Profesor D. Angel Hoyos de Castro, que asistió al mismo en representación del C. S. I. C.

El X Congreso Internacional de Ciencia del Suelo, organizado por la Asociación Internacional de Ciencia del Suelo, tuvo lugar en Moscú del 12 al 20 de agosto.

Existen distintos aspectos que resaltar en este Congreso, y para mayor facilidad de comprensión los dividiremos en apartados.

Asistencia

El número de participantes que figura en la lista indicada es de 2.096, repartido entre 46 naciones. Como se ve es ya un congreso multitudinario. Es de destacar el hecho de que Rusia participaba con 1.360

y la afluencia, muy considerable, de investigadores de países del Este; salvo Rumanía, los demás estuvieron extraordinariamente representados como lo indican las cifras siguientes: Bulgaria, 41; Checoslovaquia, 40; Alemania Democrática, 27; Hungría, 54; Polonia, 92; Yugoslavia, 52. De los países occidentales los más numerosos fueron Estados Unidos con 68; Japón, 59; Australia, 53 y Alemania Federal, 46, no superando la cifra de 30 ningún otro país. Comparando ambos números resultan un tanto desproporcionados con la densidad de investigación edafológica. La proximidad y un mejor cambio puede explicar este hecho.

Por parte de España, aparte del que suscribe asistieron Delgado de Granada, Carballas de Santiago, como representante del C. S. I. C. También asistieron Roquero, Ontañón, Grande Cobián, Lázaro, Bardají, Cruz y otros ingenieros agrónomos.

Trabajos presentados

Funcionaron las siete comisiones de la Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo. El número de trabajos presentados fue de 319, de los cuales 97 correspondieron a Rusia y 62 a países del Este. Es posible que el hecho de que los trabajos hubiera que enviarlos con dos años de anticipación a la celebración del Congreso haya restringido el número: eso sucedió con los investigadores españoles, que sólo presentaron dos trabajos, uno del señor Carpena, que leyó el que suscribe por no haber podido asistir el Secretario General del C. S. I. C., y otro del señor Roquero.

Los trabajos se repartieron del siguiente modo: Física del suelo, 51; Biología del suelo, 27; Fertilidad, 55; Génesis, clasificación y cartografía, 87; Tecnología, 32, y Mineralogía, 22. En estos números es de notar la gran cantidad de trabajos en la Comisión V, Génesis y, en cambio, el pequeño número en la Comisión VII, Mineralogía. Esto último es debido a la existencia de Conferencias internacionales de Mineralogía de arcillas que absorben la mayor parte de los trabajos que pudieran ir a esta reunión. Por otra parte, trabajos que se relacionan con Mineralogía de suelos tienen cabida y preferencia en la Comisión V.

Aparte del trabajo de las Comisiones, se celebraron seis simposios en los que también se presentaban comunicaciones. Los nombres de dichos simposios y el número de comunicaciones presentadas, fueron: Mapa edafológico del mundo, con una exposición magistral del doctor Dudal y un total de 18 comunicaciones; El nitrógeno en la formación de suelos y en la agricultura, 22; Los sistemas antierosivos en la agricultura y la protección de los suelos contra la erosión, 15; El progreso científico y técnico y la utilización racional de los suelos, 19; La modificación de los suelos bajo la influencia de la mejora, 11; Micromorfología de suelos, 11.

Realización del Congreso

La apertura tuvo lugar en la Sala de Conciertos del Estado con una afluencia masiva, de al menos 2.000 personas, asistencia de altos

dignatarios de la U. R. S. S. y discurso inaugural del presidente doctor Kovda. De acuerdo con las prescripciones de la Sociedad se estableció para este Congreso como idioma de trabajo, además de los tres oficiales, el ruso, ya que establecieron traducción simultánea con los otros idiomas. La traducción no fue más que regular.

El resto de las sesiones se celebraban en la Universidad de Moscú, excepto las comisiones II y VII, que se reunían en el Instituto de Edafología, instalado en el mismo Campus, pero a cierta distancia. La asistencia a las sesiones fue amplia, si bien las salas, exceptuando la de la Comisión V, eran relativamente pequeñas, como para unas 80 personas.

El horario de trabajo era de nueve a dos y de cuatro a seis y media, pudiendo comer en algún buffet de la Universidad. El transporte de los hoteles a la Universidad y viceversa estaba asegurado con frecuencia adecuada.

La sesión de clausura se realizó en la sala de Conciertos y tuvo amplio relieve con participación de representantes de algunos países. Se nombró a los miembros honorarios, se estableció el lugar del nuevo Congreso, se nombraron Secretario general y adjunto, y los miembros de las Comisiones para el próximo Congreso.

El acto revistió gran solemnidad y asistió numeroso público.

Reuniones del Consejo

Como representante de España asistí a dos reuniones del Consejo de la Asociación Internacional de Ciencia del Suelo, donde se decidieron una serie de cuestiones. Entre las más importantes figuran las siguientes:

Miembros de honor

Se presentaron 10 candidaturas. A pesar de que según los reglamentos sólo se podrían nombrar cuatro, teniendo en cuenta que el tiempo transcurrido entre este Congreso y el anterior fue de seis años, se adoptó el acuerdo de nombrar seis, que fueron: Doctora Kononova, Rusia; Doctor Scheffer, Alemania occidental; Doctor Jacks, Gran Bretaña; Doctor Ondin, Francia; Doctor Bradfield, Estados Unidos, y Doctor Kellog, Estados Unidos.

Próximo Congreso

Se presentaron las invitaciones de Canadá y con posterioridad la de la India, que indicaba necesitaría seis años para prepararlo. Teniendo en cuenta que se debe mantener el intervalo de cuatro años y la prioridad en la presentación de Canadá se acordó que el próximo Congreso, en 1978, se celebrase en Canadá, en Edmonton, nombrando Presidente al Doctor Bentley. Al mismo tiempo se acordó recomendar al próximo Congreso que aceptase la invitación para realizar el siguiente en la India, no antes de octubre de 1980 y no más tarde de 1981. Esta decisión es sólo recomendación y coarta un poco la libertad del próximo Congreso para decidir la localización y fecha del siguiente,

aparte de que quiebra el intervalo de cuatro años establecido de una manera general.

Secretario general

Ante la renuncia del Doctor van Baren, que no pudo asistir por razones de salud, se acordó el nombramiento del Doctor Dudal, con aquiescencia de la F. A. O., organismo al que pertenece, como Secretario general. También se nombró al Doctor Szabolcs, Hungría, como Secretario general adjunto.

El Doctor Dudal se hará cargo de la Secretaría a principios del año 1975, y mientras tanto se deben seguir enviando las cosas al Doctor van Baren.

Cargos para el próximo Congreso

A propuesta del Comité de nominación se acordaron los siguientes cargos para las Comisiones en el próximo Congreso:

Comisión I. Física del Suelo.

Presidente: Doctor Boodt (Bélgica).

Vicepresidentes: Doctor Nerquin (Rusia) y Doctor Nielsen (Estados Unidos).

Comisión II. Química del Suelo.

Presidente: Doctor Flaig (Alemania occidental).

Vicepresidentes: Doctor Orlon (Rusia) y Doctor Hanna (Irak).

Comisión III. Biología del Suelo.

Presidente: Doctor Muller (Alemania oriental).

Vicepresidentes: Doctor Balicke (Polonia) y Doctor Lee (Australia).

Comisión IV. Fertilidad.

Presidente: Doctor Hera (Rumanía).

Vicepresidentes: Doctor Hoyos (España) y Doctor Gupta (India).

Comisión V. Génesis, clasificación y cartografía del suelo.

Presidente: Doctor Ciric (Yugoslavia).

Vicepresidentes: Doctor Obeng (Ghana) y Doctor Dewan (India).

Comisión VI. Tecnología de suelos.

Presidente: Doctor Egorov (Rusia).

Vicepresidentes: Doctor Schilgarde (Estados Unidos) y Doctor Holmes (Australia).

Comisión VII. *Mineralogía de suelos.*

Presidente: Doctor Pavel (Checoslovaquia).

Vicepresidentes: Doctor Schvertmann (Alemania occidental) y Doctor Segalen (Francia).

Reuniones intermedias

Se acordaron las siguientes reuniones intercongresos:

Comisión. V. *Clasificación y laboreo de suelos tropicales.*

Malasia 1976.

Comisión III. *La materia orgánica como componente de ecosistemas*

Suecia 1976.

Comisiones II, IV, VII. *Agrochemicals in Soils.*

Israel 1976.

Comisión IV. *Soil environment and fertility in intensive agriculture*

Japón 1977.

Comisión I y VI. *Swelling soils (irrigation).*

Checoslovaquia 1976.

Comisión I. *Amendements for soil conditioners.*

Australia 1975.

Subcomisión de suelos salinos. *Utilización de agua salina para riegos.*

Texas 1976.

Comisiones IV, V, VI. *Estudio de suelos tropicales.*

Ghana 1975.

Otros acuerdos

Se estableció una Comisión de finanzas y en principio no se aceptó una subida de cuota pese a las razones que se esgrimieron.

Se estableció una Comisión de reglas que propondrán la reforma de algunos artículos del reglamento de la Sociedad. Las modificaciones aparecerán en el Boletín de la Sociedad y las Sociedades nacionales podrán emitir sus informes. Se tendrán que aprobar en el próximo Congreso.

Se propuso la creación de nuevas subcomisiones. Una de Soil Pollution, afecta a la Comisión VI, y otra en la V, de Remote sensing soil survey. Después de gran discusión se pensó que sería mejor por ahora constituir grupos de trabajo en vez de subcomisiones. Kovda indica

que se debiera hacer un grupo de trabajo permanente sobre deterioración del suelo.

Juicio del Congreso

El Congreso se desarrolló de acuerdo con el programa. Resulta ya excesivamente grande y es difícil asistir a todas las reuniones que pueden interesar, por coincidir a veces la exposición de trabajos interesantes.

La calidad de los trabajos es muy variable, pues mientras algunos fueron muy buenos, otros dejaban bastante que desear. La participación rusa fue masiva, pero se notaba impuesta y muchos trabajos tenían poco valor. Por otra parte, la traducción simultánea fue regular, y a veces era difícil comprender los trabajos presentados en ruso.

La Comisión I presentó trabajos importantes y los Simposios fueron en general buenos.

Hubo bastantes reuniones conjuntas de comisiones.

Sería interesante que al próximo Congreso asistieran españoles de las distintas Comisiones que pudieran acudir a cada una de ellas, repartiéndose un poco la labor.

Se cumplió uno de los objetivos del Congreso, el de relación con personas de otros países, y se consiguió la representación de España en una vicepresidencia para el próximo Congreso.

Excursión post-Congreso

Tres representantes españoles, Sr. Delgado, Srta. Carballas, y el que suscribe, fueron a la excursión número tres, que comprendía el territorio de la taiga, con visitas en las repúblicas de Karelia y Komi.

En la primera se vieron el primer día 4 perfiles podsólicos de pequeño desarrollo bajo bosque de taiga. Dos de ellos bastante análogos, los denominaban los rusos podsoles superficiales, suelos bastante arenosos y con un desarrollo del horizonte A_2 de muy poco espesor. En la guía de la excursión se dan los detalles morfológicos y analíticos de los perfiles, algunos de ellos no demasiado concordantes. Había una exposición en ruso por parte de varias personas (en general mujeres) y luego una discusión. En el caso que comentamos la idea general es que no se podrán considerar como podsoles y el representante americano los consideraba entisoles.

El tercer perfil si se puede considerar como un podsol húmico bajo turba y con gleización y el cuarto era un perfil complicado que se consideraba más como un suelo policíclico.

Otro día se vieron dos perfiles cultivados bajo turba. Existen grandes extensiones de turberas en las depresiones y tras una deforestación se han puesto en cultivo con un gasto muy grande (unas 100.000 pesetas por Ha.), pero al parecer con buenos resultados. Los perfiles, muy cercanos, eran sensiblemente análogos y el mejoramiento alcanza hasta unos 40 cm. Utilizan una rotación de seis años en la cual hay alternancia de pastos, cereales y patatas, con distintas adiciones de fertilizantes.

El tercer día de Karelia se hizo una excursión a través del lago Onega, hasta la isla de Kizhy, donde se vio un suelo curioso, cultivado, sobre una roca especial, schungite, que le da unas características especiales, muy diferentes de las de los otros suelos vistos.

La excursión se desarrolló después en la república de Komi, también en una zona forestal de taiga, haciendo centro de partida en Syktivkar, en el paralelo 62°, con una temperatura media anual de 0,4° C, en la Siberia occidental. A pesar de ello el tiempo fue bastante bueno. Se vieron 4 perfiles bastante análogos y que correspondían a suelos más o menos podsolizados.

A la excursión fueron unas 50 personas, por lo cual el reconocimiento de perfiles y las discusiones pudieron llevarse a cabo con comodidad y aprovechamiento.

La organización fue buena y había traducción oral a los distintos idiomas.

En Leningrado, donde se estuvieron dos días, tuvimos ocasión de visitar el museo Dokuchaev, donde hay una colección magnífica de monolitos de suelos (mejor que la del museo Williams, que visitamos en Moscú) y muy bien presentada.

En su conjunto la excursión fue interesante y demostrativa, tanto en lo que se refiere a organización como a los suelos reconocidos y al desarrollo de las discusiones.

CLAUSURA DEL IV CONGRESO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Ha sido clausurado el IV Congreso de Ciencia y Tecnología de Alimentos, que se celebró en el Palacio de Congresos y Exposiciones de Madrid. Presidió el acto de clausura D. Vicente Mortes Alfonso, Presidente del Patronato de Investigación Científica y Técnica «Juan de la Cierva», a quien acompañaban el del Congreso, Profesor Primo Yúfera, y otros directivos del mismo. En primer lugar, pronunció una conferencia el Profesor Hartog, sobre el tema «Dónde confluye la ciencia de la nutrición y la tecnología de los alimentos». A continuación, y tras una breve intervención del Secretario del Congreso, Sr. Portela, en la que dio noticia de algunos pormenores relacionados con el desarrollo de la reunión, tomó la palabra el Prof. Primo Yúfera, para hacer una breve síntesis de las líneas de investigación que han recibido más atención en el Congreso. A su juicio, fueron éstas: los trabajos dirigidos a la producción de nuevos alimentos, cuyo interés se ha puesto de manifiesto; el valor nutritivo y el equilibrio de nutrientes en los alimentos; los problemas relacionados con las pérdidas de grandes cantidades de alimentos por alteraciones microbianas o bioquímicas, sus causas y sus remedios, y las investigaciones relacionadas con la calidad, especialmente de los alimentos.

En otro momento de su discurso habló de las dos conclusiones más importantes que se pueden extraer de los diversos trabajos científicos presentados. Son éstas: la ciencia y tecnología de alimentos puede po-

ner a disposición de la industria, de los gobiernos y de los pueblos procesos innovadores para producir alimentos suficientes para una población creciente. El perfeccionamiento de los procesos industriales permite la producción de alimentos de calidad cada vez mayor, más equilibrados en componentes nutritivos, con menos riesgo de nocividad y de mayor conveniencia para el consumidor. Finalmente, el profesor Primo Yúfera dio las gracias a cuantos habían contribuido al éxito del Congreso. A continuación intervino el Presidente de la Unión Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, profesor Steward, para señalar los aspectos más distinguidos de las comunicaciones científicas. Y para terminar se dio por clausurado este IV Congreso, que durante cinco días reunió en la capital de España a mil trescientos quince especialistas.

50TH ANNIVERSARY MEETING OF THE BRITISH SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY

A esta reunión, celebrada en Cambridge del 16 al 19 de julio, asistió D. Claudino Rodríguez-Barrueco, Investigador Científico del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, invitado por la citada Sociedad como representante español.

XXIX SYMPOSIUM ON SYMBIOSIS, SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY

A esta reunión, celebrada en Bristol (Inglaterra) del 2 al 6 de septiembre de 1974, asistió D. Carlos Aurelio Miguel González, del Laboratorio de Microbiología del Suelo del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

IV REUNION DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MICROSCOPIA ELECTRONICA

A esta reunión, celebrada en Salamanca del 2 al 4 de octubre de 1974, asistieron D. Francisco Bermúdez de Castro y Naya y D. Carlos A. Miguel González, del Laboratorio de Microbiología del Suelo del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

SUBVENCION DE LA FUNDACION «BARRIE DE LA MAZA» A LA MISION BIOLOGICA DE GALICIA

La Fundación «Barrié de la Maza» ha concedido una importante ayuda económica de 350.000 pesetas a la Misión Biológica de Galicia, para costear los gastos de impresión de una serie de «Estudios edafológicos comarcales», cuidadosamente presentados y a los que acompañan detallados mapas y fotografías en color.

De esta serie, que edita la Misión Biológica de Galicia, han aparecido ya dos tomos, que refieren a los suelos cultivados de Valga y Puentecures y a los de Caldas de Reyes. Se encuentra impreso y a punto de distribución el dedicado a Portas y Barro y está en fase de última redacción el del Ayuntamiento de Pontevedra.

Son los autores de la serie los investigadores D. Benito Sánchez Rodríguez y D. Gerardo Dios Vidal y, en el primero, D. Augusto García Sánchez, y en ellos se realiza un detenido estudio de los suelos que hoy se dedican al cultivo agrícola en las respectivas comarcas, con análisis de sus características y orientaciones para su mejor utilización, cultivos más aconsejables y obtención de mayores cosechas, temas del máximo interés para los agricultores.

CONFERENCIA

La doctora Josefina Benayas Casares, Jefe del Laboratorio de Micromorfología de Suelos, pronunció una interesante Conferencia en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, sobre el tema: «La Micromorfología del suelo en la investigación básica y aplicada», que fue una documentada lección para los asistentes al cursillo que sobre Mineralogía de Suelos y Sedimentos, se ha celebrado en dicho Instituto, organizado por la Sección de Mineralogía de Suelos.

LOS UNIVERSITARIOS Y LA DEFENSA DE LA NATURALEZA

En la sala cultural de ANUE pronunció una conferencia sobre «Conservación de la naturaleza y posible aporte de los universitarios españoles» el Dr. D. José Antonio Valverde, Director de la Estación Biológica de Doñana del C. S. I. C. En la conferencia abordó la protección de algunas especies biológicas y la colaboración de los miembros de la Asociación Nacional de Universitarios Españoles y del Movimiento Nacional de Estudiantes pro Naciones Unidas. El Dr. Valverde proyectó también una película sobre la adaptación de antílopes, gacelas y otros animales saharianos en la Estación Biológica, película en la que se refleja el esfuerzo que se está haciendo por conservar unas especies que desgraciadamente casi se han extinguido en el norte de Africa.

SEMINARIO SOBRE «TIPOS DIFERENTES DE COSTRAS CALIZAS Y SU DISTRIBUCION REGIONAL»

En la primera quincena de enero del próximo año se celebrará en Estrasburgo un Seminario sobre «Tipos diferentes de costras calizas y su distribución regional». Este Seminario durará unos tres días.

Los interesados en asistir pueden dirigirse a Mr. T. Vogt. UER de Géographie. 43, rue Goethe. 67000 Strasbourg. France.

BIBLIOGRAFIA

La Pollution. Número especial de Annales Agronomiques. Institut National de la Recherche Agronomique, Vol. 25, núm. 2-3 bimestral, páginas 537, 1974.

Trata un tema de gran actualidad, de forma bastante exhaustiva, como ponemos de manifiesto a continuación.

En la Introducción, el Prof. Henin, señala el cambio que hemos experimentado en relación con los desperdicios, ya que en épocas anteriores, la mayor parte de la población vivía en gran parte dispersa en pequeñas aglomeraciones, lo que hacía que sus residuos, que a su vez eran de menor volumen que ahora, fueran fácilmente transformados sin producir problemas en los cursos de agua y en los suelos a donde eran aportados.

Sin embargo, existía un problema con relación a aquellos residuos correspondientes a algunas industrias como los altos hornos, aunque la chatarra, en su mayoría, admitía una reutilización posterior, como en el caso del vidrio, etc.

Hoy día, el aumento enorme de residuos de los productos que una vez usados se tiran, constituyendo un verdadero deshecho, envases, etcétera, especialmente los plásticos, han dado lugar a problemas que fueron mayores aún, cuando no eran biodegradables, pero aun así y todo, el aumento de la civilización, del desarrollo, de las formas de vida moderna, hace que los deshechos por habitante vayan aumentando y la posibilidad de que éstos sean transformados en un período de tiempo realmente corto, es cada vez más dudosa, sobre todo a causa de las grandes concentraciones humanas en las ciudades.

Esta ha sido la razón y el motivo de que una serie de investigadores hayan estudiado estos procesos, considerando los principales problemas concernientes al suelo, como un ente o sistema depurador. Señala que los resultados obtenidos deben asegurar una mejor protección del medio, como consecuencia de un cierto número de años de trabajo.

Este número de los Anales Agronómicos, presenta las principales acciones empeñadas, así como los resultados ya adquiridos.

El volumen consta de cuatro partes: I. Generalidades.—II. Aguas residuales y desperdicios de las industrias agrícolas y alimentarias.—III. Residuos semilíquidos de cría de ganado.—IV. Riesgos de contaminación del medio natural.

I. Generalidades

Calvet y Graffin, estudian una descripción matemática de los fenómenos de transporte de las soluciones acuosas en medios porosos y tratan de aplicar estas condiciones de tipo general al caso concreto del suelo como sistema depurador.

Consideran varios procedimientos matemáticos para el aporte de soluciones a través de medios porosos y los aplican al caso de las aguas que, llevando sustancias en suspensión, van a parar al suelo.

Diferencian el transporte sin absorción o incluyendo dicho fenómeno. Consideran también todos los fenómenos de transporte en medios saturados y no saturados. En realidad se trata de una concepción matemática que se pueda aplicar luego a los casos prácticos que puedan presentarse en la realidad.

En conclusión, señalan que los tratamientos analíticos numéricos, son válidos cuando se trata de medios saturados. En cambio en los medios no saturados el problema es más complicado; por tanto es un campo muy importante para su posterior investigación.

En el siguiente trabajo, Graffin emplea el método de simulación numerada y acepta el sistema propuesto por Dutt de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Arizona en el año 1972.

Simula el comportamiento del suelo con un cultivo de regadío, teniendo en cuenta los aportes de agua, elementos fertilizantes, materia orgánica y tipos de plantas. Hace una tentativa de generalización del sistema de Dutt, para simular el comportamiento del suelo como sistema depurador. Concluye señalando, las limitaciones que tiene el modelo de Dutt para aguas muy ricas en materias en suspensión. En consecuencia, el modelo de Dutt sólo sirve para casos en que las aguas transporten pequeñas cantidades de materia orgánica, aunque puede servir como base de partida para construir un modelo general.

Catroux, estudia la utilización del suelo como un sistema depurador. En este sentido considera la filtración, retención y movimiento de aguas en los suelos, así como la retención de las materias disueltas, considerando la acción de la microflora y la exportación que realizan las plantas.

Estudia el rendimiento de la acción del suelo como elemento depurador con la ayuda de ciertos dispositivos.

El conjunto de hechos indica que la depuración es del 70 al 95 por 100, lo que pone en evidencia que el rendimiento del suelo como sistema depurador es bastante bueno.

Germon y Verguet, describen un respirómetro electrolítico poco costoso y adaptado al estudio de la biodegradabilidad de las aguas residuales aplicadas al suelo. Permite el estudio de muestras de 200 gramos de suelo incubadas durante varias semanas y con una precisión en las medidas del orden del 3 por 100. Como la incubación tiene que hacerse en un medio aerobio, obliga a trabajar con unos límites bastante estrechos en cuanto a la humedad del suelo. Este es el principal inconveniente.

II. *Aguas residuales y desperdicios de las industrias agrícolas.*

Morisot y Gras, estudian las aguas residuales de siete industrias agrícolas y alimentarias. La interpretación que hacen, suministra un ejemplo de utilización de métodos de análisis y tratamiento de datos y permite una primera caracterización de los diversos tipos de aguas residuales a partir de los resultados de 20 análisis hechos sobre cada muestra.

Consideran industrias conserveras, de guisantes, de féculas, queseras, jugos de manzana, azucareras, etc. Estudian la carga polucionante definida por su contenido en elementos particularmente importantes (N, P, cationes) y por sus pH, D. Q. O. y conductividad eléctrica.

En este sentido, las aguas residuales más cargadas son aquellas de las azucareras y de las destilerías.

Hacen una clasificación según las características más importantes de los vertidos, y señalan que las materias en suspensión, N, P, K en fase líquida y Na en fase líquida y sólida, son los datos más importantes a considerar.

Los autores recalcan que el conocimiento de la composición, no es suficiente para seleccionar el método de depuración de los vertidos. Sin hablar de problemas financieros, la época del año en que se realicen los vertidos, debe tenerse en cuenta.

Gras y Morisot, consideran los residuos sólidos de las industrias agrícolas y alimentarias. Este es otro aspecto que tiene mucha importancia. El deshecho puede ser de origen vegetal, animal o mineral.

La utilización de algunos de estos residuos en la agricultura, como enmiendas orgánicas, presenta problemas. Ocurre lo mismo en relación con los lados del lavado de remolachas para separar la tierra adherida, que son muy heterogéneos y a veces están cargados de ClNa.

Los residuos de las estaciones depuradoras de queserías son suspensiones diluidas que necesitan primero para su transporte una concentración previa y, sobre todo, es necesario disponer de un dispositivo de almacenamiento, puesto que el aporte al suelo es delicado y no puede hacerse durante las épocas de cultivo.

Las vinazas de las destilerías son empleadas directamente, y el lodo es usado como enmienda orgánica. Sus características esenciales son su pH ácido (si no se neutralizan) y una gran riqueza en P y K.

El análisis, indudablemente, es necesario sobre todo para los materiales ricos en N, P, y K. Además, es preciso un análisis granulométrico en caso de la tierra y determinar la presencia eventual de sales caracterizadas por conductividad eléctrica. Desde el punto de vista agronómico, existen soluciones técnicas para la utilización de la mayoría de los deshechos.

Queda, sin embargo, la necesidad de examinar las repercusiones de estos aportes sobre el medio ambiente. Resaltan que en un suelo cultivado, una parte de los elementos son aprovechados por el cultivo, por lo que no supone problema.

Morisot y Gras, realizaron en 1972, una encuesta a cerca de las aguas residuales de 32 industrias agrícolas y alimentarias, lo cual les permitió precisar las repercusiones agronómicas de su empleo como abonos.

Se han estudiado las consecuencias de la utilización de estos deshecho de industrias sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos, y se incluye igualmente la repercusión de la aplicación de las aguas residuales sobre las explotaciones agrícolas que las reciben.

En cuanto a los métodos de evaluación de la evolución de los suelos, destacan que para cada característica analizada se ha comparado la repartición vertical en el perfil del suelo que ha recibido la distribución del material de deshecho, y en otro utilizado de testigo.

Como es muy difícil obtener dos muestras de perfiles de suelo que sean suficientemente iguales, es muy difícil constatar que las diferencias se deban al tratamiento sufrido y no a características de la heterogeneidad del suelo.

Realizan un estudio de las variaciones que experimenta globalmente el suelo en distintas capas, como consecuencia de los lavados.

Se considera también la variación en la capacidad de cambio y la disminución del pH, la variación en el contenido de la materia orgánica, variación de la estabilidad estructural y en consecuencia la influencia de la materia orgánica sobre esta última. La influencia del Na absorbido y la influencia simultánea de las materias orgánicas y el Na absorbido.

Estudian las repercusiones sobre el cultivo inmediato, por ejemplo los cereales que presentan riesgo de encamado y deben evitarse.

Para utilizar un espacio sin tener que ser propietarios, lo que haría el reparto totalmente prohibitivo a los industriales, estos deben llegar a un entendimiento con los agricultores y que las técnicas de distribución deben por lo menos, si no favorecer, permitir el cultivo, respetando el ambiente y la higiene de todos.

Lefevre, estudia la naturaleza y composición de los desechos de las industrias de fécula, señalando la riqueza en materia orgánica, N, ácido fosfórico y potasa. Destaca los problemas que pueden presentarse en el riego por aspersión con estos productos y los imperativos agronómicos de este tipo de riego.

Posteriormente utiliza lisímetros, para lo cual hace unas consideraciones previas de las necesidades, escogiendo el tipo más adecuado para el estudio que va a realizar. Selecciona el tipo medio de suelo, representativo del perímetro que se piensa regar.

Experimenta durante dos años, realizando una serie de ensayos valorando el avenamiento y las cantidades aportadas en cada momento. Posteriormente, mide el comportamiento de la «festuca cañosa», como consecuencia del tratamiento afectado al suelo.

Los valores del percolado de los lisímetros de D. Q. O., N mineral, K, Na, Ca y Mg y las respuestas del cultivo vegetal, han permitido obtener un cierto número de informaciones.

Es importante resaltar en el comportamiento de los cationes, que como el K es fuertemente retenido en el suelo; en el percolado aumenta la concentración de Ca, por lo que este lavado de Ca que tiene lugar cuando los aportes son ricos en K, lleva consigo una posible descalcificación del suelo, especialmente en aquellos casos en que no hay reservas grandes de carbonatos en los mismos. Este proceso de descalcificación es muy importante y hay que tenerlo en cuenta en riegos de este tipo.

Müller, empleando como abono aguas residuales de industrias de féculas, no observa efecto manifiesto sobre los vegetales, producido por el desequilibrio K/Mg y, sin embargo, ha constatado plenamente el efecto del exceso del N mineral.

Además de considerar el poder de purificación del suelo en relación con las materias orgánicas, este estudio ha mostrado que es importante el tomar en consideración la retención por el suelo y la absorción por las plantas para determinar la dosis límite de aspersión aplicable.

Señala la importancia de los caudales aplicados, la naturaleza del suelo y del subsuelo, el perímetro de aspersión y las soluciones técnicas adoptadas.

Otro punto interesante que estudia, es el enriquecimiento de los suelos en elementos fertilizantes en función de la dosis de aspersión.

Como caso particular, estudia el reparto en el perfil del N y además, considera su incidencia sobre las plantas. Hay una ligera disminución en cuanto al contenido de azúcar en la remolacha azucarera, como consecuencia del rociado y en las patatas una disminución muy clara en el contenido de almidón.

Al discutir los resultados, considera la importancia de modificar la fertilización en función de la cantidad de aspersión aplicada. Es más, cita un caso de una industria de féculas situada en Alemania, donde empleando el mismo sistema de aeroaspersión y después de una docena de años, llegaron a la conclusión de que la fertilización debe ser distinta que aquella aplicada en los sitios donde no se ha hecho la aspersión, pero estos resultados, como dice el autor, no son trasportables. No se pueden llevar directamente a los casos de la zona francesa que considera: la Champaña.

Finalmente considera las aguas de drenaje, y la composición de las mismas. Señala que los criterios de retención por el suelo y la movilización por las plantas, deben considerarse de la misma manera para poder determinar la dosis límite de aspersión, que no puede ser sobrepasada.

Por tanto, el conocimiento, todo lo preciso posible de la composición y propiedades de las aguas residuales, resulta indispensable para prever las consecuencias de su distribución sobre los suelos de cultivo.

Catroux y colaboradores, estudian las aguas residuales de azucareras. Hacen primero, una consideración general y un estudio bibliográfico de los problemas del tema considerado. Después toman en cuenta la posibilidad de aplicar los residuos de las fábricas de azúcar.

Hacen una distinción entre las aguas decantadas y no decantadas. Pasan después a considerar la experimentación que realizan. Estudian el problema en dos tipos de lisímetros diferentes.

Consideran dos campañas distintas y hacen una evaluación de los residuos solubles totales de la fábrica de azúcar en cada una de ellas, haciendo determinaciones de la evolución de la D. Q. O. de los residuos en el curso de la campaña. Finalmente hacen una discusión de los resultados con síntesis y conclusiones, señalando que el reciente contrato en blanco firmado por la industria azucarera y el Ministerio de la Conservación de la Naturaleza y Medio Ambiente, prevé en un futuro bastante próximo, una reducción de un 75 por 100 de la polución producida por los residuos de las azucareras.

A pesar de todo, el problema de las aguas residuales seguirá siendo algo que preocupe a las azucareras en los años futuros, por varias razones que citan, entre ellas, que en el momento actual los sistemas de depuración disponibles no permiten una depuración total de todos los elementos.

Finalmente Justi, estudia el valor fertilizante de un compost preparado en laboratorio por mezcla de basuras de ciudad y vinazas de destilería concentradas. Hace lo mismo con un *compost* similar preparado por vía pre-industrial. Saca como consecuencia que su valor fertilizante es similar al del estiércol corriente. Su valor como enmienda orgánica es determinado por una serie de experimentos que se están realizando en el campo sobre viña y maíz. Esto puede contribuir a aportar una solución en el problema de la eliminación de desechos de la industria y del consumo.

III. *Residuos semilíquidos de la cría de ganado*

Ballay y Catroux, estudiando los residuos semilíquidos de la cría de ganado porcino, consideran la composición físico-química y biológica de dichos residuos. Como no se pueden utilizar para aplicación al terreno durante todo el año, es conveniente considerar la posibilidad de almacenamiento en foso. La utilización del suelo como medio receptor, es un procedimiento que permite restituir a aquél materias fertilizantes y asegura probablemente mejor protección del entorno que los otros procedimientos.

El suelo es un sistema depurador que filtra el agua, reteniendo las materias disueltas, permitiendo la acción depuradora de los microorganismos. El aporte de materias disueltas es útil para el crecimiento de los cultivos que reexportan los elementos fertilizantes aplicados en ellas.

Hay que tener en cuenta en el aspecto práctico, los problemas de los polucionantes orgánicos en las aguas, que suelen tener un exceso de Nitrógeno y tampoco es despreciable el problema de los olores.

Estudian los tratamientos físico-químicos y biológicos. Los primeros, que permiten una separación física y los segundos, que tratan de separar las sustancias principalmente consideradas como polucionantes, principalmente las materias orgánicas. En este caso, estudian los tratamientos anaerobios y aerobios y dentro de estos últimos, los más importantes, consideran la activación de lodos.

Consideran también, la recuperación de proteínas en el sistema de depuración. Se pueden recuperar las proteínas de las heces de los cerdos, pues deshidratadas contienen un 27 por 100, consiguiéndose una buena digestibilidad, en determinadas condiciones, para el alimento de corderos.

Presentan varios esquemas de depuración y fotografías de detalles y esquemas indicando los procedimientos para el tamizado y estabilización por almacenamiento al aire con y sin tamizado previo.

Riviere y colaboradores, han estudiado la evolución físico-química y biológica de los residuos semilíquidos de cerdo, durante el almacenamiento anaeróbico. Ponen en evidencia las dificultades de toma de mues-

tras y análisis químicos de los residuos semilíquidos y la disminución que es apreciable de la carga polucionante durante un almacenamiento anaerobio en una época cálida.

Coppenet, estudia las consecuencias agronómicas del abonado de suelos con residuos semilíquidos de porquerizas. Considera el contenido en elementos fertilizantes, tanto macro como oligoelementos. Deduce la composición de las deyecciones por el cálculo del balance alimenticio. Estudia los límites de utilización de los residuos semilíquidos sobre el suelo cultivado y a este respecto, considera, la mineralización de la materia orgánica, el efecto del exceso de N sobre el cultivo, especialmente en los cereales y también los otros elementos mayores.

Respecto a los oligoelementos, el Cu y el Zn son los que tienen más importancia. Después tiene en cuenta la concentración de las aguas de avenamiento. Los valores de nitratos son los más peligrosos y pueden pasar fácilmente de los valores permisibles.

Además de los análisis químicos que se efectúan en las tierras de cría intensiva de animales y que pueden indicar un crecimiento importante en el contenido de anhídrido fosfórico asimilable, es conveniente también hacer determinaciones de la conductividad eléctrica.

Los suplementos alimenticios de Cu y de Zn en el alimento, pueden producir toxicidad de estos elementos en el suelo al cabo de ochenta y ciento diez años respectivamente de su utilización.

El riesgo es muy escaso en Bretaña con el empleo de abonos semilíquidos, no pasando de 50 m³/Ha año. Esto supone explotaciones que no tengan más de 30 cerdos por Ha de superficie agrícola útil, a la que se aplican los residuos, lo que es muy superior a lo normal.

André, estudia la restitución natural del K por las orinas de los bovinos y la emigración de este elemento en el suelo bajo el efecto del lavado. Trata de determinar la fracción útil de esta fertilización natural, es decir, la fracción de K aportada que es luego reutilizada por la vegetación y los cultivos. Las experimentaciones las realiza en dos sitios distintos con suelos de caracteres diferentes que incluye en el estudio.

Presenta los resultados y la discusión de los mismos, aunque por no haber repeticiones en los tratamientos, deben ser examinados con reservas, lo mismo que los balances que calcula que no pueden ser más que aproximativos.

Los puntos más importantes que deduce del estudio son, que la absorción del K por los suelos ácidos es producido por el ión bicarbonato de la orina. Teniendo en cuenta que las gramíneas tienen un desarrollo radicular muy superficial, cuando el potasio se encuentra a más de 30 centímetros, se puede considerar como perdido para la planta. En estas condiciones experimentales la fracción de K depositada que se encuentre entre 0 y 30 centímetros, o sea el útil, es aproximadamente del 50 por 100.

Considera que es necesaria una experimentación de un tiempo mucho más largo que permita precisar mejor la fracción útil de esta fertilización natural.

Finalmente, Blanchon y colaboradores, estudian el abono semilíquido de los bovinos, sólo y con dosis crecientes de N mineral (amonitro)

durante un período de cuatro años en una zona de pasto permanente en los montes de Auvergne.

Emplean el sistema de parcelas subdivididas; con dos tratamientos principales que son: nada de abono líquido y 40 Tm/Ha y cuatro tratamientos suplementarios de amonitro. El valor fertilizante del abono semilíquido expresado en N es menor del que corresponde a su composición, debido al efecto depresivo del N del abono líquido y del fertilizante sobre las leguminosas. La eficacia de las dosis crecientes del N mineral disminuyen menos rápidamente en presencia que en ausencia del abono semilíquido de bovinos.

El abono líquido no tiene efecto sobre la producción de la segunda y tercera cosecha, una dosis de 75 kg. de N mineral por Ha, producen 13 kg. de heno a la segunda cosecha, y 9 a la tercera. La producción anual media varía entre 80 Qm/Ha de heno con un 15 por 100 de agua; sin N y sin abono semilíquido, hasta 130 en las parcelas que reciben de 225 a 300 unidades de nitrógeno por Ha y 40 Tm. de abono líquido.

La aplicación de abono semilíquido de bovinos a la dosis de 40 Tm/Ha/año, aumenta la proporción de plantas diversas de poco valor forrajero. Aumenta también la *Poa trivialis*, pero disminuye el *Lolium perenne* y el *Trifolium repens*.

Su efecto no se revela francamente desventajoso para la calidad botánica más que cuando la aplicación de N mineral alcanza 200 unidades/Ha/año. Sin embargo, el efecto depresivo sobre el *trifolium repens*, se observa desde la dosis de 75 unidades.

Después de cuatro años de experimentación, pueden afirmar que la evolución botánica ha terminado, pero la invasión por especies indeseables por efecto del abono semilíquido es bastante lenta y moderada.

La infección por las umbilíferas y otras plantas de bajo valor forrajero, es relativamente pequeña y ocurre principalmente en las parcelas que reciben a la vez abono líquido y grandes dosis de N mineral. Puede controlarse realizando la siega antes de la formación de la semilla y racionando el pastoreo al comienzo del crecimiento de las plantas o a la mitad del verano.

IV. Riesgos de polución del medio natural

Courpron, estudia la pérdida en elementos fertilizantes en suelos arenosos, sometidos a una fertilización e irrigación intensivas. Para ello utiliza lisímetros que le permiten valorar cualitativamente e incluso cuantitativamente los fertilizantes perdidos por la zona de las raíces en el curso del año de cultivo de los suelos arenosos de las Landas. Bajo el cultivo de maíz, las pérdidas se evalúan en 47 kg. por Ha de N nítrico, 62 de potasa y 270 de cal, 103 kg. de Mg. y solamente 1,2 de ácido fosfórico.

Con hierba, las aguas de percolación son menos ricas que con el cultivo de maíz, los datos aportados son 10 kg./Ha de N nítrico, 26 de potasa, 153 de cal, 55 de Mg y 0,6 de ácido fosfórico. Estos datos corresponden al período de riego intensivo en que los percolados son más ricos.

Las determinaciones de las pérdidas en elementos fertilizantes en una vega que cubre 200 Ha de suelos arenosos, ha permitido constatar que el enriquecimiento de las aguas de drenaje es muy inferior al obtenido en los lisímetros. El conjunto de estos resultados tienen que ser confirmados por estudios de más duración, lo que permite pensar que los riesgos de polución de las aguas por la fertilización del maíz, no tiene la gravedad que se atribuye.

Clair, estudia la polución del nivel freático profundo, producida por los cloruros, ClNa, como consecuencia de la puesta en servicio de la Autopista número 6, en una zona de condiciones climáticas rigurosas en las que se tiene que aplicar la sal para evitar la producción de hielo.

Considera las condiciones geológicas y datos hidrogeológicos y pasa después a considerar la polución como consecuencia de la aplicación de sal que acabamos de citar.

La importancia de la polución es variable, indudablemente puede ser débil, muy fuerte o puede crecer rápidamente en aquella zona próxima al depósito de sal que no está protegido y así las fuentes que están situadas a una distancia pequeña de la autopista, tienen unos valores altos, incluso 60 mg/l. en el agua.

Por otra parte, en las fuentes situadas a más distancia, ya el contenido baja mucho, puede ser del orden de 10 a 20 mg., pero esta polución es constante, pues no ha disminuido a lo largo del verano, aunque es posible que las lluvias de otoño produzcan una ligera disminución.

El aumento observado en el contenido de cloruros de 0,15 mg/l., corresponde a una distribución de 250 Tm. de cloruro sódico, si tenemos en cuenta, que la zona que vienen tratando es aproximadamente 20 km. de calzada. Esto, suponiendo una aplicación de 20 a 50 tratamientos durante el invierno y teniendo en cuenta las cantidades que normalmente se aplican cada vez.

Ya se había visto la influencia de esta aplicación de sal sobre los cultivos de las zonas cercanas a las carreteras, pero es la primera vez que se pone de manifiesto una polución más generalizada y relativamente importante como la que aquí se presenta.

Crhetien y colaboradores, estudian la polución por nitratos en las aguas para beber.

En el curso de los últimos dos años, han podido comprobar un incremento muy sensible del contenido en nitratos de las aguas de consumo del Departamento de Yonne. Se seleccionan 20 puntos de captación tan diversas como posibles, en función de los extractos geológicos. Las captaciones de aguas para análisis, se efectuaron cada quince días durante los dos años.

Las variaciones en el comportamiento parece que se deben a la distinta naturaleza de los materiales geológicos. Este estudio suministra una serie de hipótesis sobre las causas del fenómeno señalado, poniendo como conclusión la necesidad de trabajos complementarios.

El trabajo final, último de este interesante número de Anales Agronómicos, corresponde a Riviere, y es un estudio de la evolución de la microflora en el curso del tratamiento de depuración de aguas urbanas por el método de los lodos activados.

Este estudio se ha realizado con el fin de comparar la eficacia en lo

que concierne a la polución bacteriana, de dos estaciones muy diferentes en concepción y tamaño.

Los resultados obtenidos han suministrado los siguientes hechos: la microflora bacteriana parece bastante homogénea en los depósitos de aireación, aunque las técnicas utilizadas no han sido bien adaptadas a los lodos activados.

Se puede concluir del estudio detenido que realiza, que las estaciones de lodos activados eficaces para reducir la polución orgánica, lo son mucho menos, en lo que concierne a la polución bacteriana. En el caso de las salmonelas las estaciones no dan lugar a ninguna protección, lo que produce problemas desde el punto de vista higiénico.

Consideramos que este documentado estudio, puede ser base para investigaciones e información precisa, sobre estas materias, por lo que resulta la obra en conjunto de una gran utilidad en un momento en que la utilización y aprovechamiento de los residuos está adquiriendo una importancia destacada.—V. HERNANDO.



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.

2.ª *Título.*—El título de los trabajos deberá ser muy claro y preciso, reflejando claramente su contenido. Seguidamente se indicará nombre y apellidos de los autores, Centro donde ha sido realizado y fecha de envío a la REVISTA.

3.ª *Resumen.*—Obligatoriamente los artículos deberán ir acompañados por un resumen, que con toda claridad señale el objeto del trabajo realizado, algún detalle experimental, si es fundamental para la correcta interpretación de los resultados, y las conclusiones obtenidas. Este resumen debe efectuarse en castellano, y añadirse la traducción al inglés. Además, si se desea, podrá incluirse la versión del mismo en francés, italiano o alemán.

4.ª *Redacción del texto y presentación.*—Se procurará que la redacción sea lo más concisa posible. Los trabajos deberán escribirse a máquina en doble espacio y por una sola cara, no sobrepasándose en extensión las 20 holandesas. Los autores podrán indicar, por si puede atenderse, el tamaño de la letra en la que crean conveniente se realice la impresión.

5.ª *Bibliografía.*—La bibliografía deberá reducirse a la verdaderamente indispensable, que tenga relación directa con la investigación efectuada, evitándose los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.

Dichas referencias se incluirán siempre a la terminación del trabajo, numeradas correlativamente y ordenadas por orden alfabético de apellidos de autores. En cada cita se consignarán, en este orden, los datos siguientes:

Apellidos e iniciales del autor. Año de la publicación a que se refiere la cita—título del trabajo citado. Título del trabajo. Nombre de la publicación —abreviada de acuerdo con las normas internacionales—, en cursiva, y tomo y página a que se refiera la nota.

Para efectuar la referencia de un libro se indicarán los siguientes datos: Apellido e iniciales del autor Año de la edición. Título en idioma original. Tomo. Edición. Publicación (todo ello en forma similar a las citas de revistas).

6.ª *Tablas, gráficos y fotografías.*—Salvo excepciones, no deberán emplearse de forma simultánea tablas y gráficos.

El número de gráficos deberá limitarse todo lo posible. En general se recomienda la yuxtaposición de curvas que puedan ser referidas al mismo sistema de ejes coordenados.

El número de fotografías deberá igualmente limitarse, enviando sólo las que realmente —teniendo en cuenta la reproducción— sean útiles, claras e ilustrativas.

Los gráficos y dibujos vendrán dibujados sobre papel vegetal y con tinta china. En la publicación tendrán una anchura de 12 o de 6 cm., o sea, la correspondiente a una o media anchura de plana de nuestra publicación. Los autores deben señalar el tamaño que desean para sus gráficos o dibujos, y tener en cuenta que las escalas de reducción más convenientes son de 2 a 1 y de 3 a 1. Los rótulos y signos de los mismos deberán ser de tal tamaño que su altura, una vez reducida, no sea inferior a 1,5 mm.

Cada gráfico deberá acompañarse de un número de orden, reproducido en el texto. En éste, se indicará el lugar aproximado de colocación de cada uno. Los pies de gráficos y dibujos, escritos a máquina, se enviarán en papel aparte.

Para las fotografías servirán observaciones similares.

7.ª *Fórmulas y expresiones matemáticas.*—En unas y otras debe procurarse la máxima claridad en su escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio, siempre que ello no entrañe riesgo de incomprensión

8.ª *Caracteres de imprenta.*—Se ruega a los autores señalen en sus originales los estilos de los caracteres de imprenta que deban emplearse, de la manera siguiente:

Subrayar con una línea — las palabras en *cursiva*.

Subrayar con dos líneas = las palabras en *VERSALITAS*.

Subrayar con tres líneas ≡ las palabras en *VERSALES*.

Subrayar con una línea ~ las palabras en **negrita**.

Subrayar con una línea discontinua - - - las palabras *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 al autor 25 separatas. A petición de éste —hecha constar por escrito en la cubierta del original— podrán servirle, 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 EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA «JOSÉ M.^o ALBAREDA», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Integrado por los Centros:

- | | |
|--|---|
| Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid. | Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca. |
| Departamento de Edafología de Barcelona. | Departamento de Economía Agraria. Madrid. |
| Centro de Edafología de Tenerife. | Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. |
| Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia. | Instituto de Aclimatación. Almería. |
| Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla. | Instituto de Alimentación y Productividad Animal. Madrid. |
| Estación Experimental del Zaidín. Granada. | Estación Agrícola Experimental. León. |
| Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela. | Centro Experimental Económico-Agrario La Mayora, Málaga. |
| | Estación Experimental y de Enseñanza La Poveda, Madrid. |

Con la Colaboración de los Organismos siguientes:

- | | |
|--|--|
| Departamento de Zootecnia de Córdoba. | Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas. |
| Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología. Madrid. | Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). |
| Instituto de Biología Celular. Madrid. | Misión Biológica de Galicia. Pontevedra. |
| Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca. Huesca. | Sociedad Española de Ciencia del Suelo. |
| Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla. | Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. |

La correspondencia relativa a trabajos y su publicación, a:

ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA
SERRANO, 115 BIS. MADRID-6 (ESPAÑA)

La correspondencia relativa a suscripciones o adquisiciones, a:

DISTRIBUCIÓN DE PUBLICACIONES DEL C. S. I. C.
VITRUBIO, 16. MADRID-6 (ESPAÑA)

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA



FORMOSAN, MAHON, 9-10 AM ALBES, IDH, BLD, N, O, G, I, A, Y, A, G, R, O, B, I, O, L, O, G, I, A, M, E, P, L, I, E, M, B, R, E, - O, C, T, U, B, R, E, 1972