

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

Anal. Edaf. Tomo XXIV. Núms. 5-6. Págs. 267-370

Madrid, Mayo-Junio 1965

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

Publicados por el INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Integrado por los Centros:

Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.
Departamento de Edafología de Barcelona.
Centro de Edafología de Tenerife.
Centro de Edaf. y Biol. Aplic. del Segura. Murcia.
Centro de Edaf. y Biol. Aplic. del Cuartero de Sevilla.

Estación Exp. del Zaidín de Granada.
Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia.
Centro de Edaf. y Biol. Aplic. de Salamanca.
Departamento de Zootecnia de Córdoba.
Departamento de Economía Agraria.
Estación Exp. de Aula Dei. Zaragoza.
Instituto de Aclimatación. Almería.

y con la colaboración de los Organismos siguientes:

Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.

Inst. Nac. de Investigaciones Agronómicas.

Laboratorio del Transporte y Mecánica

del Suelo. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.)

Misión Biológica de Galicia, Pontevedra

Sociedad Española de Ciencia del Suelo

Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

ESPAÑA:

Suscripción anual 430 ptas.

Volumen suelto 80 »

Toda la correspondencia a

ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA

EXTRANJERO:

Suscripción anual 540 ptas.

Volumen suelto 100 »

Cada volumen contiene dos números.

SERRANO, 113. MADRID-6 (ESPAÑA)

Tomo XXIV.

NÚMEROS 5-6

SUMARIO

	Páginas
Níquel en los suelos de la provincia de La Coruña, por T. Carballas Fernández, M. Muñoz Taboadela (†) y F. Guitián Ojea...	267
Estudio comparativo de varios métodos no químicos de extracción de fósforo asimilable, por F. Lucena Conde y T. Crisanto Herrero...	295
Estudio del grado de evolución de dos suelos de la provincia de Cáceres, por A. García Rodríguez y M. Sánchez Camazano...	305
Nuevo índice fisiológico en las relaciones suelo-planta-agua, por Angel Ortuño Martínez y María Parra Gilabert...	315
Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. IV. Vid (parral), por M. G. Guillén, F. G. Fernández y M. Caro...	327
Los sistemas agropecuarios, por Pedro Montserrat-Recoder...	343

(Sigue en la tercera de cubierta.)

NIQUEL EN LOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE LA CORUÑA

por

T. CARBALLAS FERNANDEZ, M. MUÑOZ TABOADELA (†)
y F. GUITIAN OJEA

SUMMARY

NICKEL IN THE SOILS OF «LA CORUÑA» PROVINCE (SPAIN)

25 profiles of natural soils and 62 of arable land, representing the main types of soils existing —on different kind of rocks— in the province of «La Coruña (Spain), have been studied and characterised from the chemical and morphological point of view.

Nickel — as total amount as well as soluble fraction in 2,5 % (vol.) acetic acid-has been estimated for both kind of soils (dimethylglyoxime colorimetry).

In natural soils the found figures for total nickel goes from 3.05 to 2239.00 p.p.m. (average value of 118.24 p.p.m.) and for the acetic acid soluble fraction from traces to 40.00 p.p.m. (mean value 1.45).

On arable land's soils for the acetic acid soluble fraction the values ranges from traces to 8.70 p.p.m. (mean value 0.82 p.p.m.).

From the statistic relations found between the nickel values and several analysed factors (pH, organic matter, clay), as well as from the nickel content's variations related to the nature of the mother rock and to the profile's depth, is established that the nickel distribution in soils is determined for the geological material on which they are settled, being of a small influence the type of the developed profile.

Land culture enhance nickel solubility.

Según Vinogradov (64), se denominan elementos traza a aquellos cuya cantidad total en la corteza terrestre es muy pequeña y que se encuentran, de manera general, en las rocas y minerales como impurezas o en sustituciones isomórficas, formando raramente minerales independientes. De acuerdo con esta definición, se puede considerar el níquel como un microelemento.

La distribución de los elementos traza en las rocas magmáticas depende, en general, del tipo de roca, y el factor predominante en la distribución de estos elementos en las redes cristalinas de los minerales formadores de rocas es el radio iónico. El radio iónico del níquel es de 0,78 Å, exactamente del mismo orden de magnitud que el del magnesio (0,78 Å) y muy próximo al del Fe⁺⁺ (0,83 Å) y del Co (0,82 Å), por lo cual se encuentra sustituyendo isomórficamente al magnesio en las rocas silicatadas. Se acumula en las rocas ultrabásicas, abunda en las rocas básicas y escasea en las silícicas (16, 49, 24, 25, 46).

Wager y Mitchell (67; 68) encontraron en las rocas de la intrusión Skaergaard, que a medida que aumenta la acidez descende la cantidad de níquel en la roca; esto mismo ocurre en las series de lavas hawaianas.

Parga Pondal (40), refiriéndose a rocas de Galicia, indica que las serpentinas gallegas son muy ricas en níquel, siguiendo las anfíbolitas y no encontrando níquel en las demás rocas de Galicia.

En sus compuestos naturales el níquel es siempre divalente, con índice de coordinación 6.

Según Vinogradov (64), una parte considerable del níquel está incorporada en las redes cristalinas de los principales minerales formadores de rocas, especialmente en las redes de aluminosilicatos, y puede ser considerado como no asimilable hasta que es liberado por meteorización. Este níquel, si no es lavado inmediatamente, puede ser absorbido o complejado por los minerales de la arcilla o por la fracción orgánica. Estos complejos orgánicos hacen inasimilable el níquel complejado. Otra parte está enlazada menos fuertemente a los silicatos con capacidad de cambio de bases. También hay en el suelo compuestos de níquel solubles en agua, cuyo contenido es muy variable.

Se ha observado (64) que el níquel acumulado en el horizonte húmico de algunos suelos es posible que sea fijado por la materia orgánica. Crooke (7) encuentra que el níquel en turberas está en forma de quelato asociado con la materia orgánica. Vanselov (62) señala que el níquel se encuentra normalmente en forma insoluble, pero si se acidifica el suelo, parte del níquel puede hacerse soluble y asimilable para la planta.

Según Swaine y Mitchell (60) y Mitchell (36), los suelos sobre granito-gneis tienen contenidos más altos en níquel que los graníticos, correspondiéndose más con los suelos derivados de esquistos y pizarras. Hay una diferencia notable entre los contenidos de los suelos derivados de sedimentos arcillosos y arenosos, teniendo las areniscas generalmente contenidos mucho más bajos que los esquistos y pizarras.

Las cantidades de níquel en los suelos arcillosos son dos veces mayores que en los arenosos. En los suelos turbosos es muy bajo y del mismo nivel que en los arenosos (65).

Los resultados de Sillampää (56), muestran que la cantidad de níquel decrece en el orden: suelos minerales finos > suelos minerales gruesos > suelos orgánicos. En contraste con las cantidades totales medias, el níquel soluble en los suelos orgánicos es sorprendentemente elevado, siendo una de las razones la que, aunque hay mucho níquel total en los suelos minerales, una gran proporción está contenida dentro de las partículas minerales y únicamente puede volverse soluble después de la meteorización de estas partículas. Además, el pH más bajo de los suelos orgánicos puede aumentar la solubilidad.

Scott y Mitchell (55) dan la siguiente clasificación, respecto a níquel soluble en acético: suelos normales, 0,26 a 1,10 p.p.m.; suelos anormalmente altos en níquel, 20 p.p.m.

De los datos de la bibliografía sobre el contenido de níquel en distintos tipos de suelos, derivados de diferentes rocas, se llega a la conclusión de que dicho contenido está extraordinariamente influenciado por la roca de la cual deriva el suelo, siendo éste, casi exclusivamente, el factor que decide su distribución.

El contenido en níquel puede predecirse con bastante exactitud cuando el suelo puede ser relacionado directamente con una roca ígnea, pero el problema se complica cuando el suelo deriva de rocas sedimentarias o metamórficas. Excesos de níquel están asociados probablemente con rocas ultrabásicas, y, por tanto, no deben esperarse deficiencias en suelos derivados de estas rocas (32). En el año 1955 Mitchell señala que el contenido total de níquel en los suelos sigue exactamente el del material geológico del cual derivaron, encontrándose mayor cantidad en los suelos sobre rocas básicas y bajando invariablemente en los suelos desarrollados sobre rocas ácidas.

Mckenzie (28) encuentra que el contenido de níquel de los suelos depende más de la roca madre que de los factores que determinan su morfología. En los suelos estudiados por Wells (70), Vinogradov (64) y Lounamaa (24), se refleja fuertemente la influencia de la roca madre en la distribución del níquel.

Al parecer, no existe una relación muy clara entre el contenido en níquel y el pH (26). Sin embargo, Sillampää (56) encuentra que las cantidades de níquel soluble generalmente aumentan al decrecer el pH, y según Hunter y Vergnano (22), la absor-

ción de níquel es proporcional al níquel soluble en ácido acético y al níquel de cambio sólo en suelos de pH similar, estando relacionado el níquel con el pH en sentido inverso. Por otra parte, según Filipovic (14), el contenido en níquel decrece al disminuir el pH.

Para Mitchell (32, 34, 35, 37) la absorción de níquel por las plantas es más débil cuando el suelo es menos ácido, por lo que es posible aumentar la fertilidad de los suelos ricos en níquel simplemente neutralizándolos por encalado. Un cambio de pH de una unidad de 5,4 a 6,4 puede reducir el contenido de níquel a la mitad (38), resultado también confirmado por Chang y Sherman (10) y Sillampää (56).

De los trabajos de distintos investigadores (41, 56, 61, 65, 66, 73) se deduce que el contenido en níquel tiende a decrecer cuando aumenta el tamaño de la partícula del suelo, concentrándose en los horizontes arcillosos.

En cuanto a la variación del contenido en níquel con la materia orgánica, los investigadores señalan dos líneas de conducta de este microelemento: según unos, el níquel decrece cuando el contenido en humus aumenta (41, 65, 73), mientras que para otros existe una acumulación de níquel en los horizontes de humus, en determinados tipos de suelos (11, 26).

De manera general, puede decirse que los cambios en el contenido de níquel en el perfil del suelo, como resultado de los procesos de formación, no son muy espectaculares. Como consecuencia del lavado, se produce una acumulación de níquel en el horizonte B. Con frecuencia hay pérdida de níquel en las capas superficiales de suelos derivados de rocas ultrabásicas.

Durante la podsolización el níquel se concentra en los horizontes iluviales y en el horizonte A₁ a expensas de aquéllos (27, 32). De manera general, el níquel tiende a disminuir con la profundidad (12, 21, 23).

Como resultado de la gleyficación, la mayor concentración de níquel se produce en el horizonte más profundo (6), decreciendo gradualmente según se asciende en el perfil. Análoga distribución se encontró para tierras pardas, rendsinas y terra rossa, aunque con efecto poco marcado (6, 28).

En los perfiles de turbera, profundos, el níquel se concentra a profundidades de 100-600 cm., pudiendo ser hasta 100 veces mayor el contenido en níquel en esta zona de concentración que en otros horizontes del mismo perfil (35).

El níquel no se considera esencial para las plantas y animales (24, 39), pero se puede considerar útil por ejercer una acción estimulante (39). Su función bioquímica no está clara, aunque se encuentra en todos los organismos y en todas las plantas (2). Puede admitirse su existencia como elemento accidental (51), aunque hay autores que le asignan acciones activadoras de fermentos. Porfir'ev y Troitskaya (42), indican que el níquel es importante como regulador de los procesos de oxidación que tienen lugar en las plantas, mientras que Mitchell (33) opina que la importancia del níquel es debida a sus efectos tóxicos sobre las cosechas. Sin embargo, muchos investigadores encuentran que, en pequeñas cantidades, tiene un efecto benéfico sobre las plantas (9, 44, 69, 71).

El níquel a concentraciones de 2 p.p.m. o menos ya es tóxico para muchas plantas (5, 7, 19, 29, 54, 62) y a esta toxicidad se atribuye la infertilidad asociada con ciertos tipos de suelos sobre serpentina (21, 30, 45, 63).

Los principales síntomas que presentan las plantas afectadas de toxicidad producida por un exceso de níquel, son: clorosis, seguida de necrosis (58); según algunos autores, la clorosis se debe a una deficiencia de hierro, inducida por el níquel (22, 69).

El tratamiento correctivo más satisfactorio es la aplicación de cal y fertilizantes nitrogenados y potásicos (8). La deficiencia del suelo en níquel puede ser corregida variando las especies de las plantas cultivadas o abonando en superficie con dicho elemento, incorporado preferentemente a superfosfato o sulfato amónico. En algunos suelos, generalmente en aquellos ricos en carbonato cálcico, puede ocurrir que haya deficiencia de este elemento en la vegetación, aunque haya abundante cantidad en el suelo. Este efecto, denominado clorosis inducida por la cal, está aparentemente relacionado con el valor del pH del suelo. Este hecho no puede considerarse como una verdadera

deficiencia de níquel en el suelo, ya que puede ser remediado modificando el pH sin añadir dicho elemento (32).

Como ya dijimos anteriormente, el níquel existe en el suelo formando diferentes compuestos, con distinto grado de estabilidad. La planta no es capaz de absorber por la raíz la totalidad de los mismos, sino sólo algunas formas solubles en agua, fijadas al humus y a la arcilla como cationes de cambio principalmente.

Por ello, se han desarrollado dos determinaciones analíticas: níquel total y níquel soluble o asimilable. El níquel total representa la suma del níquel existente en las diversas formas y su determinación exige la disgregación total del suelo.

El concepto de níquel soluble o asimilable necesita alguna aclaración: en principio, se designa como níquel asimilable al que puede absorber la planta a través de la raíz y su determinación exige utilizar la propia planta. Sin embargo, las distintas plantas pueden absorber cantidades muy diferentes de níquel, careciendo, por tanto, los valores de utilidad general; por ello, se ha generalizado el método de extraer el suelo con distintos disolventes, cuya capacidad de disolución es más o menos análoga a la de la propia planta, designando este valor como níquel soluble, por lo que se debe especificar en cada caso el solvente empleado, para poder comparar los resultados.

Los principales extractores empleados en la determinación de níquel soluble son: ácido clorhídrico (4, 53), ácido acético (31, 55) y acetato amónico (10, 57). Los cationes amonio y los aniones acetato tienen la ventaja de poder ser eliminados fácilmente en los estadios siguientes del análisis.

El acetato amónico se usa para determinar el níquel de cambio, mientras que el níquel extraído con ácido acético al 2,5 % en volumen no puede ser considerado, con exactitud, de cambio (33). La cantidad de níquel separada por el ácido acético al 2,5 % en volumen (pH 2,5) es diez veces mayor, aproximadamente, que la extraída con acetato amónico (36). Además, para Mitchell (38), el mejor extractante para comparar con la absorción de níquel por la planta es el ácido acético al 2,5 por % en volumen.

La determinación de níquel total, como ya se dijo anteriormente, exige la disgregación total del suelo, que puede realizarse con distintas mezclas ácidas (3, 10, 48, 50).

Para la detección del níquel se usan distintos métodos: gravimétricos (13, 20), colorimétricos (4, 10, 47, 48, 50, 57) y espectrográficos (3, 31, 53, 55, 70), principalmente.

MÉTODOS Y MUESTRAS

Métodos

Los suelos, después de secos al aire, se han pasado por el tamiz de 2 mm.

De cada uno de ellos, se han realizado las determinaciones generales siguientes:

pH en agua y en cloruro potásico (17),
carbono orgánico total, por el método de Sauerlandt (52),
materia orgánica total,
nitrógeno total por el método de Kjeldahl,
fósforo soluble en lactato ácido de Egner-Riehm a pH 3,6, colorimétricamente,
potasio asimilable, por fotometría de llama,
análisis granulométrico, según el método internacional descrito por Albareda Herrera (1) y
cálculo del índice de amortiguación, por el método propuesto por Guitián Ojea y Muñoz Taboada (17).

A continuación se ha efectuado la determinación de níquel soluble y total.

La determinación de níquel soluble se realizó extrayendo el suelo con solución de ácido acético al 2,5 % en volumen (pH 2,5) y en el extracto se determinó el níquel, colorimétricamente, por el método de Sandell (48), basado en el color rojo-vino que se obtiene cuando se añade dimetilglioxima a una solución amoniacal de una sal de

TABLA I

Datos para la caracterización química de los suelos naturales estudiados

Muestra	Tipo de suelo	Horizonte	cm.	Granulación	pH agua	pH ClK	Materia orgánica	N %	C/N	Indice amort.	Análisis mecánico			
											2-0.2 m/m.	0.2-0.02 m/m.	0.02-0.002 m/m.	< 0.002 m/m.
584	Ranker	A ₀ + A ₁	2 — 20	Al	4,9	4,3	16,14	0,60	14,70	6,3	44,0	17,4	19,7	18,9
583	Tierra parda	A ₀ + A ₁	3 — 38	Pa	4,7	4,1	18,43	0,88	11,30	6,6	40,7	18,7	20,0	20,6
		(B)	38 — 70	Pa	5,2	4,5	4,62	0,14	18,18	4,8	46,6	12,1	12,9	28,4
		C ₁ g	70 — 140	Pa	5,3	4,4	2,97	0,10	17,50	4,2	46,2	13,5	14,8	25,5
703	Vega parda	A (B)	0 — 20	A	6,1	5,0	2,10	0,13	8,35	3,8	80,6	8,7	4,8	5,9
		(B) ₁	20 — 80	A	6,1	5,0	1,68	0,13	7,50	3,8	73,0	11,6	6,4	9,0
		(B) ₂	80 — 150	A	6,1	4,7	1,26	0,08	8,89	3,8	69,3	15,9	5,2	9,6
711	Ranker	A ₀ + A ₁	2 — 25	A	5,1	4,2	14,10	0,38	21,45	5,8	69,8	11,5	9,1	9,6
		A ₁ /C	25 — 45	A	5,4	4,5	8,30	0,14	18,17	4,0	70,5	9,9	11,1	8,5
724	Ranker	A ₀ + A ₁	2 — 15	A	4,6	4,0	9,96	0,51	11,06	5,0	67,1	15,5	8,2	9,2
		A ₁₂	15 — 30	A	5,0	4,1	4,49	0,29	8,83	4,5	70,7	15,1	8,2	6,0
371	Tierra parda	A ₀	0 — 40	A	5,0	4,5	14,10	0,60	13,12	5,7	68,8	10,9	10,6	9,7
		A ₁ /(B)	40 — 100	A	5,2	4,7	10,47	0,37	15,84	5,3	67,5	10,9	10,3	11,3
		(B)	100 — 170	A	5,2	4,7	2,81	0,08	19,51	3,1	66,3	13,2	10,9	9,6
401	Tierra parda	A	0 — 30	Ap	4,9	4,1	17,18	0,65	14,67	5,9	47,6	21,4	14,2	16,8
		(B)	30 — 80	Ap	5,2	4,5	10,54	0,37	16,02	5,3	60,3	15,1	10,9	14,7
		C ₁	+ 80	Ap	5,2	4,7	2,51	0,07	19,46	2,8	80,3	15,4	6,7	14,6
408	Tierra parda	A ₀ + A ₁	2 — 25	A	5,2	4,4	12,34	0,49	14,13	5,4	61,1	13,2	12,9	12,9
		(B)	25 — 60	Ap	5,6	4,9	0,67	0,27	13,83	5,1	60,5	11,8	12,2	15,5
		C ₁	+ 60	A	5,5	4,7	1,23	0,09	7,78	5,4	69,5	10,2	10,9	9,3
470	Tierra parda	A ₀	5 — 25	A	5,2	4,2	11,84	0,42	15,54	5,9	54,6	19,0	12,5	13,9
		A ₁	25 — 40	A	5,2	4,5	14,03	0,41	18,42	6,4	60,5	13,7	11,2	14,6

TABLA I (continuación)

Muestra	Tipo de suelo	Horizonte	cm.	Granulación	pH agua	pH ClK	Materia orgánica	N %	C/N	Índice amort.	Análisis mecánico			
											2-0.2 m/m.	0.2-0.02 m/m.	0.02-0.002 m/m.	< 0.002 m/m.
786	Tierra parda	B	40 — 100	Ap	5,1	4,6	8,22	0,22	20,13	5,6	46,9	18,4	17,4	17,3
		$A_{00} + A_0$	0 — 10	Ap	4,9	4,0	16,54	0,45	20,45	5,6	44,2	26,0	14,9	14,9
		A_1	10 — 45	Ap	5,1	4,3	15,80	0,55	15,82	5,9	45,8	23,3	14,5	16,4
		(B)	45 — 85	Ap	5,2	4,5	4,16	0,12	19,34	4,5	53,2	16,8	12,1	17,9
53	Podsol	C_1	+ 85	A	4,8	4,3	0,65	0,02	20,67	3,0	57,4	17,6	15,0	10,0
		A_0	0 — 15	A	3,8	2,9	20,13	0,45	25,31	4,8	15,8	55,4	19,4	9,4
		A_c	15 — 30	A	4,8	3,7	1,91	0,07	15,85	1,6	41,3	32,0	22,6	4,1
		B_{hrs}	30 — 35	Al	4,8	3,9	17,41	0,15	6,35	6,7	32,6	25,3	20,8	21,3
		B/C_1	35 — 50	Al	5,2	4,5	5,33	0,12	2,41	5,1	27,6	25,8	25,4	21,2
		A_{00}	0 — 5	Pa	4,7	3,7	6,74	0,38	10,13	5,1	4,0	59,8	15,8	20,4
732	Molkenpodsol	$A_0 + A_1$	5 — 30	A	4,7	3,7	3,43	0,18	11,07	4,9	10,5	62,0	13,4	14,1
		A_e/g	30 — 45	Ap	5,1	3,9	0,36	0,07	3,09	4,1	13,2	50,9	16,8	19,1
		$B_{hrs} + B_s$	45 — 150	Pa	4,8	4,0	0,07	0,05	0,78	3,3	19,1	25,7	28,6	26,6
		A_{00}	0 — 10	A	4,8	3,7	14,08	0,35	22,49	4,6	49,4	29,4	11,4	9,8
		A_1	10 — 45	A	4,6	3,8	6,41	0,25	14,94	4,4	70,8	11,7	6,9	10,6
733	Pseudogley	A_e/gh	45 — 55	A	5,1	4,0	1,09	0,05	11,89	2,6	72,2	12,2	8,2	7,4
		g/C_1	55 — 65	A	5,5	4,4	1,17	0,04	19,14	2,3	77,3	10,1	9,1	3,5
		$A_0 + A_1$	2 — 40	Pa	5,4	4,6	7,84	0,35	12,61	5,3	40,6	12,1	14,5	32,8
		(B) ₁	40 — 70	Pa	5,5	4,5	2,23	0,08	15,88	3,9	40,0	16,8	17,0	26,2
598	Tierra parda	(B) ₂	70 + 150	Pa	5,4	4,2	0,92	0,04	13,23	2,9	47,0	18,6	19,8	15,6
		$A_0 + A_1$	3 — 23	Al	5,4	4,5	12,86	0,50	14,22	5,7	32,5	27,9	20,0	19,4
		(B) ₁	23 — 60	Al	5,2	4,4	4,93	0,17	16,71	4,6	29,0	27,9	21,1	22,0
		(B) ₂	60 — 150	A	5,3	4,2	1,29	0,01	12,33	3,2	44,1	30,0	15,2	10,7
417	Aumoor	AG_0	2 — 10	Ap	4,7	4,0	24,82	0,83	16,21	5,6	47,0	18,0	18,9	16,1

TABLA I (continuación)

Muestra	Tipo de suelo	Horizonte	cm.	Granulación	pH agua	pH CIK	Materia orgánica	N %	C/N	Indice amort.	Análisis mecánico			
											2-0.2 m/m.	0.2-0.02 m/m.	0.02-0.002 m/m.	< 0.002 m/m.
728	Pseudogley	AG _r	10 — 20	A	4,7	4,2	11,83	0,34	19,68	5,4	67,7	11,9	8,0	12,4
		C ₁ G	20 — 45	Ap	5,2	4,5	3,24	0,12	15,73	4,4	56,7	14,3	12,1	16,9
		A (B)	2 — 10	A	5,0	3,9	9,95	0,38	14,82	4,5	60,1	15,2	12,1	12,6
		(B) g	10 + 150	La	5,2	4,3	1,92	0,14	8,16	2,8	32,8	17,2	24,4	25,6
767	Molkenpodsol	A ₀	0 — 5	Ap	4,9	3,9	18,86	0,50	21,20	4,8	17,1	51,3	14,0	17,6
		A ₀ /gh	5 — 20	A	5,0	3,8	4,06	0,17	14,12	3,7	43,7	38,8	8,3	9,2
		A ₀ /g	20 — 25	Pa	5,1	4,1	5,28	0,15	19,67	5,0	17,3	27,6	16,1	39,0
		g	25 — 300	P	5,3	4,1	1,33	0,05	16,17	3,4	20,7	18,2	16,3	44,8
746	Tierra parda	A ₀ + A ₁	2 — 30	Al	5,6	4,6	7,40	0,42	10,00	5,4	23,4	19,9	34,3	22,4
		(H)	30 — 75	Al	6,1	4,9	1,88	0,09	12,30	3,7	42,4	15,6	29,7	12,3
		C ₁	75 — 200	Al	6,1	5,1	1,15	0,07	9,17	2,7	43,4	10,2	36,8	9,6
		A	0 — 20	Pa	5,1	4,5	9,96	0,53	10,30	6,0	25,0	33,6	12,1	29,3
821	Pseudogley	(B)	20 — 35	P	5,2	4,4	3,26	0,13	13,76	4,6	11,5	22,9	15,3	50,3
		(B)/g ₁	35 — 50	P	5,1	4,3	1,55	0,05	16,73	4,2	7,1	20,4	19,8	52,7
		(B)/g ₂	50 — 65	P	5,2	4,3	1,38	0,03	23,64	4,3	4,3	30,8	16,7	48,2
		(B)/g ₃	65 — 80	P	5,1	4,3	0,93	0,02	25,24	4,4	5,4	32,0	18,2	44,4
		A ₀ + A ₁	3 — 30	Al	5,8	5,0	17,72	0,63	15,31	6,1	34,6	24,0	20,7	20,7
		B	30 — 70	A	5,6	5,2	1,19	0,09	8,00	2,3	72,8	11,9	5,0	10,3
677	Lehm rojo	A ₀ + A ₁	2 — 40	Pl	5,3	4,8	16,44	0,85	10,08	6,4	11,6	23,4	35,3	29,7
		(B) ₁	40 — 70	Pa	5,1	4,3	0,95	0,12	4,27	4,4	18,6	26,6	26,6	28,2
		(B) ₂	70 — 150	Al	5,1	4,1	0,52	0,07	4,39	5,2	24,1	30,3	29,5	16,1
505	Ranker	A ₁	3 — 30	A	5,3	4,5	15,80	0,67	12,51	6,1	38,1	27,5	24,0	11,4
186	Lehm rojo	A	0 — 10	Al	6,5	5,4	4,57	0,40	6,36	5,7	20,0	24,8	34,2	21,0
		(B)	10 — 60	Al	6,1	5,2	5,75	0,29	7,61	5,8	23,4	20,5	32,6	23,5
754	Lehm rojo	A ₁	2 — 25	Pa	6,8	5,9	2,59	0,44	3,31	4,6	32,7	9,8	25,3	32,2
		B ₁	25 — 55	Pa	7,0	6,2	1,18	0,09	7,33	3,8	34,6	12,6	14,0	38,8
		B ₂	55 — 75	Pa	7,1	6,3	0,49	0,06	5,00	2,7	29,6	14,2	24,4	31,8
		(B)	75 — 100	Ap	7,3	6,6	0,22	0,03	3,75	1,1	39,8	20,0	19,0	21,2
		C ₁	100 — 300	A	7,4	6,8	0,07	0,02	2,00	—	53,6	12,1	19,9	14,4

níquel, tratada con un agente oxidante como el agua de bromo. Para medir el color se usó un absorciómetro Spekker modelo H-760. Se cumple la ley de Beer hasta 5 p.p.m por lo menos y la sensibilidad del método es de 0,0042 γ de níquel/ml (48).

El níquel total se determinó por el mismo método, pero disgregando previamente la muestra calcinada con la mezcla agua-ácido perclórico-ácido fluorhídrico (50), en la proporción 1:1:8.

Finalmente, con los datos obtenidos, se ha realizado un análisis estadístico, calculando las correlaciones de orden cero, coeficientes de correlación parcial (15) y correlaciones múltiples (72) entre las distintas variables del suelo y el contenido en níquel total, níquel soluble y la relación 100 Ni soluble/níquel total.

Muestras

Se han seleccionado 25 perfiles de suelos naturales (75 muestras) y 62 suelos de cultivo, comprendiendo los principales tipos existentes en la provincia, desarrollados sobre rocas que ocupan considerable extensión. De todos ellos, se ha realizado la caracterización morfológica y tipológica, como se refleja en la tabla I.

Para la selección de las muestras se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- distribución geográfica dentro de la provincia,
- grado de desarrollo del perfil dentro del tipo considerado y
- materia geológica sobre el que se asientan los suelos.

En suelos de cultivo, las muestras se han caracterizado en relación con el suelo natural del que derivan y con el cual se hallan genéticamente asociados (tabla II). Se ha procurado efectuar la recolección de las muestras en la misma época del año para evitar variaciones estacionales. No se incluyen muestras de prado, ni cultivos de huerta, por la contaminación que pudiera representar la utilización de escorias Thomas como fertilizante.

TABLA II

Datos para la caracterización química de los suelos de cultivo estudiados

Muestra	Textura	pH agua	pH C/K	Materia orgánica %	N %	C/N	P ₂ O ₅ mg/100 gr	K ₂ O gr	Índice amorti- guación
313	La	6,85	6,40	3,84	0,22	10,27	2,2	37,5	4,67
320	Al	7,80	7,50	4,21	0,14	17,30	6,0	2,5	—
339	La	5,15	4,30	3,65	0,22	9,50	2,6	10,0	3,15
391	La	5,95	5,20	3,64	0,23	9,21	2,4	7,5	3,89
392	La	6,00	5,15	6,29	0,24	15,53	2,6	10,0	4,32
448	La	6,20	5,58	8,46	0,48	10,20	3,8	10,0	5,63
450	Al	5,42	4,75	0,78	0,25	1,82	2,6	7,5	4,22
607	La	7,15	6,70	3,48	0,19	10,52	17,0	17,5	6,00
626	La	6,60	5,80	5,48	0,23	13,59	20,5	5,0	4,33
411	La	5,55	4,80	7,21	0,45	9,37	1,8	2,5	5,00
453	La	6,00	5,32	8,19	0,43	11,09	1,6	20,0	5,36
456	La	6,45	5,70	7,36	0,46	9,22	1,4	17,5	6,15
472	La	5,75	4,70	3,79	0,29	7,50	1,6	12,5	5,13
485	La	7,35	7,00	5,45	0,34	9,46	0,8	7,5	—
492	La	5,52	4,78	6,17	0,36	9,83	3,8	15,0	4,59
511	La	6,60	6,20	8,71	0,37	13,76	3,6	12,5	5,00
514	La	6,85	6,45	9,62	0,22	25,14	0,6	12,5	5,45
612	La	6,95	6,50	3,05	0,14	12,83	1,8	15,0	3,00

T A B L A I I (continuación)

Muestra	Textura	pH agua	pH ClK	Materia orgánica %	N %	C/N	P ₂ O ₅ mg/100 gr	K ₂ O mg/100 gr	Índice amortili- guación
646	Al	5,50	4,28	4,67	0,13	21,34	1,2	7,5	3,60
785	La	6,30	5,40	—	0,29	—	2,2	7,5	4,69
788	Al	6,50	5,90	1,34	0,19	4,02	7,4	12,5	2,91
302	La	5,10	4,35	7,19	0,45	9,34	3,4	7,5	4,91
701	La	5,70	4,50	4,78	0,19	14,58	2,0	7,5	4,40
378	La	5,50	4,65	5,41	0,39	7,98	2,0	7,5	4,89
459	La	5,90	5,22	13,67	0,82	9,65	4,6	15,0	7,14
520	L	6,30	5,65	11,34	0,28	23,33	0,2	20,0	6,30
521	L	7,40	6,90	6,86	0,52	7,64	1,4	42,5	2,00
528	Lp	7,50	7,00	4,84	0,26	10,98	1,6	7,5	—
566	La	6,05	5,25	5,12	0,36	8,25	9,0	22,5	5,14
568	La	6,10	4,80	4,21	0,22	10,94	1,6	25,0	3,86
675	Lp	5,30	4,20	5,22	0,21	14,16	1,0	10,0	4,29
768	La	5,40	4,40	9,17	0,44	12,23	1,8	25,0	5,38
797	L	5,95	5,35	4,95	0,35	8,25	0,8	7,5	6,36
798	La	6,20	5,80	7,64	0,26	17,10	7,8	5,0	4,33
306	La	5,70	4,70	5,10	0,24	12,33	1,8	12,5	3,91
307	La	5,90	4,98	6,38	0,29	12,28	2,4	17,5	4,46
447	La	6,00	5,25	4,34	0,21	12,29	1,8	12,5	4,57
680	La	5,30	4,30	8,55	0,37	13,37	3,2	7,5	5,19
681	La	5,10	4,10	5,84	0,27	12,46	3,2	7,5	4,14
682	La	5,50	4,52	7,38	0,34	12,78	6,0	10,0	5,04
690	La	5,40	4,15	2,97	0,30	5,79	3,4	5,0	5,19
580	La	6,25	5,90	5,69	0,26	12,50	3,6	35,0	5,27
666	L	5,35	4,20	3,60	0,25	8,50	2,8	10,0	4,57
717	La	5,20	4,60	2,07	0,44	2,75	—	7,5	5,62
774	La	5,50	4,62	8,36	0,42	11,49	3,0	20,0	5,55
805	La	7,30	6,82	3,60	0,20	10,50	4,8	10,0	5,56
809	La	5,10	4,50	5,12	0,24	12,53	1,8	2,5	4,32
502	L	6,20	5,78	4,26	0,36	6,78	0,2	7,5	5,74
504	Lp	5,75	5,20	1,69	0,21	7,52	0,4	12,5	4,33
531	La	6,30	5,40	5,50	0,30	10,67	1,0	7,5	5,75
533	La	6,35	5,50	5,95	0,30	11,46	2,4	25,0	6,90
550	La	5,25	4,65	6,95	0,62	6,49	4,2	12,5	5,96
557	L	6,38	6,00	6,22	0,41	8,78	7,0	10,0	6,50
676	Lp	6,00	5,05	5,93	0,29	11,94	1,2	10,0	4,87
743	La	5,80	4,70	5,57	0,27	11,88	1,6	12,5	4,70
745	L	5,70	4,90	7,10	0,41	10,15	3,2	15,0	5,62
748	La	6,20	5,20	3,78	0,21	10,23	2,2	25,0	4,33
750	L	7,60	7,02	3,50	0,19	10,86	4,8	25,0	—
804	Lp	7,15	6,65	4,41	0,25	10,41	3,4	20,0	7,14
819	L	6,50	5,88	6,08	0,25	14,23	3,2	47,5	5,36
187	La	6,10	4,90	2,72	0,17	9,29	13,6	25,0	4,76
726	Al	5,20	4,30	6,84	0,33	12,18	3,4	5,0	4,74

R E S U L T A D O S

Suelos naturales

Los valores encontrados para níquel soluble en ácido acético oscilan entre «trazas» y 40 p.p.m. (tabla III), con un valor medio de 1,45 p.p.m., por lo que, en conjunto, pueden considerarse los suelos de la provincia de La Coruña como de elevado contenido en níquel, al compararlos con los datos dados por Scott y Mitchell (55) (suelos normales de 0,26 a 1,10 p.p.m.), debiendo esperarse toxicidades por este elemento en alguna de las zonas de la provincia.

Si se separan los horizontes orgánicos superficiales del resto de los horizontes, se obtienen los valores medios 2,17 y 1,09 p.p.m., respectivamente, indicando que la presencia de esta forma soluble de níquel está relacionada con el contenido en materia orgánica, probablemente en gran parte, en forma de complejo.

La cantidad de níquel total varía entre 3,15 p.p.m. y 2.239 p.p.m. (tabla III), con un valor medio de 118,24 p.p.m., cifra que puede considerarse elevada al compararla con los datos de la bibliografía (59), si se tiene en cuenta la heterogeneidad de las rocas y perfiles estudiados. Estas cantidades de níquel se encuentran homogéneamente distribuidas entre los horizontes orgánicos y minerales, ya que los valores medios respectivos son 125,07 y 114,08 p.p.m., que pueden considerarse homogéneos con el valor de la media e indican la falta de afinidad del níquel por un tipo de horizonte determinado.

La última columna de la tabla III contiene la relación 100 níquel soluble/níquel total, es decir, el porcentaje que representa el níquel soluble del total existente en el suelo, encontrándose, en general, para la misma, valores muy bajos.

Con los datos obtenidos se han calculado las correlaciones entre níquel total y níquel soluble, y cada uno de éstos con pH, materia orgánica y arcilla, y las correlaciones múltiples entre níquel total-materia orgánica-arcilla y níquel soluble-materia orgánica-arcilla. Estas correlaciones se han calculado para la totalidad de las muestras y fraccionando el conjunto de las mismas, en función de los materiales de que derivan los suelos, en los siguientes grupos: 1) areniscas y cuarcitas, 2) granitos y gneis, 3) esquistos arcillosos y micacitas y 4) rocas básicas (esquistos básicos, cloritotalcitas, anfíbolitas y serpentinas).

Los resultados obtenidos se indican en las tablas IV, V y VI, en las cuales la significación se ha expresado de la forma siguiente: significación al nivel 0,1 % (+ + + +), significación al nivel 1 % (+ +) y significación al nivel 5 % (+).

Dado el bajo grado de correlación existente entre las diversas varia-

TABLA III

Contenido en níquel total y soluble de los diferentes tipos de suelos, ordenados en función del material de partida

Muestra	Roca	Tipo de suelo	Prof. cm	Ni total p p. m	Ni soluble p. p. m.	100 Ni sol. Ni total
584	Granito	Ranker	2 — 20	7,69	0,37	4,81
583	Granito	Tierra parda	3 — 38	11,07	0,08	0,72
			38 — 68	15,21	tr.	—
			68 — 140	14,03	tr.	—
703	Granito	Vega parda	0 — 20	17,26	0,29	1,68
			20 — 80	18,60	0,36	1,94
			80 — 150	20,72	0,42	2,03
711	Gneis	Ranker	2 — 25	13,20	0,13	0,99
			25 — 45	14,54	tr.	—
724	Gneis	Ranker	2 — 15	5,06	0,42	8,30
			15 — 30	3,19	0,18	5,64
371	Gneis	Tierra parda	0 — 40	8,91	0,13	1,46
			40 — 100	8,37	tr.	—
			100 — 170	10,52	tr.	—
401	Gneis	Tierra parda	0 — 30	6,00	0,06	1,00
			30 — 80	6,48	0,06	0,93
			+ 80	5,51	tr.	—
408	Gneis	Tierra parda	2 — 25	15,86	0,13	0,82
			25 — 60	19,08	0,13	0,68
			+ 60	17,73	tr.	—
470	Gneis	Tierra parda	5 — 25	5,94	tr.	—
			25 — 40	7,77	0,19	2,45
			40 — 100	13,62	tr.	—
786	Gneis	Tierra parda	0 — 10	7,80	0,30	3,85
			10 — 45	8,10	0,25	3,09
			45 — 85	10,16	0,25	2,46
			+ 85	12,59	0,12	0,95
53	Cuarcita	Podsol	0 — 15	7,20	tr.	—
			15 — 30	7,00	tr.	—
			30 — 35	11,85	0,27	2,28
			35 — 50	11,49	tr.	—
732	Arenisca	Molkenpodsol	0 — 5	7,42	0,25	3,37
			5 — 30	5,78	0,29	5,02
			30 — 45	5,75	0,12	2,09
			45 — 150	9,40	0,06	0,64
733	Arenisca	Pseudogley	0 — 10	3,99	0,22	5,51
			10 — 45	4,76	0,12	2,52
			45 — 55	3,65	0,12	3,29
			55 — 65	3,15	0,03	0,95

TABLA III (continuación)

Muestra	Roca	Tipo de suelo	Prof. cm.	Ni total p. p. m.	Ni soluble p. p. m.	100 Ni sol. Ni total
679	Micacita	Tierra parda	2 — 40	48,82	0,62	1,27
			40 — 70	54,70	0,42	0,77
			70 — 150	49,33	0,18	0,37
598	Esquistos arcillosos	Tierra parda	3 — 25	26,65	0,37	1,39
			25 — 60	29,64	0,28	0,95
			60 — 150	31,55	0,27	0,96
417	id.	Anmoor	1 — 10	7,43	0,37	4,98
			10 — 20	9,54	0,30	3,15
			+ 20	21,63	0,18	0,83
728	id.	Pseudogley	2 — 10	10,33	0,25	2,42
			10 — 150	16,46	0,12	0,73
767	Esquistos básicos	Molkenpodsol	0 — 5	5,88	0,42	7,14
			5 — 20	3,41	0,35	10,26
			20 — 25	14,03	0,48	3,42
			25 — 300	18,89	0,36	1,91
746	Cloritotalcitas	Tierra parda	2 — 30	444,77	2,12	0,48
			30 — 75	638,76	1,13	0,18
			75 — 200	957,43	0,71	0,07
821	Anfibolitas	Pseudogley	0 — 20	22,90	0,43	1,89
			20 — 35	31,54	0,25	0,79
			35 — 50	25,75	0,19	0,74
			50 — 65	17,23	tr.	—
			65 — 80	21,17	tr.	—
499	id.	Vega de lehm	3 — 30	69,36	1,49	2,15
			30 — 70	100,52	0,42	0,42
677	id.	Lehm rojo	2 — 40	126,74	1,56	1,23
			40 — 70	141,37	0,55	0,39
			70 — 150	148,00	0,43	0,29
505	id.	Ranker	3 — 30	57,07	0,56	0,98
186	Serpentina	Lehm rojo	0 — 10	1971,83	40,38	2,13
			10 — 60	2239,04	40,44	1,86
754	Serpentina	Lehm rojo	2 — 25	217,68	3,23	1,48
			25 — 55	201,37	2,07	1,03
			55 — 75	230,82	1,44	0,62
			75 — 100	215,92	0,55	0,26
			100 — 300	253,94	0,25	0,10

TABLA IV

Coefficientes de correlación entre níquel soluble y las distintas variables y su significación

Roca	N.º de muestras	Materia orgánica	Arcilla	pH	Arcilla-mat. Org.
Areniscas y cuarcitas	12	0,3556	0,2727	0,2157	0,4706
Granitos y gneis	27	0,1729	— 0,2605	— 0,2844	0,3150
Esquistos y micacitas	11	0,3485	0,4325	0,5667	0,7120+
Rocas básicas	25	— 0,0220	— 0,1219	0,1633	0,1462
Total de muestras... ..	75	0,0699	0,0659	0,2482+	0,0806

TABLA V

Coefficientes de correlación entre níquel total y las distintas variables y su significación

Roca	N.º de muestras	Materia orgánica	Arcilla	pH	Níquel soluble	Arcilla-mat. Org.
Areniscas y cuarcitas.	12	0,2817	0,6865+	0,0940	0,0520	0,7700++
Granitos y gneis	27	— 0,3548	0,1116	0,6594+++	0,0078	0,3721
Esquistos y micacitas.	11	— 0,5707	0,6532+	0,6075+	0,3953	0,7365+
Rocas básicas	25	— 0,1263	— 0,2739	0,2473	0,9233+++	0,3819
Total de muestras ...	75	0,0472	0,0144	0,1134	0,2797+	0,0566

TABLA VI

Coefficientes de correlación entre la relación 100 níquel soluble/níquel total y las distintas variables y su significación

Roca	N.º de muestras	Materia orgánica	Arcilla	pH
Areniscas y cuarcitas	12	0,0780	— 0,0409	— 0,1098
Granitos y gneis	27	0,2244	— 0,3359	— 0,3691+
Esquistos y micacitas	11	0,9276+++	— 0,7517++	— 0,5484
Rocas básicas	25	0,3768	— 0,2649	— 0,3737
Total de muestras	75	0,3169++	— 0,2480+	— 0,3313+++

bles y las formas total y soluble de níquel, se han agrupado los suelos en función del material de que derivan, representando los valores medios del contenido en níquel total en cada uno de ellos en la figura 1. En ella se observa un aumento progresivo del contenido en níquel, según la secuencia:

areniscas < gneis < esquistos < rocas básicas
cuarcitas < granitos < arcillosos

con una cuantía muy superior en estas últimas.

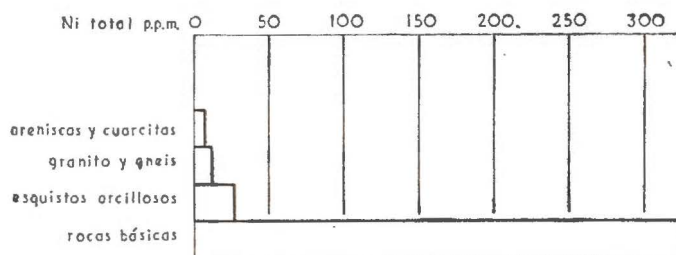


FIG. 1.

Relación entre el contenido en níquel total y el material de partida de los suelos naturales.

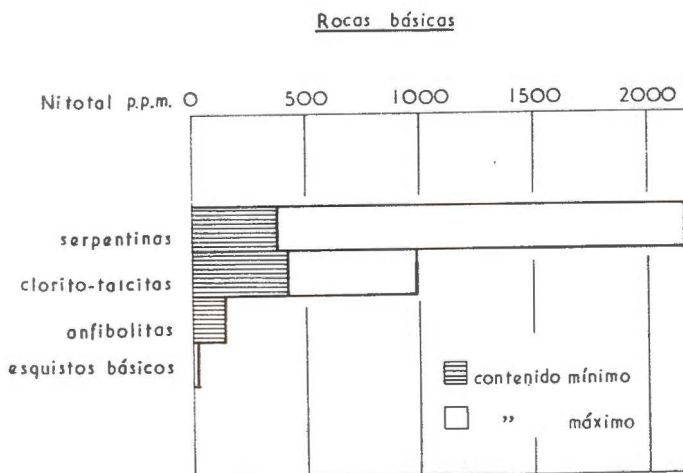


FIG. 2.

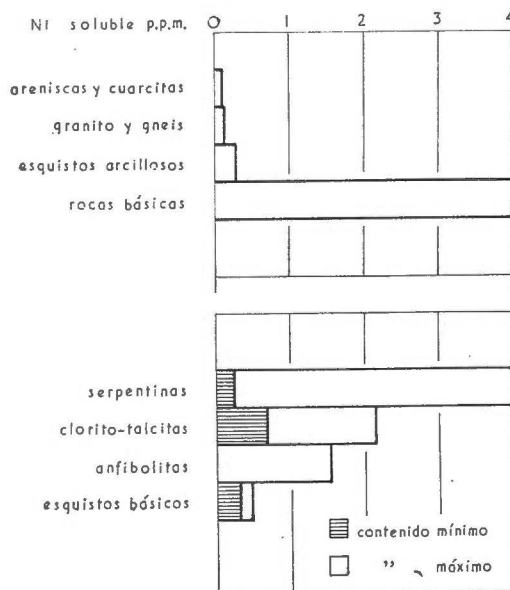
Distribución del níquel total en suelos naturales, sobre distintas rocas básicas.

El fraccionamiento del grupo de rocas básicas en: serpentinas, cloritotalcitas, anfíbolitas y esquistos básicos, produjo los resultados representados en la figura 2, en la que puede apreciarse que la existencia del níquel total, en gran cantidad de suelos, está ligada especialmente a las

serpentinas y en menor grado a las cloritotalcitas, como era de esperar por el comportamiento geoquímico del níquel, análogo al del magnesio, en cuyo elemento están especialmente enriquecidos estos tipos de rocas.

El níquel soluble sigue una distribución análoga, como se muestra en las figuras 3 y 4.

De todo lo expuesto, se deduce que el factor que condiciona casi exclusivamente la distribución del níquel en los suelos de la provincia de La Coruña es el material de que derivan éstos, teniendo todos los demás factores un valor diferencial poco acusado, aun para el mismo material geológico que da origen al suelo.



FIGS. 3 y 4.

Relación entre el contenido en níquel soluble y el material de partida de los suelos naturales y su distribución en los suelos sobre rocas básicas.

Las variaciones del contenido en níquel total, níquel soluble y 100 níquel soluble/níquel total, para los distintos tipos de suelos, en función de la profundidad, se representan en las figuras 5-10. Las gráficas demuestran, de manera general y salvo en casos extremos, la pequeña influencia de los diversos tipos de desarrollo del suelo en su contenido en níquel.

Los suelos ranker números 711 y 724 (fig. 5), mantienen prácticamente constante su contenido en níquel total y dentro de esta característica, su pequeña cuantía, como consecuencia del material de que derivan (gneis); el contenido en níquel soluble es muy bajo, especialmente en uno de ellos.

Esta ausencia de variación del contenido en níquel con la profundidad, se confirma en las tierras pardas números 371, 408, 583, 598, 780, 401 (fig. 6) y 679 (fig. 7), en las cuales se aprecia una ligera tendencia

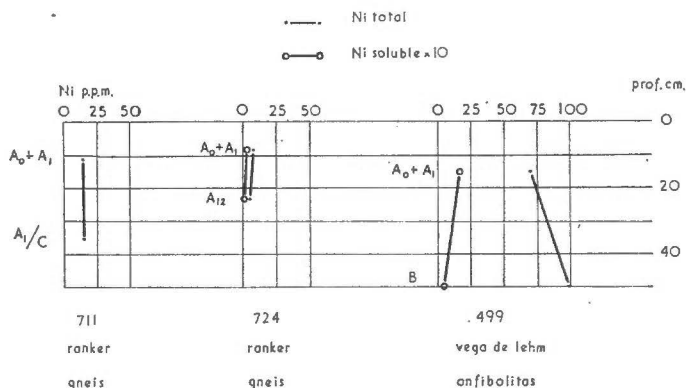


FIG. 5.
Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

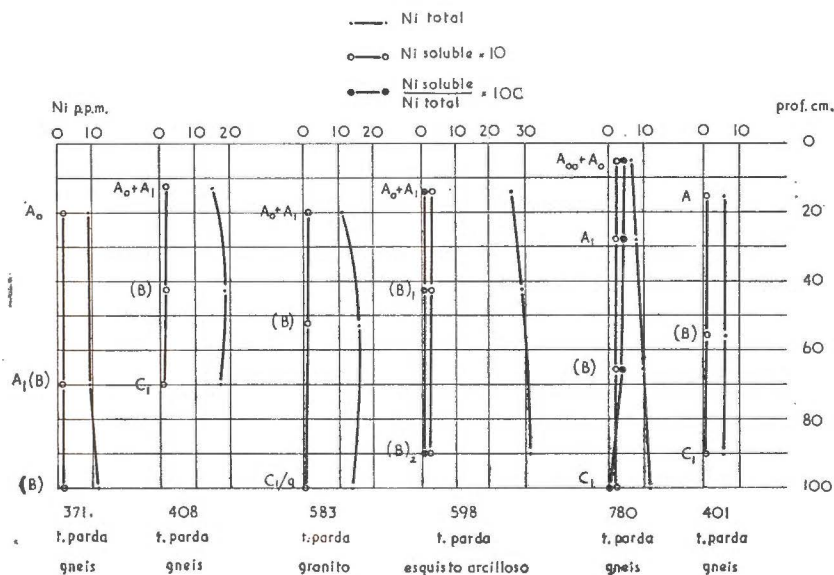


FIG. 6.
Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

a la acumulación del níquel en el horizonte (B), consecuencia normal de la concentración de arcilla en este horizonte; esta acumulación de arcilla hace descender relativamente el contenido en níquel de los horizontes

orgánicos. El enriquecimiento con la profundidad se aprecia en un grado más elevado todavía en el suelo 470 (fig. 7), tierra parda podsolizada. El níquel soluble sigue una variación paralela al níquel total.

La cuantía, en valor absoluto, del contenido en níquel de las diferentes tierras pardas, está en relación con el material de que derivan, según la secuencia:

cloritolalitas > micacitas > esquistos arcillosos > granito > gneis

a la que ya nos hemos referido anteriormente.

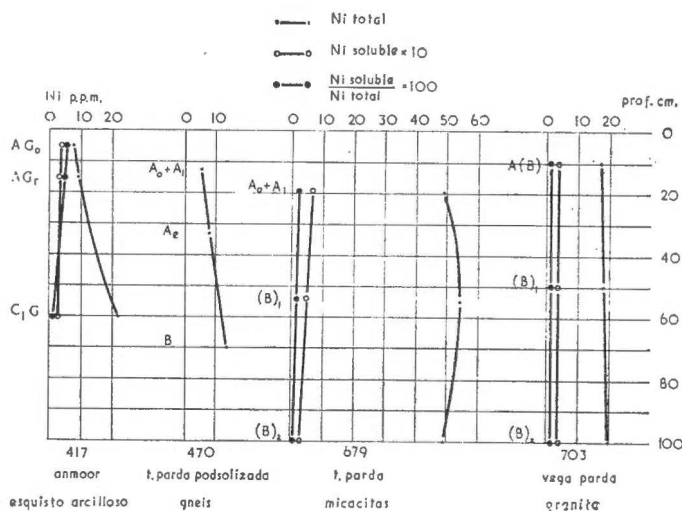


FIG. 7.

Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

La cantidad de níquel total en el suelo 746 (fig. 9) es extraordinariamente alta, consecuencia del material de partida.

La vega parda sobre granito, número 703 (fig. 7), tipo de suelo relacionado con los anteriores, mantiene también constante su contenido en níquel con la profundidad y más en este caso en que se trata de un suelo alóctono, depositado en el valle, producido por erosión de las tierras pardas sobre granito.

Si el proceso de diferenciación del suelo avanza en el sentido de una mayor podsolización, se produce en el verdadero podsol, número 53 (figura 8), una acumulación de níquel en los horizontes A y B_n, mayor en este último y un lavado en el horizonte A₀, paralelo en todo al de los demás cationes divalentes, magnesio y calcio. El material de partida de este suelo, muy rico en cuarzo, hace que la cantidad absoluta de níquel sea muy pequeña.

En los dos casos de podsol limoso o molkenpodsol, números 767 y 732 (fig. 8), se encuentra un comportamiento diferente. Mientras que en el 732 apenas existe variación con la profundidad, nos encontramos con un fuerte lavado en el horizonte A_e del 767 y acumulación en el A_e/g , aumentando por lo tanto el níquel con la profundidad. Este comportamiento diferente se explica en función del material de partida de ambos: areniscas en el primer caso, muy escasas en níquel, y esquistos básicos en el segundo, generalmente bien provistos. Por ello podemos deducir que la aparente acumulación es en realidad riqueza del material de par-

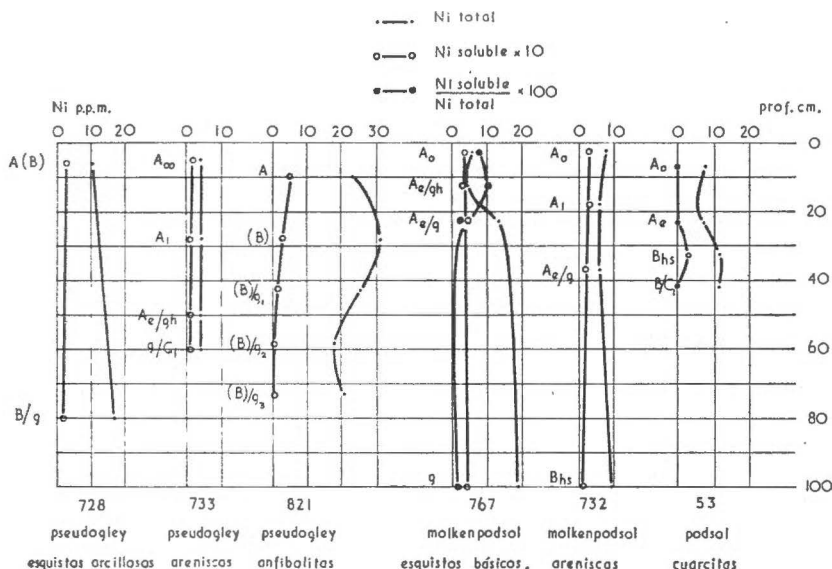


FIG. 8.

Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

tida en níquel, todavía no lavado a causa de la granulación muy fina del molkenpodsol. El fenómeno edafogenético ha sido, en este caso, el lavado del horizonte A_e , más que una acumulación en A_e/g .

En el caso de suelos influidos por el nivel freático, pseudogley números 728, 733 y 821 (fig. 8), existe, de manera general, un aumento del níquel total con la profundidad en el suelo 728, derivada de esquistos arcillosos, mientras que en el 733, derivado de areniscas, mantiene constante su escasa cuantía a lo largo de todo el perfil, de acuerdo con la escasez de níquel en el material de partida. En el número 821, sobre anfíbolitas, se produce una acumulación a la altura del horizonte (B), no influido por el nivel de agua y rico en arcilla. A partir de este horizonte se produce una disminución como consecuencia de la fluctuación del nivel de agua, variable en las distintas estaciones del año. La cuantía en níquel

total está también de acuerdo con la riqueza en níquel del material de partida.

Si el nivel de agua alcanza estacionalmente la superficie del suelo, se produce el anmoor, como el número 417 (fig. 7), en el cual también aumenta la cantidad de níquel total con la profundidad, tratándose asimismo, a nuestro modo de ver, de un empobrecimiento de los horizontes superiores más que de una acumulación en las capas profundas.

Los suelos del tipo lehm rojo se caracterizan todos ellos, en la provincia de La Coruña, por su elevado contenido en níquel total, como consecuencia de la riqueza en níquel del material de partida. Los valores son excepcionalmente altos en el suelo número 186 (fig. 9), desarrollado sobre serpentinas, que alcanza más de 2.000 p.p.m. de níquel total y

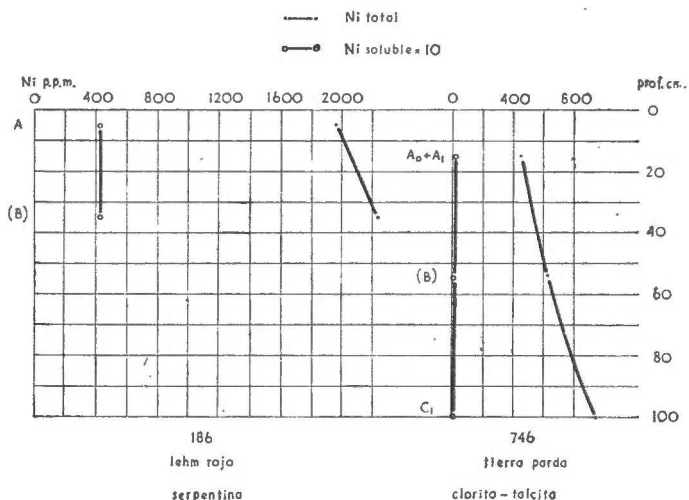


FIG. 9.

Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

siendo asimismo muy elevado el contenido en níquel soluble, superior a 40 p.p.m., por lo que deben producirse toxicidades en las plantas desarrolladas sobre este suelo, causadas por este elemento. Análogamente, aunque en cantidad menor, en el suelo número 754 (fig. 10), sobre serpentinas, existen posibilidades de toxicidad a causa del elevado contenido en níquel soluble, en general más abundante en los horizontes orgánicos. En el lehm número 754, existe una oscilación de la cantidad de níquel con la profundidad, causada probablemente por la superposición de varios ciclos de erosión sobre la serpentina original, como ya hacía sospechar la observación sobre el terreno y la descripción de campo.

Por último, la vega de lehm número 499 (fig. 5), sobre anfíbolitas, sigue en todo una línea similar a los tipos de suelo de que procede: aumenta el contenido en níquel total con la profundidad, su cuantía es

elevada como consecuencia de su material de partida (anfíbolitas) y la forma soluble se encuentra en mayor proporción en los horizontes superficiales.

La relación 100 níquel soluble/níquel total es mayor en los horizontes orgánicos, si bien las diferencias son poco acusadas.

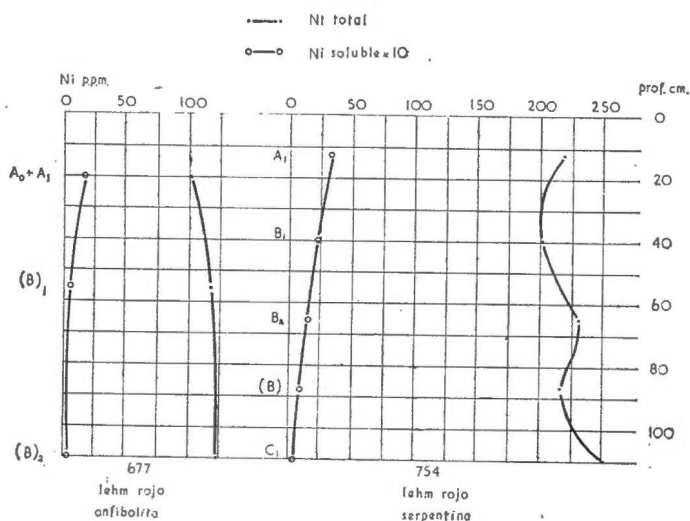


FIG. 10.

Variación con la profundidad del contenido en níquel total y soluble.

Suelos de cultivo

La primera conclusión que se observa en la tabla VII es que el contenido en níquel soluble de los suelos de cultivo de la provincia de La Coruña es mayor que el existente sobre suelos naturales desarrollados sobre la misma roca, a excepción de los suelos sobre serpentinas, en los que el contenido medio en níquel soluble es de 12,62 p.p.m., frente a 4,59 p.p.m. en los suelos de cultivo. Análogamente ocurre en los suelos sobre granito, en los que se encuentran los valores de 0,22 p.p.m. para suelos naturales y 0,16 p.p.m. para los de cultivo. Hasta el momento, no ha sido posible establecer de manera concreta la causa de este aumento, aunque puede pensarse en una mayor meteorización, ocasionada por el cultivo y la mineralización de la materia orgánica, que llevaría consigo la liberación del níquel, presente en forma compleja, a compuestos minerales más solubles.

La secuencia progresiva de las cantidades de níquel soluble en suelos de cultivo (fig. 11), es en todo paralela a la obtenida para suelos natu-

TABLA VII

Contenido en níquel soluble de los suelos de cultivo

Muestra	Roca	Tipo de suelo asociado	Ni soluble p. p. m.
313	Granito	Tierra parda podsolizada	0,24
320	»	Tierra parda oligotrófica	0,35
339	»	Vega parda con gley	0,29
391	»	Tierra parda oligotrófica	tr.
392	»	Tierra parda podsolizada	tr.
448	»	Tierra parda oligotrófica	0,12
450	»	» » »	0,12
607	»	Tierra parda eutrónica	0,06
626	»	Vega parda	0,29
411	Gneis	Tierra parda eutrónica	0,35
453	»	» » »	0,18
456	»	Vega parda	0,29
472	»	Tierra parda oligotrófica	0,24
485	»	Tierra parda eutrónica	0,09
492	»	» » »	0,53
511	»	Vega parda con gley	0,31
514	»	Tierra parda eutrónica	0,35
612	»	Vega parda	0,24
646	»	Tierra parda oligotrófica	0,70
785	»	» » »	0,06
788	»	Vega parda con gley	0,18
302	Pegmatitas	Tierra parda eutrónica	0,35
701	»	Tierra parda oligotrófica	0,41
378	Esquistos arcillosos	Tierra parda eutrónica	0,29
459	» »	» » »	0,29
520	» »	Vega parda	0,35
521	» »	» » »	0,35
528	» »	» » »	0,47
566	» »	Tierra parda eutrónica	0,59
568	» »	» » »	0,64
675	» »	» » »	1,58
768	» »	» » »	0,59
797	» »	» » »	0,41
798	» »	» » »	0,35
306	Micacitas	» » »	0,29
307	»	» » »	0,29
447	»	» » »	0,35
680	»	» » »	0,76
681	»	» » »	0,29
682	»	» » »	0,99
690	»	» » »	0,47

TABLA VII (continuación)

Muestra	Roca	Tipo de suelo asociado	Ni soluble p. p. m.
580	Esquistos básicos	Lehm pardo	0,76
666	» »	» »	0,64
717	» »	» »	0,35
774	» »	» »	0,76
805	» »	» »	1,40
809	» »	Vega parda	0,70
502	Anfibolitas	Vega de lehm pardo	1,23
504	»	Lehm pardo	0,94
531	»	» »	0,85
533	»	» »	0,35
550	»	Vega de lehm pardo	0,29
557	»	» » » »	1,81
676	»	Lehm pardo	2,16
743	»	» »	0,59
745	»	» »	3,74
748	»	» »	1,70
750	»	» »	6,36
804	»	» »	0,76
819	»	» »	0,85
187	Serpentinas	» »	8,70
726	»	Tierra parda eutrófica	0,47

rales. Puede observarse que también aquí el factor decisivo en la distribución del níquel en los diferentes suelos estudiados es el material de partida, aumentando el contenido en níquel de dichos suelos a medida

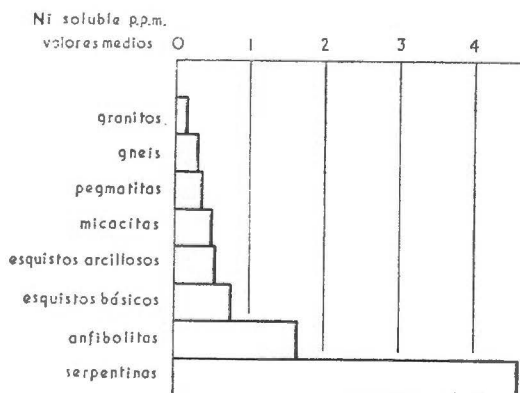


Fig. 11.

Relación entre el contenido en níquel soluble y el material de partida de los suelos de cultivo.

que disminuye la acidez de la roca, siendo los valores más elevados encontrados los correspondientes a suelos desarrollados sobre rocas básicas.

El contenido en níquel de los suelos sobre serpentinas sobrepasa ampliamente, en su valor medio, los valores considerados como suficientes para producir toxicidades en las plantas ($> 1,10$ p.p.m.) (55). Hasta el momento no hemos podido estudiar sobre el terreno las características de esta toxicidad, a excepción de la carencia de fertilidad general de las áreas sobre serpentinas. Sin embargo, los suelos sobre este tipo de rocas son, con frecuencia, fértiles y adecuados a los cultivos de trigo y raíces forrajeras, si se les añade suficiente cantidad de estiércol, lo que nos hace suponer que disminuye la forma asimilable del níquel por la acción complejante de la materia orgánica.

CONCLUSIONES

1. Se estudia el contenido en níquel total y soluble de los suelos de la provincia de La Coruña, analizando 137 muestras de los distintos tipos de suelos, correspondientes a los principales tipos de rocas existentes. Se hace la caracterización morfológica de campo y la analítica de laboratorio de dichas muestras.

2. El Ni ha sido determinado colorimétricamente con dimetilglioxima, operando sobre extractos de suelos en ácido acético al 2,5 % en volumen (pH 2,5), en el caso del Ni soluble, y sobre el producto de la disgregación fluorhídrica-perclórica en el Ni total.

3. Las cantidades de níquel total en los suelos naturales oscilan entre 3,05 y 2239 p.p.m., con un valor medio de 118,24 p.p.m.

4. El contenido en níquel soluble de los suelos naturales está comprendido entre «trazas» y 40 p.p.m., con un valor medio de 1,45 p.p.m.

5. En los suelos naturales se estudian estadísticamente las correlaciones entre el contenido en níquel total, níquel soluble y la relación 100 Ni soluble/Ni total con las distintas variables del suelo: pH, materia orgánica y arcilla, considerando la totalidad de las muestras, encontrándose los resultados que se indican en las tablas IV, V y VI.

6. Se agrupan los suelos naturales, en función del material de partida, en orden de acidez decreciente, en cuatro grupos: 1.º areniscas y cuarcitas, 2.º granitos y gneis, 3.º esquistos arcillosos y micacitas y 4.º rocas básicas (esquistos básicos, anfíbolitas, cloritotalcitas y serpentinas) y se calculan las mismas correlaciones que en el caso anterior.

7. La dinámica del níquel, en los diferentes tipos de suelos, está poco afectada por la profundidad, existiendo únicamente una ligera acumulación en los horizontes iluviales y un lavado en los horizontes del tipo A_o (eluviales).

8. El factor decisivo que regula el contenido de níquel total y asimilable en los suelos naturales es el material geológico de que derivan, encontrándose los valores más altos sobre serpentinas y los más bajos sobre areniscas y cuarcitas, es decir, disminuyendo, al aumentar la acidez del material de partida.

9. Las cantidades de níquel soluble en los suelos de cultivo oscilan entre «trazas» y 8,70 p.p.m., con un valor medio de 0,82 p.p.m.

10. En los suelos de cultivo existe mayor cantidad de níquel soluble que en los suelos naturales, excepto en los suelos sobre serpentinas, en los cuales se producen las mayores concentraciones de níquel.

11. La cantidad de níquel soluble en los suelos de cultivo aumenta paralelamente a la basicidad de los materiales de que proceden los suelos, concentrándose en los desarrollados sobre anfibolitas y serpentinas.

12. Son de esperar toxicidades de níquel en los suelos desarrollados sobre serpentinas y cloritotalcitas.

13. Geográficamente la distribución del níquel en la provincia de La Coruña presenta las zonas de concentración siguientes: Mellid-Sobrado, Sierra Capelada, Carballo-Santiago-Puentevea, coincidentes con la distribución de las serpentinas y rocas básicas, estando relacionadas estrechamente las distintas concentraciones de níquel con las extensiones y tipos de cada una de las rocas existentes.

*Instituto de Estudios Geológicos, Edafológicos
y Agrobiológicos de Galicia.*

RESUMEN

Se estudiaron 25 perfiles de suelos naturales y 62 de cultivo de la provincia de La Coruña, que representan los principales tipos de suelos sobre las diversas rocas existentes, realizando su caracterización morfológica y química.

Se determinó el contenido en níquel y soluble en ácido acético al 2,5 % en volumen (pH 2,5), por colorimetría, con dimetilglioxima, encontrando para suelos naturales valores de níquel total desde 3,05 a 2.239,00 p.p.m., con un valor medio de 118,24 p.p.m. y de níquel soluble desde «trazas» a 40,00 p.p.m. (valor medio 1,45 p.p.m.). En suelos de cultivo los valores de níquel soluble oscilan entre «trazas» y 8,70 p.p.m. (valor medio 0,82 p.p.m.).

Se han calculado las correlaciones estadísticas entre los valores de níquel y las distintas variables analizadas (pH, materia orgánica, arcilla), así como la variación del contenido en níquel con la roca madre y a lo largo del perfil, encontrando que el factor determinante de la distribución del níquel en suelos es el material geológico sobre el que se asientan, siendo muy pequeña la influencia del tipo de perfil desarrollado.

El cultivo favorece la solubilidad del níquel.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALBAREDA HERRERA, J. M. 1940. El Suelo. Mem. Real Acad. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, VII. Madrid.
- (2) BERTRAND, G. y MOKRAGNATZ, M. 1930. Sur la répartition du Ni et du Co dans les plantes. Bull. Soc. Chim. France, 47, 326-331.
- (3) BÖNIG, G. 1956. Beitrag zur Bestimmung der Mikronährstoffe Cu, Co, Zn, Ni und Mo in pflanzlichem Material unter Anwendung der Papierchromatographie. Landw. Forsch, 9, 97-100.
- (4) — y HEIGENER. 1956. Die serienmäßige Bestimmung der verfügbaren Mikronährstoffe Cu, Zn, Co und Ni im Boden unter Anwendung der Papierchromatographie. Land. Forsch., 9, 89-96.
- (5) BRENCHELY, W. E. 1938. Comparative effects of Co, Ni and Cu on plant growth. Ann. appl. Biol., 25, 671-694.
- (6) BUTLER, J. R. 1954. Trace — element distribution in some Lancashire soils. J. Soil Sci., 5, 156-166.
- (7) CROOKE, W. M. 1954. Effect of nickel versenate on oat plants. Nature Lond., 173, 403.
- (8) — — 1956. Effect of soil reaction on uptake of nickel from a serpentine soil. Soil Sci., 81, 269-276.
- (9) CHAMBERLAIN, G. T. 1959. Trace elements in some East African soils and plants. I. Co, Be, Pb, Ni and Zn. E. afr. agric. J., 25, 121-125.
- (10) CHANG, A. T. y SHERMAN, G. D. 1953. The nickel content of some Hawaiian soils and plants and the relation of nickel to plant growth. Hawaii agric. Exp. Sta. Tech. Bull., 19, pp. 24.
- (11) DOBROVOL'SKIĬ, V. V. 1960. Trace elements in some soils and soil forming rocks of Kazakhstan. Pochvovedenie, 2, 15-23.
- (12) DOBROLYNSKIĬ, O. K. y SLAVVO, A. V. 1961. Effect of nickel as a trace — element fertilizer on some physiological — biochemical properties of the grapevine. Fiziol. Rast., 8, 355-357.
- (13) FEIGL, F. 1924. Über verbindungen des vierwertigen Nickels mit Dimethylglyoxim, sowie über einem empfindlichen Nickel — Nachweis. Berichte, 57, 756-761.
- (14) FILIPOVIC, Z., STANKOVIC, B. y DUSIC, Z. 1961. Distribution of Cu, Pb, Zn, Ni and Co in soil in relation to soil pH changes. Soil Sci., 91, 147-150.
- (15) FISHER, R. A. 1949. Métodos estadísticos para investigadores. Aguilar. Madrid.
- (16) GOLDSCHMIDT, V. M. 1937. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. J. Chem. Soc. for 1937, 655.
- (17) GUTIÁN OJEA, F. y MUÑOZ TABOADELA, M. 1957. El enclado de los suelos de zona húmeda. An. Edafol. Fisiol. Veg., 16, 1017-1098.
- (18) HELLER, R. 1953. Recherches sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés in vitro. Propositions donnés par la Faculté. Tesis, pp. 223.
- (19) HEWITT, E. J. 1953. Metal interrelationships in plants. I. Effects of some metal toxicities on sugar beet, tomato, oat, potato and marrowstem kale grown in sand culture. J. exp. Bot., 4, 59-64.
- (20) HOSKING, J. S. 1936. Determination of Co, Ni, Cu and Zn in soil extracts. Proc. Aust. Chem. Inst., 3, 172-183.
- (21) HUNTER, J. G. 1954. Nickel toxicity in a Southern Rhodesian soil. S. Afr. J. Sci., 51, 133-135.
- (22) — y VERGNAÑO, O. 1952. Nickel toxicity in plants. Ann. Appl. Biol., 39, 279-284.
- (23) KOROTAEV, N. YA., AZARINA, V. A., VOLOGZHANINA, T. V. y col. 1960. The question of the content of trace elements in soils of the Perm region. Trudy perm. s. Kh. Inst. 1959, 17, 116-121.

- (24) LOUNAMAA, J. 1956. Trace elements in plants growing wild on different rocks in Finland. A semiquantitative spectrographic survey. *Ann. bot. Soc. zool. Bot. fenn. Vanamo*, 29, pp. 196.
- (25) LUNDEGARDH, Per H. 1946. Rock composition and development in Central Roslagen, Sweden. *Arkiv. Kemi, Mineral Geol.*, 23 A.
- (26) MÄKITIE, O. 1961. The occurrence of some trace elements in arable soil in Finland. *Agrogeol. Publ.*, 78, pp. 25.
- (27) MALIUGA, D. P. 1944. The problem of Co, Ni, and Cu contents of soils. *C. R. Acad. Sci. (U. S. S. R.)*, 43, 207-210.
- (28) MCKENZIE, R. M. 1958. The trace element status of some South Australian terra rossa and rendzina soils. *CSIRO (Australia). Div. soils. divl. Rep.*, 12/57, pp. 13.
- (29) MINGUZZI, C. y VERGNANO, O. 1948. Il contenuto di nickel nelle ceneri di *Alyssum Bertolonii* Desv. *A. Soc. Toscana Sci. Naturali*, LV-A, pp. 28.
- (30) — y VERGNANO, O. 1953. Il contenuto di elementi inorganici delle piante della formazione ofiolitica dell'Impruneta (Firenze). *Nota 1.^a Nuovo Giorn. bot. ital.*, LX, 287-319.
- (31) MIRONE, P. y ROSSI, G. 1959. Spectrographic determination of trace elements in soils. *Ann. Chim. Roma*, 49, 306-309.
- (32) MITCHELL, R. L. 1944. Distribution of trace elements in soils and grasses. *Proc. Nutr. Soc.*, 1, 183-189.
- (33) — — 1945. Cobalt and nickel in soils and plants. *Soil. Sci.*, 60, 63-70.
- (34) — — 1948. Trace constituents in soils and plants. *Research, Lond.*, 1, 159-165.
- (35) — — 1954. Trace elements in Scottish peats. *Int. peat Symp. Dublin Sect.*, B3, pp. 9.
- (36) — — 1955. *Chemistry of the soil*. 126. F. E. Bear. New York.
- (37) — — 1956. Soil analysis and trace elements. *O. E. E. C. Proj.*, 156, 137-148.
- (38) — — 1960. Trace elements in Scottish soils. *Proc. Nutr. Soc.*, 19, 148-154.
- (39) PAINTER, L. I., TOTH, S. J. y BEAR, F. E. 1953. Nickel status of New Jersey soils. *Soil Sci.*, 76, 421-429.
- (40) PARGA PONDAL, I. 1930. Datos para la geoquímica de los magmas gallegos. *An. Soc. Quím.*, XXVIII, 488.
- (41) PINTA, M. y OLLAT, C. 1961. Recherches physicochimiques des éléments-trace dans les sols tropicaux. I. *Geochim. cosmoch. Acta*, 25, 14-23.
- (42) PORFIR'EV, N. A. y TROITSKAYA, K. V. 1938. The nickel content of various types of soils. *Chem. Zentr.* 1938. I, 972.
- (43) RANKAMA, K. y SAHAMA, TH. G. 1954. *Geoquímica*. Aguilar. Madrid.
- (44) ROACH, W. A. y BARCLAY, C. 1946. Nickel and multiple trace element deficiencies in agricultural crops. *Nature*, 157, 696.
- (45) ROBINSON, W. O., EDGINGTON, G. y BYERS, H. G. 1935. Chemical studies of infertile soils derived from rocks high in magnesium and generally high in Cr and Ni. *U. S. Dep. Agr. Bull.*, 471.
- (46) SAHAMA, TH. G. 1945. Spurenelemente der Gesteine in südlichen Finnisch. — Lappland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 136.
- (47) SANDELL, E. B. 1944. *Colorimetric Determination of Traces of Metals*. Interscience Publ. Inc. New York. 1.^a ed., 339-345.
- (48) — — 1959. *Colorimetric Determination of Traces of Metals*. Interscience Publishers. New York. 3.^a ed., 3, 665-681.
- (49) — y GOLDBICH, S. S. 1943. The rarer metallic constituents of some American igneous rocks. I. *J. Geol.* 51, 99; II. *Ibid.*, 167.
- (50) — y PERLICH, R. W. 1939. Determination of Ni and Co in Silicate Rocks. *Ind. and Eng. Chem., Anal. Ed.* 11, 309-311.
- (51) SANTOS RUIZ, A. 1955. Semaine d'étude sur le problème des oligoelements dans la vie végétale et animale. *Pontificia Acad. Scientiarum*.
- (52) SAUERLANDT, W. 1952. *Zts. Pflanz. Düng. Bodenk.*, 56, 204-226.
- (53) SCHARER, K. y JUDEL, G. K. 1956. Zur quantitativen Bestimmung von Spurenelementen auf spektrochemischem Wege. *Z. Pflernähr. Düng.*, 73, 107-115.

- (54) — — y SCHROPP, W. 1933. Z. Pflernähr. Düng., 31, 94-113.
- (55) SCOTT, R. O. y MITCHELL, R. L. 1943. Concentration methods in spectographic analysis. I. J. Soc. Chem. Ind., Lond., 62, 4-8.
- (56) SILLAMPÄÄ, M. 1962. Trace elements in Finnish soils as related to soil texture and organic matter content. Maataloust. Aikak., 34, 34-40.
- (57) SOANE, B. O. y SAUNDER, O. H. 1959. Ni and Cr toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia. Soil Sci., 88, 322-330.
- (58) STILES, W. 1958. Handbuch-der-Pflanzenphy biologie. IV. Springer, Berlin.
- (59) SWAINE, D. J. 1955. The trace-element content of soils. 48, C. A. B. England.
- (60) — — y MITCHELL, R. L. 1960. Trace element distribution in soil profiles. J. Soil Sci., 11, 347-368.
- (61) TILLER, K. G. 1959. Distribution of trace elements during differentiation of the Mt. Wellington dolerite sill. Pap. roy. Soc. Tasm., 93, 153-158.
- (62) VANSELOV, A. P. 1952. Micro-elements in citrus. Calif. Agric., 6.
- (63) VERGNANO, O. 1959. La nutrizione fosforica in presenza di elementi micronutritivi e tossici nel terreno. Agrochimica, 3, 262-269.
- (64) VINOGRADOV, A. P. 1959. The Geochemistry of Rare and Dispersed Chemical Elements in Soils. 2.^a ed. Consultants Bureau, New York.
- (65) VUORINEN, J. 1958. On the amounts of minor elements in Finish soils. J. Sci. Agric. Soc. Finland, 30, 30-75.
- (66) — — 1960. The minor-element contents of soils in the Tampere-Lempäälä district. Maatalous ja Koetoim, 14, 24-31.
- (67) WAGNER, L. R. y MITCHELL, R. L. 1945. Distribution of V, Cr, Co y Ni in eruptive rocks. Nature, 156, 207.
- (68) — — y MITCHELL, R. L. 1953. Trace elements in a suite of Hawaiian lavas. Geochim. cosmoch. Acta, 3, 217-223.
- (69) WALLACE, T. 1951. The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms. 2.^a ed. Her Majesty's Stat. Off. London.
- (70) WELLS, N. 1960. Total elements in topsoils from igneous rocks: an extension of geochemistry. J. Soil Sci., 11, 409-424.
- (71) YOUNG, R. S. 1935. Mem. Cornell Agric. Exp. Sta., 174, pp. 70.
- (72) YULE, G. U. y KENDALL, M. G. 1959. Introducción a la Estadística Matemática. Aguilar. Madrid.
- (73) ZYRIN, N. G., BELITSINA, G. D. y BRÛSOVA, N. P. 1961. Content of trace elements of the iron family in some soils of the USSR. Vestn. moskov. Univ. Ser. biol., 5, 59-71.

ESTUDIO COMPARATIVO DE VARIOS METODOS NO QUIMICOS DE EXTRACCION DE FOSFORO ASIMILABLE

por

F. LUCENA CONDE y T. CRISANTO HERRERO

S U M M A R Y

STUDY OF SEVERAL METHODS OF EXTRACTING AVAILABLE PHOS- PHORUS

A study is made of the extraction of available phosphorus by electro dialysis and ionic exchange resins in 20 representative soils of the Province of Salamanca. The results are compared with those corresponding to twelve chemical extractions.

The electro dialysis method (Purvis-Hanna) in relation with the rest results in quite low degrees of correlation. Only significant, at 1 por 100 degree, is the correlation with the methods Egner, Dyer and Metson, Williams and Stewart, Morgan, Demolon, Capitán and García, Amonium acetate, and Bray-Kurtz.

As far as extraction by exchange resins (Lathwell) is concerned, there does not exist any correlation with any other method except with that of Olsen which gives a significant degree of correlation under 1 per 100.

INTRODUCCIÓN

La solución del problema del conocimiento del método óptimo de determinar la necesidad en fertilizantes de un determinado tipo de suelos, consta de dos etapas fundamentales; la comparación entre los resultados obtenidos en el laboratorio por diversos métodos de análisis y contraste de ellos con la realidad agronómica. Lo primero permite ver qué métodos pueden tener una aplicación análoga al tener una alta correlación entre sí, y lo segundo cuáles son los correctos. El presente trabajo corresponde al primer aspecto y forma parte de una serie iniciada en 1959, en que ya se compararon 18 métodos diferentes para la determinación de fósforo asimilable (18). En la presente nota se estudian métodos de naturaleza distinta: electrodiálisis y resinas de cambio iónico. Son métodos éstos que ofrecen especial interés, interés

que los diversos autores justifican basándose en que el paso de los iones a la solución tiene lugar de una forma tranquila, sin agitación y sin el empleo de reactivos que produzcan modificaciones en la estructura del suelo.

El proceso de extracción por electrodiálisis, a saber, una diálisis acelerada por la aplicación de un campo eléctrico, posee caracteres dinámicos. La solubilización de los iones se basa directamente en las propiedades físico-químicas de los iones presentes y no en el poder disolvente de la solución extractora elegida. El fósforo en este caso se extrae por el desplazamiento continuo del equilibrio suelo-solución, equilibrio semejante al que tiene lugar en suelo-planta.

Las razones teóricas en que se apoya la extracción por medio de resinas de cambio son que la absorción de sustancias minerales por la planta tiene lugar por un proceso de intercambio de aniones o cationes entre la superficie de la raíz y el suelo en contacto con ella, y análogamente, si se produce un intercambio de aniones entre el suelo y la resina, el fósforo retenido podrá tener relación con el fósforo asimilado por la planta. En este método no existe tendencia a formar complejos y, asimismo, la forma clorhídrica de una resina de cambio tipo base fuerte, como la empleada en este trabajo, tiene carácter tampón débil, por lo que la extracción tiene poco efecto en el pH del suelo.

Se han puesto a punto estos procesos de extracción aplicándolos a 20 muestras representativas de la provincia de Salamanca, y comparando los resultados obtenidos con los que se tienen por métodos puramente químicos.

ANTECEDENTES

Electrodiálisis.

El primer intento de aplicar la electrodiálisis para estudiar la nutrición mineral de las plantas tuvo lugar en 1911 por Koning (14) y colaboradores; años más tarde Brewer (6) emplea el método de extracción por electrodiálisis para investigar la carencia de alimentos minerales en el suelo, y Harper (12) en 1913 estudia por electrodiálisis la determinación del fosfórico fácilmente soluble en suelos.

Pasado algún tiempo, Dean (8) realiza ensayos sobre la aplicación de la electrodiálisis para la determinación en suelos de elementos nutritivos, pero estos estudios no alcanzan su máxima importancia hasta 1942 con Purvis y Hanna (24), que realizan varios trabajos sobre fósforo y potasio por medio de electrodiálisis.

Agarwal y Pollard (1), (2) estudian varios tipos de células de electrodiálisis, y Marsden (17), Cornfield y Pollard (7) consideran la extracción de potasio del suelo.

Posteriormente, Purvis y Hanna (24) dieron un nuevo modelo de célula de electrodiálisis que es la que se emplea en el presente trabajo. Con dicha célula han hecho Petrosini (23) y Eschena (9), trabajos sobre extracción de fósforo en suelos. Las cantidades obtenidas por Petrosini, según la técnica de electrodiálisis, oscilan entre 0,06 y 7,9 mg. $P_2O_5/100$ g de suelo, y son notablemente más bajas que las obtenidas por otros métodos, entre ellos el de Olsen, cuyos valores tienen como límites 0,16 y 12,6 mg. $P_2O_5/100$ g. de suelo. Como Purvis-Hanna, opinan que el método no parece muy indicado para suelos de bajo contenido en fósforo.

Resinas de cambio iónico.

Moller y Mogensen (20) utilizan resinas cambiadoras en un estudio del fósforo asimilable del suelo, verificándose el cambio iónico mediante agitación del suelo con zeolita y agua destilada. Posteriormente Amer (3) y otros, realizan un amplio estudio sobre la determinación del fósforo en suelos, y verifican la extracción de éste agitando el suelo con Dowex-2 y agua destilada.

Varios investigadores realizan experiencias análogas utilizando distintas resinas de cambio de aniones, así Barkoff (4) emplea Amberlita-IRA 400; Iri y Watanabe (13) con Amberlita-IR-120; Sheard (25), y Van Diest y colaboradores (26) utilizan Dowex-2.

Lathwell y colaboradores (15) estudian la extracción de fósforo asimilable del suelo utilizando resinas de cambio, tanto agitando suelo y Amberlita IRA-410 en medio acuoso, como empleando el método de percolación, es decir, haciendo pasar la solución que contiene fósforo previamente extraído del suelo, por una columna que contiene Amberlita IRA-400. La cantidad de fósforo extraída por el método de percolación la comparan con las obtenidas por los métodos de Bray (5), Peech y English (22), y Fried y Dean (11). Los valores de P_2O_5 determinados por el método de percolación oscilan entre 0,05 y 1,72 mg/100 g de suelo, y son sensiblemente más bajos que los restantes, ya que los valores correspondientes al primer método oscilan entre 0,05 y 3,3, los del segundo entre 0,1 y 4,6, y finalmente los del tercer método entre 0,7 y 13,8. En cuanto a la correlación entre dichos métodos, los coeficientes que encuentran son significativos en el nivel del 1 por 100, siendo muy alta ($r = 0,80$) la correlación entre el método de percolación y el valor «A» de Fried y Dean. La correlación entre el método de percolación y los de Bray ($r = 0,64$) y Peech y English ($r = 0,58$) son inferiores al valor anterior, aún conservando el nivel de significación indicado anteriormente.

Estos autores estudian asimismo sobre 21 suelos la relación entre

el rendimiento del campo en cuanto al fósforo, y los valores de P_2O_5 obtenidos según los métodos de percolación con resinas de cambio, Peech y English (22), y Olsen (21). En todos los casos obtienen coeficientes de correlación significativos en el nivel del 1 por 100.

PARTE EXPERIMENTAL

Muestras.

De 75 muestras de la provincia de Salamanca, previamente estudiadas, y en las que se ha determinado fósforo por varios métodos (18), se han seleccionado 20, en las que se lleva a cabo la extracción por electrodiálisis, y resinas de cambio iónico.

Técnica de extracción por electrodiálisis.

Se utiliza el modelo de cédula descrito por Purvis-Hanna (24), y en principio se estudia la influencia que sobre la cantidad de fósforo extraído pueda tener el tiempo de extracción, así como el pH de la solución. Variando el primero desde veinte minutos hasta tres horas, se observa un aumento en el grado de acidez, que va desde 6,5 (pH inicial) hasta 2,5 ó 3 como pH final. Los valores de P_2O_5 correspondientes a cada tiempo de extracción, permiten deducir que la extracción de una hora de duración es la más conveniente, y de acuerdo con ello se procede a extraer fósforo por electrodiálisis de 20 muestras de suelos de la provincia de Salamanca.

Técnica por extracción con resinas de cambio.

Se ha hecho la extracción por el método de percolación descrito por Lathwell (15), que consiste en pasar continuamente un pequeño volumen de solución 0,005 N de Cl_2Ca (pH = 6) a través del suelo y a continuación por la resina (De Acidite FF); la solución extrae los aniones del suelo que luego son retenidos por la resina; ésta se trata más tarde con NaOH 4 por 100 que extrae el anión y regenera el cambiador.

Colorimetría del fósforo.

Se hace la extracción según queda indicado anteriormente, y en el extracto se mide fósforo empleando el reactivo colorimétrico propues-

to por Lucena-Prat (16). Hay que tener en cuenta en el método de Lathwell, que debido a la fuerte alcalinidad de la solución hay que añadir una cantidad de SO_4H_2 , cuatro veces mayor que la indicada por los autores.

RESULTADOS

Los valores de P_2O_5 obtenidos por ambas técnicas se expresan en la tabla I, estando comprendidos los valores que se obtienen por extracción con electrodialisis entre 1,5 y 25,1 mg de P_2O_5 /100 g suelo y siendo 12,3 el valor medio.

Los valores de P_2O_5 obtenidos por extracción con resinas en las 20 muestras estudiadas, son muy bajos y oscilan entre 0,36 y 3,24, siendo el valor medio 1,48 mg de P_2O_5 .

TABLA I

Muestra N.º	P ₂ O ₅ extraído, mg/100 g	
	Electrodialisis	Resinas
3	5.22	1.14
6	17.5	1.93
8	14.7	1.38
9	5.49	0.93
15	16.9	2.40
17	15.8	1.30
18	8.25	1.33
19	6.30	0.93
20	5.13	0.36
29	1.45	0.89
30	15.2	3.24
35	16.5	1.10
40	13.0	1.70
41	22.5	1.08
42	25.1	0.71
43	8.64	1.50
65	21.6	0.77
69	6.88	1.33
70	11.9	3.14
72	8.43	3.05
Valor mínimo	1.50	0.36
» medio	12.3	1.48
» máximo	25.1	3.24
Vals. más frecuentes: 5 a 15 (55 0/0) 1 a 2 (50 0/0)		

ESTUDIO ESTADÍSTICO - DISCUSIÓN

Sobre la serie de datos expuestos anteriormente se hace un estudio estadístico que relaciona los valores de fósforo asimilable extraídos por métodos no químicos con los ya conocidos (18), obtenidos por distintos métodos químicos.

En primer lugar se hallan los coeficientes de correlación y las rectas

TABLA II

Coefficientes de correlación, y rectas de regresión entre los distintos métodos estudiados de extracción de fósforo.

	Electrodíálisis	Resinas de cambio
Burriel-Hernando	0.32 $y = 1.88x + 16.24$	-0.24 $y = -13.34x + 59.16$
Egner	0.49** $y = 2.59x + 7.39$	-0.64 $y = -8.94x + 51.88$
Dyer y Metson	0.45** $y = 3.02x + 3.71$	0.14 $y = 7.48x + 63.27$
Williams y Stewart	0.49** $y = 3.11x + 17.23$	-0.14 $y = -7.16x + 66.16$
Truog	0.42* $y = 2.58x + 17.97$	-0.20 $y = -10x + 64.56$
Morgan	0.44** $y = 0.78x - 2.39$	-0.27 $y = -3.02x + 11.69$
Demolón	0.53** $y = 0.019x + 0.19$	0.32 $y = 0.09x + 0.28$
Olsen	0.02 $y = 0.006x + 5.06$	0.79*** $y = -2.15x + 1.89$
Capitán y García	0.47** $y = 2.44x + 11.79$	-0.23 $y = -9.51x + 27.23$
Acetato amónico	0.53** $y = 1.74x + 1.37$	-0.27 $y = 7.33x + 33.63$
Lohse y Ruhnke	0.42* $y = 2.93x + 21.94$	-0.29 $y = -16x + 81.74$
Bray-Kurtz	0.48** $y = 3.30x + 40.38$	0.12 $y = 6.7x + 71.13$
Resina (Lathwell)	0.04 $y = 0.0048x + 1.42$	

Siendo los valores de r marcados con * significativos en el nivel 5 %; con ** significativos en el nivel 1 %, y con *** en el nivel menor del 1 %.

de regresión (tabla II), correspondientes a cada serie de valores y se estudia su significación mediante la fórmula de Fisher (10).

Los *coeficientes de correlación* entre los valores obtenidos por electrodiálisis y resinas cambiadoras y los obtenidos por Martínez y Lucena (18), permiten deducir que el método de electrodiálisis de Purvis-Hanna da niveles de significación moderada (significación en el nivel 1 por 100) con 8 de los métodos ensayados, Egner, Dyer y Metson, Williams y Stewart, Morgan, Demolon, Capitán y García, Acetato Amónico, y Bray-Kurtz. Estos métodos poseen características muy variadas, por lo que poco puede deducirse con carácter general de este hecho. Destaca la escasa correlación con el método Burriel-Hernando, muy extendido en España, y con los de Lathwell y Olsen.

A su vez, la extracción con resinas de cambio (Lathwell), se manifiesta como un método de características muy específicas y diferentes de los demás métodos sin correlación alguna, salvo con el método Olsen que da un valor de r altamente significativo, lo que coincide con la conclusión obtenida por Lathwell, sobre 21 suelos de New York. Se observa, sin embargo, discrepancia muy marcada entre la correlación obtenida entre los métodos Lathwell-Bray en este estudio y la obtenida por Lathwell en el trabajo ya citado (15).

Respecto a la magnitud del fósforo extraído, puede verse cómo el valor determinado por electrodiálisis es, en general, más bajo que los obtenidos por los distintos extractantes, aunque haya correlación entre ellos. La cantidad extraída por medio de resinas de cambio es aún considerablemente más baja, y en ambos casos el orden de magnitud concuerda, en líneas generales, con los valores encontrados con cada uno de los métodos respectivamente por Petrosini (23), sobre un grupo de suelos característicos muy difundidos en Umbria, y por Lathwell (15) sobre 21 suelos de New York. Esta magnitud, sin embargo, tiene poca importancia, pues lo esencial es que el fósforo determinado sea proporcional al que pueda extraer una cosecha.

En este sentido parece pues, como consecuencia primordial, que en su contraste agronómico adecuado, se deben incluir estos métodos no puramente químicos. Este contraste es absolutamente necesario por la absoluta discrepancia entre los distintos procedimientos, y ya están en marcha los estudios necesarios para ello.

CONCLUSIONES

Realizada la puesta a punto de los métodos de electrodiálisis y resinas de cambio para extraer fósforo asimilable de 20 suelos de la provincia de Salamanca, estudiados estadísticamente los resultados obtenidos y comparados con los obtenidos por 12 métodos químicos de extracción, se concluye:

a) Las cantidades extraídas por el método de Purvis-Hanna son menores que las obtenidas por los métodos de Burriel-Hernando, Egner, Dyer y Metson, Williams y Stewart, Truog, Capitán y García, Acetato Amónico, Lohse y Ruhnke, Bray-Kurtz, y se mantiene superior a las obtenidas por los métodos de Lathwell, Morgan, Demolon y Olsen.

b) El método de resinas de cambio (Lathwell) da un valor medio de fósforo extraído, menor que los restantes métodos citados, excepto el de Demolon.

c) El método de electrodiálisis (Purvis-Hanna) da una correlación con un nivel de significación menor del 1 por 100 con los de Egner, Dyer y Metson, Williams y Stewart, Morgan, Demolon, Capitán y García, Acetato Amónico y Bray-Kurtz y baja correlación con los restantes.

d) El método de resinas de cambio según Lathwell no presenta correlación con ninguno de los otros métodos, excepto con el de Olsen.

Por sus características especiales y por la discrepancia entre los resultados obtenidos con estos métodos y los obtenidos por métodos químicos, se concluye que deben de formar parte de todo estudio sistemático sobre la previsión de la necesidad de fertilizantes de un suelo.

*Centro de Edafología y Biología
Aplicada de Salamanca.*

RESUMEN

Se hace un estudio sobre 20 suelos representativos de la provincia de Salamanca, de la extracción del fósforo asimilable por electrodiálisis y resinas de cambio iónico. Se comparan los resultados entre sí y con los correspondientes a 12 extractantes químicos.

El método de electrodiálisis (Purvis-Hanna) en relación con los demás, da niveles de significación bajos. Solamente es significativa en el nivel 1 por 100 la correlación con los métodos de Egner, Dyer y Metson, Williams y Stewart, Morgan, Demolon, Capitán y García, Acetato amónico y Bray-Kurtz.

En cuanto a la extracción por resinas de cambio (Lathwell), no existe correlación con ningún otro método, excepto con el de Olsen, que da un nivel de significación menor del 1 por 100.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) AGARWAL, B. R. y POLLARD, A. G. (1952). *J. Sci. Food Agric.*, 4, 152.
- (2) — — (1955). *J. Sci. R. Coll. Sci.*, 25, 68.
- (3) AMER, F., BOULDIN, D. R., BLACK, C. A. y DUKE, F. R. (1955). *Plant & Soil.*, 4, 391.
- (4) BARKOFF, E. (1956). *Mataloust aikak*, 28, 229, (*Soils & Fert.* 20, 894)
- (5) BRAY, R. H. y KURTZ, L. T. (1943). *Soil Sci.*, 59, 89.
- (6) BREWER, P. H. y RANKIN, R. B. (1933). *J. Am. Soc. Agron.* 25, 414.
- (7) CORNFIELD, A. H. y POLLARD, A. G. (1952). *J. Sci. Food. Agric.*, 4, 151.
- (8) DEAN, L. A. (1934). *Soil Sci.*, 27, 253.

- (9) ESCHENA, T. (1957). *Agrochimica*, 1, 168.
- (10) FISHER, R. A. (1949). *Métodos estadísticos para investigadores*. Madrid. Aguilar.
- (11) FRIED, M. y DEAN, L. (1952). *Soil. Sci.*, 78, 263.
- (12) HARPER, H. J. (1933). *Soil. Sci.*, 35, 1 (C. A. 1, 2600).
- (13) IRI, H. y WATANABE, K. (1958). *J. Sci. Soil Tokyo*, 29, 29 (*Soil & Fert.* 22, 2103).
- (14) KONING, G., HASSEBAUMER, J. y HASSLER, G. (1911) *Landn. Vess. Station*, 75, 377 (*Agrochimica*, 1, 168).
- (15) LATHWELL, D. J., SÁNCHEZ, N., LISK, D. J. y PEECH, M. (1958). *Agron. J.* 50, 366.
- (16) LUCENA, F. y PRAT, L. (1957). *Anal. Edaf.*, 16, 1.
- (17) MARSDEN, A. W. (1940). *J. Soc. Chem. Ind.*, 59, 60. (C. A., 34, 4107).
- (18) MARTÍNEZ, A. y LUCENA, F. (1959). *Anal. Edaf.*, 18, 81.
- (19) MATTSON, S. (1926). *J. Agric. Res.* 3, 533.
- (20) MOLLER, J. y MOGENSEN, T. (1953). *Soil Sci.*, 76, 297.
- (21) OLSEN, S. R., COLE, C. V., WATANABE, F. S. y DEAN, L. A. (1954). *U. S. D. A. Circ.* 939.
- (22) PEECH, M. y ENGLISH, L. (1944). *Soil Sci.*, 57, 167.
- (23) PETROSINI, G. (1959). *Agrochimica.*, 3, 66.
- (24) PURVIS, E. R. y HANNA, W. J. (1949). *Soil Sci.*, 67, 47.
- (25) SHEARD, R. W. y CALDWELL, A. G. (1955). *Canad. J. Agric. Sci.* 35, 36.
- (26) VAN DIEST, A., JESPERSEN, H. W., WHITE, R. F. y BLACK, C. A. (1960). *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24, 498.

ESTUDIO DEL GRADO DE EVOLUCION DE DOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE CACERES

por

A. GARCIA RODRIGUEZ y M. SANCHEZ CAMAZANO

S U M M A R Y

STUDY OF THE WEATHERING STAGE OF TWO SOILS FROM THE PRO- VINCE OF CACERSS (SPAIN)

The weathering stage of two soils, one relict and the other current, from the province of Caceres (Spain) is studied. From the composition of clay fraction we concluded that both soils have had a relatively strong development process. The relict soil has supported a much longer process. The rate of oldness has been greater for the current one.

En los terrenos de la provincia de Cáceres predominan las tierras pardas meridionales desarrolladas sobre granitos y pizarras del Paleozoico, e incluso sobre sedimentos modernos. No obstante, se encuentran áreas, más o menos extensas, cubiertas de suelos relictos y actuales, que muestran a lo largo del perfil un grado de evolución más avanzado, debido a procesos climáticos intensos; estos suelos se encuentran preferentemente en las estribaciones de la Cordillera Central y de los Montes de Toledo.

Entre los perfiles estudiados para la realización del Mapa de Suelos de la provincia (1), hemos elegido dos situados en las comarcas citadas con el fin de estudiar el grado de evolución sufrido, ya que a través del estudio morfológico se mostraba relativamente intenso. Como quiera que las condiciones climáticas —elevada temperatura media anual y sequía estival larga e intensa—, no son apropiadas para la acumulación de materia orgánica, el grado de evolución puede conocerse con ayuda del estudio de la naturaleza de la fracción arcilla.

Las arcillas de los suelos pueden considerarse formadas por productos de desintegración de los minerales primarios. Estos productos pueden clasificarse como minerales de la arcilla y minerales accesorios. Dentro de estos últimos se encuentran los denominados «óxidos libres».

La clase de minerales existentes en la fracción arcilla, así como su distribución en función del tamaño de partícula y en función de la profundidad del perfil, sirven como índices de los procesos de desintegración que han tenido lugar en el suelo y del grado de evolución del

mismo. Los minerales más resistentes a la erosión química tienden a acumularse en las fracciones de menor tamaño de partícula.

Por todo ello se realiza el estudio de la evolución de estos suelos a través de la distribución de la arcilla y de los minerales que la integran (minerales de la arcilla y óxidos libres) en los distintos horizontes del perfil y en las fracciones de distinto tamaño de partícula. El fraccionamiento de la arcilla permite además un estudio de las propiedades de la misma en función del tamaño.

TÉCNICAS EXPERIMENTALES

La arcilla se ha fraccionado por sedimentación, basándose en la diferente velocidad de sedimentación de las partículas según su diámetro. Las fracciones separadas han sido las de diámetro $< 0,80 \mu$, $0,80-1,13 \mu$ y $1,13-1,97 \mu$.

Las técnicas empleadas para el estudio de los suelos y para el estudio de la fracción de arcilla, se encuentran descritas en trabajos anteriores (2) (3).

Para la extracción de los óxidos libres de aluminio y silicio, se ha seguido el método propuesto por Jackson (4) (5). La determinación se hizo colorimétricamente, el aluminio con aluminón y la sílice con molibdato amónico.

Los óxidos libres de hierro fueron extraídos por el método que emplea hidrosulfito sódico como solución extractora (6), y determinados posteriormente por colorimetría con sulfocianuro.

DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

Perfil 7

Situación.—Depresión del Tajo. Kilómetro 52 carretera Navalmoral-Guadalupe.

Geología.—Cuaternario. (Terrazas altas del Tajo y derrubios coluviales de las sierras).

Topografía.—Ondulada.

Drenaje

Externo: Bueno.

Interno: regular.

Vegetación.—Bosque de encina y alcornoque con sotobosque espeso de jara y lavándula.

Agricultura.—Forestal.

Tipo de suelo.—Rotlehm con gravas.

Profundidad cm.	Horizontes	Observaciones
0-15	A	Pardo rojizo (5YR 4/4) (húmedo); limo arenoso con gravas superpuestas, bien enraizado, numerosos orificios de insectos.
15-50	(B ₁)	Rojo amarillento (5YR 4/8) (húmedo); limo arcilloso, poliédrico en agregados de unos dos centímetros, pegajoso de húmedo, duro de seco, poco plástico, sin gravas, algunas raíces.
50-120	(B ₂)	Amarillo rojizo (7,5 YR 6/8), análogo al (B ₁) con menos desarrollo, de estructura más compacta.
120-150	(B ₂)/Ca	Mezcla del material del (B ₂) y caliza; desmenuzamiento laminar.

TABLA I
Datos analíticos del perfil 7

Determinaciones	Profundidad cm.			
	0-15	15-50	50-120	120-150
Arena gruesa %	18,5	3,8	3,3	14,5
Arena fina %	28,5	30,0	34,5	41,0
Limo %	23,2	7,8	7,6	26,3
Arcilla %	23,0	55,6	53,3	17,8
C. C. meq/100 g	17,0	25,6	24,0	27,1
pH	7,3	6,6	6,1	7,7
Carbonatos %	Trazas	—	—	17,6
M. O. %	1,41	0,26	0,19	0,33
N %	0,090	0,045	0,031	0,038
C/N	9,1	3,3	3,5	5,2
P ₂ O ₅ asim. mg/100 g	1,3	1,3	1,0	1,6
K ₂ O asim. mg/100 g	9,6	10,8	10,5	10,0
CaO asim. mg/100 g	200	200	203	1.500
Oxidos libres en la fracción arcilla %	SiO ₂ ...	6,2	4,0	4,1
	Al ₂ O ₃ ...	2,1	1,7	0,8
	Fe ₂ O ₃ ...	4,4	5,6	4,5

TABLA II

Valores de las capacidades de cambio y contenido en óxidos libres de hierro, aluminio y silicio de las distintas fracciones

Horizonte	Fracción en μ	Arcilla %	C. C. meq/100 g	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
A	< 0,80	68,3	51,8	7,27	2,44	4,67
	0,80-1,13	11,2	37,3	3,65	2,32	3,96
	1,13-1,97	20,5	20,0	4,08	0,83	3,65
(B ₁)	< 0,80	82,6	65,1	4,02	1,88	5,81
	0,80-1,13	9,8	44,1	3,85	0,76	5,11
	1,13-1,97	7,6	19,8	4,59	0,59	4,51
(B ₂)/Ca	< 0,80	71,8	65,5	4,18	0,86	4,62
	0,80-1,13	6,3	44,1	3,92	0,64	4,15
	1,13-1,97	21,9	19,0	3,72	0,76	4,25

Análisis röntgenográfico

Se obtuvieron diagramas de todas las fracciones empleando la técnica de agregado orientado tratado con etilenglicol.

En todos los diagramas aparecen líneas a 17,1, -10,1, -7,13 Å, apa-

reciendo además en las fracciones de arcilla más gruesas de los tres horizontes otra línea a 14,13 Å. Esta línea no se modifica por calentamiento prolongado de la arcilla a 110° C y se refuerza ligeramente por calentamiento a 500° C. Por observación de las intensidades relativas de las líneas dentro de cada diagrama, se deduce que la composición mineralógica varía muy poco, ni cualitativa ni cuantitativamente, con la profundidad. Simplemente se observa una acumulación de montmorillonita en el horizonte más profundo.

La composición mineralógica sí varía, sin embargo, tanto cualitativa como cuantitativamente con el tamaño de partícula. En las dos fracciones más gruesas hay illita y clorita, junto a montmorillonita y caolín. En la fracción más fina no hay clorita, y sus contenidos en montmorillonita y caolín, son superiores a los de las otras dos fracciones.

Análisis termogravimétrico

Las curvas presentan como nota más destacada un contenido elevado en agua de hidratación. Este contenido es mayor en las curvas correspondientes al horizonte más profundo. Dicho contenido varía también con el tamaño de partícula de la arcilla, disminuyendo a medida que aumenta el tamaño de la fracción.

Perfil 10

Situación.—Plataforma de la Vera. Kilómetro 62 carretera a Oropesa.

Geología.—Granito y neiss.

Topografía.—Llano.

Drenaje

Externo: Bueno.

Interno: Bueno.

Vegetación.—Olivos, higueras y helechos.

Agricultura.—Variada.

Tipo de suelo.—Tierra parda húmeda lixiviada.

<i>Profundidad cm.</i>	<i>Horizontes</i>	<i>Observaciones</i>
0-20	Ap	Rojo amarillento (5YR 4/6); arenoso, suelto, bien enraizado, poca materia orgánica.
20-40	(B ₁)	Rojo (2,5 YR 4/6) (húmedo); arcillo arenoso, no es plástico, micáceo, brillante, sin desarrollo de la estructura.
40-80	(B ₂)	Rojo más claro (2,5 YR 5/8); areno limoso, no plástico; algo compacto, brillante.
80-120	C ₁	Abigarrado de tonos oscuros, rojo y negruzco, granito y neiss meteorizado.

TABLA III

Datos analíticos del perfil 10

Determinaciones	Profundidad cm.		
	0-20	20-40	40-80
Arena gruesa %	45,0	29,8	29,5
Arena fina %	39,0	29,5	36,0
Limo %	10,3	19,3	15,5
Arcilla %	6,5	21,3	18,2
C. C. meq/100 g	4,2	9,4	6,8
pH	6,0	5,2	5,4
Carbonatos %	—	—	—
M. O. %	0,60	0,30	0,17
N %	0,042	0,026	0,019
C/N	8,0	6,4	5,2
P ₂ O ₅ asim. mg/100 g	1,6	1,0	1,0
K ₂ O asim. mg/100 g	13,3	6,3	6,3
CaO asim. mg/100 g	33	33	33
Oxidos libres en la fracción arcilla %	SiO ₂	10,2	10,3
	Al ₂ O ₃	3,0	3,0
	Fe ₂ O ₃	8,9	10,4
			6,8
			2,9
			9,6

TABLA IV

Valores de las capacidades de cambio y contenido en óxidos libres de hierro, aluminio y silicio de las distintas fracciones

Horizonte	Fracción en μ	Arcilla %	C. C. meq/100 g	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %
Ap	< 0,80	82,1	12,3	11,45	3,19	9,44
	0,80-1,13	4,8	3,8	5,11	2,24	8,00
	1,13-1,97	13,1	1,3	4,45	2,24	5,85
(B ₁)	< 0,80	86,7	15,2	11,32	3,07	10,95
	0,80-1,13	3,3	8,2	5,42	3,84	7,60
	1,13-1,97	10,0	2,3	3,12	1,63	6,95
(B ₂)	< 0,80	75,8	13,9	8,58	3,48	11,15
	0,80-1,13	6,2	9,5	3,75	1,77	5,15
	1,13-1,97	18,0	2,6	3,61	1,02	4,34

Análisis röntgenográfico

En los diagramas de agregados orientados tratados con etilenglicol, correspondientes a las fracciones de todos los horizontes, aparecen

líneas a 9,90 y 7,10 Å, apareciendo además en los de las fracciones mas gruesas otras líneas a aproximadamente 12 Å y 8 Å. Estas no se modifican por calentamiento prolongado de la arcilla a 110° C y a 500° C. De las líneas existentes en los diagramas y de las intensidades relativas de las mismas dentro del diagrama, se deduce que hay illita y caolín en todas las fracciones, habiendo además interstratificación de illita y clorita en las fracciones más gruesas y observándose una fuerte acumulación de caolín al disminuir el tamaño de partícula. Este aumento coincide con la disminución del contenido de illita.

Análisis termogravimétrico

Las curvas de todas las fracciones son típicas de mezclas de illita y caolín, con abundante contenido del último. Presentan una pérdida de peso pequeña, debida al agua de hidratación. Esta pérdida disminuye al disminuir el tamaño de partícula.

DISCUSIÓN

La distribución y naturaleza de la fracción arcilla es diferente en los dos perfiles estudiados debido, principalmente, a diferencias climáticas, a la presencia de carbonatos en uno de ellos y a la naturaleza de la roca madre. El perfil 7 es un suelo relicto, formado a partir de sedimentos pizarrosos; la incorporación de caliza debió ser posterior a la del sedimento si bien, en parte, puede proceder de la edafización del mismo; la profundidad y potencia del horizonte Ca nos hace pensar en una meteorización intensa y en una acumulación gradual de caliza. Las condiciones climáticas actuales son aproximadamente las siguientes: precipitación anual 800 mm.; temperatura media entre 14 y 16° C; sequía estival larga e intensa. El perfil 10 es un suelo actual formado a partir de granitos metamórficos muy micáceos. Las condiciones climáticas son las siguientes: precipitación anual superior a 1.200 milímetros; temperatura media alrededor de 15° C; sequía estival intensa. Las diferencias climáticas se manifiestan en la vegetación; en el área del perfil 7 dominan el *Q. ilex* y el *Q. suber*; en el área del perfil 10 domina el *Q. pyrenaica*. La meteorización química es, pues, más intensa en el perfil 10 que en el perfil 7.

Los porcentajes de la fracción arcilla más fina son altos en ambos suelos, alcanzando valores superiores en el perfil 10; la diferencia más acusada se encuentra en los horizontes A, pero es menos significativa que la de los otros horizontes, porque el horizonte superior del perfil 10 es un horizonte Ap. Los porcentajes de la fracción arcilla intermedia (0,80-1,13 μ), son superiores en el perfil 7; la fracción arcilla más gruesa alcanza los mayores niveles, en ambos suelos, en los horizontes su-

periores e inferiores, atribuyéndolo a un proceso de concentración en el caso de los horizontes A y a un proceso de formación más lenta y menos intensa en el caso de los horizontes profundos.

La naturaleza de la fracción arcilla varía poco con la profundidad en ambos perfiles. En el perfil 7 hay ilita, caolín, montmorillonita y clorita en todos los horizontes, observándose un aumento del contenido en montmorillonita con la profundidad. En el perfil 10 la composición de la fracción arcilla de todos los horizontes es caolín, ilita e interestratificación de ilita y clorita, siendo elevado el contenido en caolín y llegando a ser casi el único componente de la fracción arcilla más fina ($< 0,80 \mu$) en el horizonte más profundo.

La naturaleza de la fracción arcilla varía, tanto cualitativa como cuantitativamente, con el tamaño de partícula en ambos perfiles. En el perfil 7 aparece montmorillonita, ilita y caolín en la fracción más fina, existiendo además clorita en las fracciones intermedia y gruesa. Se encuentra una fuerte acumulación de montmorillonita en la fracción más fina, mientras que la ilita y la clorita lo hacen en las más gruesas. En el perfil 10 hay caolín e indicios de ilita en las fracciones más finas; en la fracción gruesa e intermedia hay además interestratificación de ilita y clorita. Se observa una fuerte acumulación de caolín en las fracciones más finas y de ilita en las más gruesas. Wilkinson y Gray (7) encontraron que la montmorillonita predominaba en la fracción fina de arcilla de los tres horizontes de un suelo de Oklahoma. Lo mismo encuentran Whittig y Jackson (8) en un estudio de los suelos de Omega y Ahmeek. Este hecho puede explicar, en parte, la abundancia de montmorillonita en los horizontes profundos de algunos perfiles, ya que al concentrarse este mineral en las fracciones finas es eluviado por las aguas percolantes.

La diferencia entre la composición mineralógica de los dos perfiles es muy acusada; la presencia de caliza y una mayor aridez, son los dos factores que coadyuvan a que en el suelo del perfil 7 se forme montmorillonita, mientras que en el perfil 10 domina el caolín.

El porcentaje de óxidos libres en las distintas fracciones, es superior en el perfil 10 como resultado de una meteorización más intensa; en todos los horizontes los óxidos se concentran en la fracción arcilla más fina ($< 0,80 \mu$), pero de forma más acusada en el suelo más meteorizado. En el perfil 7 se aprecia mayor liberación de SiO_2 y Al_2O_3 en el horizonte A, principalmente en la fracción fina; no hay emigración. Tampoco se aprecia emigración de Fe_2O_3 . Los valores algo más elevados del horizonte (B) pueden ser debidos a una mayor liberación causada por un ataque químico más intenso (mayor retención de humedad y pH más ácido).

En el perfil 10, la sílice coloidal se concentra fuertemente en la fracción más fina, pero no emigra, o sólo lo hace hasta el horizonte (B_1), en el que es retenida a causa de la acidez. Los óxidos libres de aluminio alcanzan, en conjunto, valores más elevados en los horizontes

superiores, pero el porcentaje más elevado en la fracción más fina corresponde al horizonte más profundo, mientras que en el horizonte (B_1) el porcentaje de óxidos es más elevado en la fracción intermedia (0,80-1,13 μ), que en la fina; ello parece indicar una emigración desde el horizonte (B_1) al (B_2) en consonancia con los valores del pH. Los óxidos de hierro se concentran también en la fracción más fina, pero la distribución en los distintos horizontes sigue un sentido inverso a la de los óxidos de silicio; el lavado ha afectado a los óxidos de hierro de la fracción más fina, que se concentran en el horizonte (B_2) seguido del (B_1); en las fracciones intermedias y gruesas los valores descienden desde el horizonte Ap al (B_2); se aprecia en consecuencia un grado moderado de lixiviación.

La elevada proporción de arcilla, la eluviación de la misma y el gran porcentaje de la fracción arcilla más fina, indican un grado acentuado de desarrollo en ambos perfiles; lo mismo puede deducirse del porcentaje relativamente alto de los óxidos libres, principalmente óxidos de hierro. Los horizontes B son horizontes arcillosos iluviales, como se deduce de la distribución de los minerales de la arcilla; el hecho de que en el perfil 7 haya mayor cantidad de montmorillonita en los horizontes profundos se debe, al menos en parte, a que es este material el más móvil de los minerales de la arcilla. En nuestra opinión, el suelo del perfil 7 es más antiguo que el del perfil 10; sin embargo, la velocidad de envejecimiento es mayor en este último, circunstancia que se manifiesta por una mayor liberación de óxidos y una emigración más acelerada de las fracciones arcillosas; en efecto, la razón arcilla en el horizonte (B)/arcilla en el horizonte A es del orden de 2 en el perfil 7 y del orden de 3 en el perfil 10. En ambos casos, el proceso de desarrollo se ve frenado por la cantidad y naturaleza de la fracción orgánica.

*Sección de «Cartografía de Suelos» y
«Laboratorio de Mineralogía de Arcillas»
del Centro de Edafología de Salamanca*

RESUMEN

Se estudia el grado de evolución de dos suelos, uno relicto y otro actual, de la provincia de Cáceres. La naturaleza y distribución de la fracción arcilla nos lleva a la conclusión de que ambos suelos han experimentado un proceso de desarrollo relativamente intenso. El suelo relicto ha sufrido un proceso más largo, pero la velocidad de envejecimiento es mayor en el suelo actual.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) FORTEZA BONNIN, J. 1965. Los suelos de la Provincia de Cáceres. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- (2) MARTÍN VIVALDI, J. L., SÁNCHEZ CAMAZANO, M. y LUCENA CONDE, F. 1961. An. Edaf. 20, 71.

- (3) GARCÍA RODRÍGUEZ, A. 1961. Factores tipológicos y químicos en la fertilidad de los suelos del partido judicial de Peñaranda de Bracamonte. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- (4) HASHIMOTO, I, and JACKSON, M. L. 1960. 7th Nat. Conf. Clay Clays. Min., 102.
- (5) JACKSON, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc..
- (6) MITCHELL, B. D. and MACKENZIE, R. C. 1954. Soil Sci., 77, 173.
- (7) WILKINSON, G. E. and GRAY, F. 1954. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 18, 264.
- (8) WHITTIG, L. D. and JACKSON, M. L. 1956. 4th Nat Conf. Clay Clays Min., 362.

NUEVO INDICE FISIOLÓGICO EN LAS RELACIONES SUELO-PLANTA-AGUA

por

ANGEL ORTUÑO MARTÍNEZ y MARIA PARRA GILABERT

SUMMARY

NEW PHYSIOLOGICAL INDEX IN THE RELATION SOIL-PLANT-WATER

The importance of the physiological index in the relations soil-plant-water are detached as well the irrigation control.

It is for the first time shown in bitter-orange trees (*Citrus aurantium* Linn.), by means of a statistical study, the relations existing between the surfaces and weight of the leaves; leaf humidities and edaphic water contents; transpired water and leaf surfaces; and total contents in transpired water and leaf material formed. The corresponding regression and correlation equations were calculated and found very significative.

A new physiological index is proposed, named *specific leaf humidity*, which can give a very important view about the complex relations soil-plant-water.

En la actualidad se considera a las plantas cormofitas como sistemas biológicos situados entre diferencias de potencial de presiones hídricas, edáficas y atmosféricas respectivamente (2, 5).

La casi totalidad del movimiento ascendente del agua a través de las plantas es el resultado directo de la pérdida que experimentan las hojas como consecuencia de la transpiración, pues cuando aquella se evapora en las superficies foliares, las células de los parénquimas respectivos absorben más agua de los tejidos vasculares. La tensión que entonces se produce en el contenido del xilema atrae el líquido hacia arriba, formando una columna sin solución de continuidad, desde las raíces hasta la superficie de las hojas. Pero bajo el punto de vista biofísico, son fuerzas de tipo osmótico las que desempeñan el papel primordial en el mecanismo descrito, que tiene por objeto regular las disponibilidades de agua de los tejidos en estado de potencial químico favorable para los procesos de la vida vegetal (3).

El estado de hidratación celular, en estas circunstancias, viene dado por la energía del agua protoplasmática, causante de la *presión de suc-*

ción de los tejidos y del movimiento del agua a lo largo de las plantas. Esta magnitud está normalmente relacionada con la *succión o tensión de humedad del suelo* (2, 5).

En condiciones de evaporación fisiológica normal, la *presión de succión* de las plantas, representativa del potencial químico celular, sigue frecuentemente la marcha de la *succión del suelo*; pero en el caso de intensa evaporación, existe más independencia entre ambas (1).

Las plantas no pueden utilizar todo el agua existente en la rizosfera. El mecanismo que utilizan para conseguir su absorción es la disminución de energía del agua en los protoplasmas celulares mediante la transpiración. Este último factor no está claramente relacionado con el estado hídrico de las plantas y aparece con independencia de la humedad del suelo, particularmente en el intervalo entre los valores críticos, *capacidad de campo* y *coeficiente de marchitez permanente* (6).

Para estudiar las relaciones suelo-planta-agua y control de los riegos, interesa conocer los índices objetivos del estado de abastecimiento hídrico. Sin restar importancia a las medidas de la *tensión de humedad edáfica*, se ha sugerido una mayor atención a los datos proporcionados por la planta misma, como son los índices fisiológicos, en especial la *presión de succión* (1).

Las objeciones a estos métodos son la serie de dificultades que presentan sus determinaciones y la poca accesibilidad a científicos no especializados (1, 3).

En el presente trabajo proponemos un nuevo índice fisiológico, con la denominación de *humedad foliar específica*, cuya simplificación hace las medidas de uso más general y puede ofrecer una visión muy significativa de las relaciones suelo-planta-agua.

PARTE EXPERIMENTAL

Material y métodos

Planta y suelo.

Se ha elegido para este trabajo naranjo amargo (*Citrus aurantium* Linn.), de un año de edad, vegetando en macetas sobre un mismo tipo de suelo: calizo, de textura predominantemente limo-arenosa, con capacidad de cambio de cationes media y ligera salinidad. De poder cloroso muy elevado (tabla I).

TABLA I

Análisis mecánico:

Elementos gruesos 2 mm... ..	%	8,33
Elementos finos... ..	%	91,67
Arena gruesa... ..	%	32,20
Arena fina... ..	%	42,20
Limo... ..	%	17,00
Arcilla... ..	%	6,44
Textura... ..		Limo-arenosa

Análisis químico-físico:

C. de cambio total... ..	Meq. %	13,75
pH _s (H ₂ O)... ..		7,90
pH _s (KCl)... ..		7,55
EC _s mho. cm ⁻¹		339

Análisis químico:

Carbonato cálcico total. ..	%	47,5
Carbonato cálcico activo ..	%	15,23
Carbonato total... ..	%	1,25
Materia orgánica ..	%	2,16
Nitrógeno total... ..	%	0,112
C/N... ..		11,2
Fósforo asimilable... ..	p. p. m.	12
Potasio asimilable ..	Meq. %	0,74
Calcio asimilable ..	»	33,60
Magnesio asimilable... ..	»	6,60
Sodio total... ..	»	1,20
Cloruros (Cl ⁻) ..	p. p. m.	160
Sulfato cálcico ..	»	774

El contenido en materia orgánica es medio, igual que el de potasio asimilable, siendo baja la cantidad de fósforo asimilable y la de nitrógeno total, y muy elevada la de calcio y magnesio asimilable. Los niveles de sodio de cambio, cloruros y sulfato cálcico son bajos, no siendo los contenidos de estos últimos perjudiciales al desarrollo vegetativo.

Los naranjos se cultivaron en condiciones climáticas reales durante todo el tiempo que duraron las experiencias.

Humedad edáfica y transpiración.

Teniendo en cuenta la capacidad de retención máxima de humedad, se adicionaron a los suelos de distintos grupos de macetas plantadas de naranjos, cantidades de agua en orden creciente, para disponer de humedades edáficas distintas. Después de veinticuatro horas, se determina-



For. 1

Grupo de macetas plantadas de naranja amarga cubiertas con polietileno laminado.

ron las humedades de los contenidos de todas las macetas, las cuales se cubrieron seguidamente con polietileno laminado, disponiendo de cierre hermético en la zona del tronco de los árboles (fotografía 1). Independientemente se prepararon, de la manera descrita, macetas testigos sin naranjos. De esta forma se mantuvieron las humedades edáficas durante todo el transcurso de las experiencias.

Diariamente se realizó el control de peso de cada una de las macetas, con el fin de determinar la pérdida de agua por transpiración.

Humedad foliar específica.

Grupos de árboles, en número de diez, se desfoliaron periódicamente, al mismo tiempo que se determinaban las humedades edáficas actuales. Las hojas de cada planta, numeradas y fichadas, se pesaban rápidamente, una vez escindidas, en balanza de precisión, introducidas en bolsas de polietileno. Después de esta operación, se situaron sobre papel azográfico en una prensa de fotografía. Seguidamente, el material foliar así dispuesto fue sometido al influjo de la luz solar durante dos minutos. El revelado y fijado se realizó en atmósfera de amoníaco. Las imágenes exactas de las hojas en fresco (figura 1) sirvieron para determinar las superficies foliares con ayuda de planímetro.

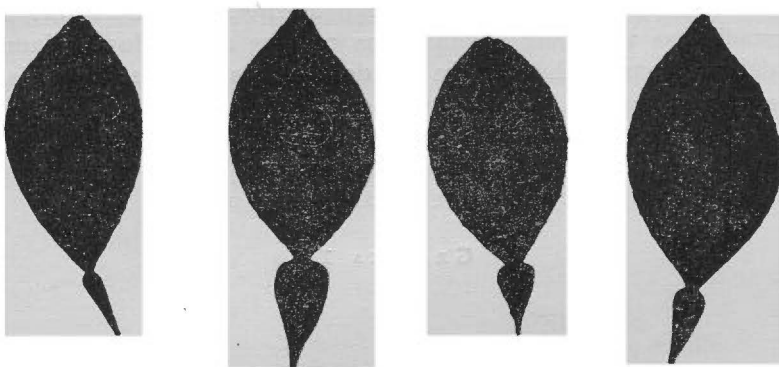


FIG. 1

Imágenes exactas de hojas en papel azográfico para las medidas planimétrales.

Finalizada esta primera parte experimental, se desecaron las hojas, prensadas entre láminas de cartón, primeramente a 65° C, en estufa de corriente de aire y después a 105° C, en estufa de desecación. Por último, se pesaron nuevamente y obtuvieron las imágenes foliares de la manera descrita anteriormente.

De esta forma se pudieron determinar los pesos de las hojas, en fresco y seco, las humedades correspondientes por diferencia, las medidas planimétrales y las relaciones entre las humedades y superficies foliares y también con respecto al peso.

Relación entre agua consumida y material foliar formado.

Para la realización de esta experiencia, se desfoliaron exprofesamente una serie de naranjos plantados en macetas y fueron regados a continuación hasta saturación biológica de los suelos correspondientes.

Transcurridas las veinticuatro horas, se cubrieron perfectamente cada una de ellas con plástico laminado.

Durante todo el tiempo que duró la foliación, se controló diariamente, en todas las macetas, la pérdida de agua por transpiración.

Las nuevas hojas tardaron cuarenta días en desarrollarse, al cabo de los cuales fueron pesadas individualmente en fresco y seco, obteniéndose el peso y dimensiones planimétricas de la forma descrita en la primera parte.

RESULTADOS

Los resultados que se reflejan en las gráficas 1 y 2 y tablas II y III ponen de manifiesto que en las condiciones experimentales consideradas, las *humedades foliares específicas* de naranjo amargo, con respecto a superficie (H/S) y peso (H/P), respectivamente, mantienen correlaciones estadísticas altamente significativas con los contenidos de humedades edáficas, comprendidos entre los dos valores críticos, *capacidad de campo* y *coeficiente o porcentaje de marchitez permanente* (límites superior e inferior de disponibilidades hídricas). Este nuevo índice fisiológico puede caracterizar de una manera muy útil las relaciones complejas suelo-planta-agua y también el control de los riegos.

GRÁFICA 1

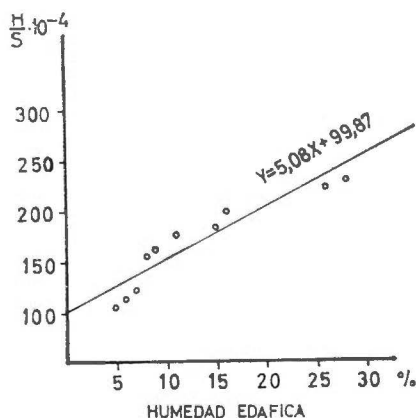
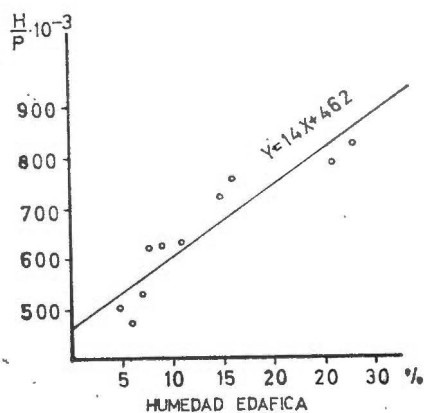


TABLA II

Regresión y correlación entre	F	b	r
$\frac{H}{S} \cdot 10^{-4}$ y humedad edáfica	56,00	5,08	0,94

Significativa. al nivel 0,1 por 100.

GRÁFICA 2



GRÁFICA 3

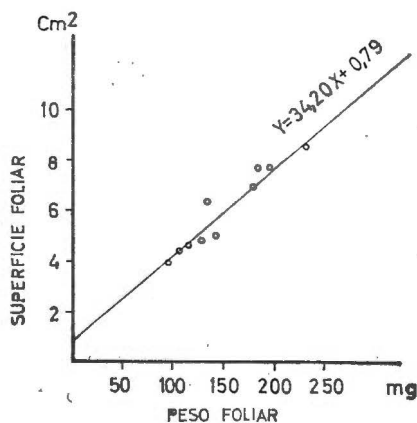


TABLA III

Regresión y correlación entre	F	b	r
$\frac{H}{P} \cdot 10^{-3}$ y humedad edáfica	43,00	14,00	0,92

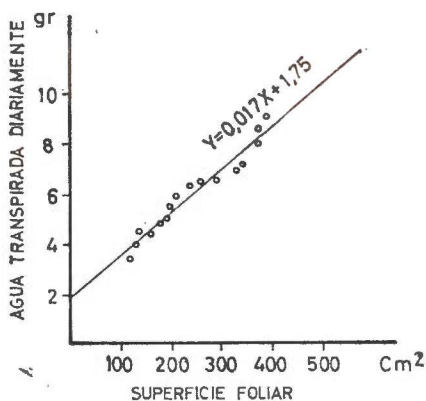
Significativa al nivel 0,1 por 100.

TABLA IV

Regresión y correlación entre	F	b	r
Superficie foliar y peso foliar	78,68	34,20	0,96

Significativa al nivel 0,1 por 100.

GRÁFICA 4



GRÁFICA 5

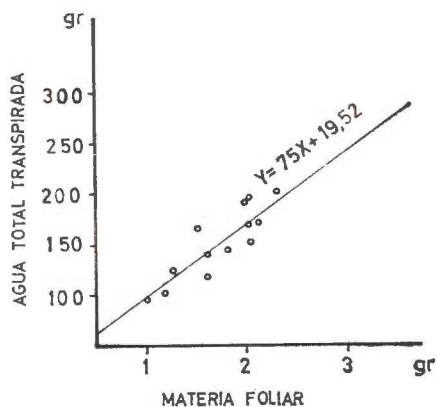


TABLA V

Regresión y correlación entre	F	b	r
Agua transpirada diariamente y superficie foliar..	40,00	0,017	0,93

Significativa al nivel 0,1 por 100.

TABLA VI

Regresión y correlación entre	F	b	r
Agua total transpirada y materia foliar...	36,00	75,00	0,88

Significativa al nivel 0,1 por 100.

GRÁFICA 6

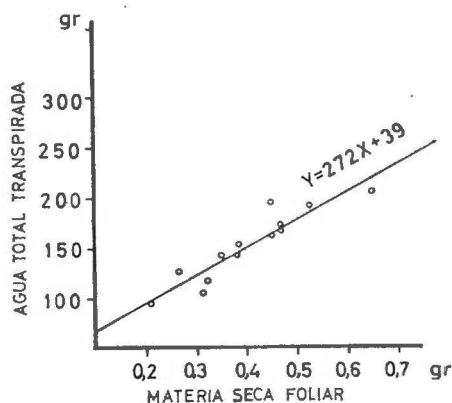


TABLA VII

Regresión y correlación entre	F	b	r
Agua total transpirada y materia seca foliar...	59,00	272,00	0,92

Significativa al nivel 0,1 por 100.

En las gráficas 3 y 4 y tablas IV y V se resumen el estudio estadístico de las relaciones entre superficie y pesos de las hojas de naranjo amargo; y agua transpirada y superficies foliares. En las gráficas 5 y 6 y tablas VI y VII consignan las cantidades totales de agua transpirada y materia foliar, expresada en fresco y seco. También se exponen las ecuaciones de regresión y correlación correspondientes, siendo interesante destacar que los valores de F y r son significativos a niveles de 0,1 por 100, en todos los casos estudiados.

Las necesidades hídricas para formar una unidad de peso de sustancia seca en la zona epigea (4) de la especie del género *Citrus* mencionada, se especifican en la tabla VIII. Teniendo en cuenta los coeficientes de variabilidad estadísticos y límites al 5 por 100, se deduce que el coeficiente de transpiración del naranjo amargo es del orden de 375, en las condiciones experimentales descritas.

TABLA VIII

Agua total transpirada		Materia foliar fresca	Materia foliar seca	Coeficiente Transpiración
Gramos		Gramos	Gramos	
	140	1,6215	0,3578	391
	169	2,0153	0,4756	355
	201	2,3105	0,6572	306
	142	1,8086	0,3886	366
	194	2,0453	0,4556	426
	127	1,2577	0,2730	465
	94	1,0629	0,2169	433
	164	1,5360	0,4617	355
	103	1,1922	0,3217	320
	191	2,0994	0,5351	357
	152	2,0722	0,3914	388
	168	2,1414	0,4715	356
	116	1,6276	0,3300	351
Media	151	1,7531	0,4105	375
C. V. %	24	22,70	28,25	12,00
Límites	84	0,8934	0,1599	278
5 %	228	2,6128	0,6611	472

CONCLUSIONES

Se propone un nuevo índice fisiológico, con la denominación de *humedad foliar específica*, que puede ofrecer una visión muy significativa en las relaciones suelo-planta-agua y control de los riegos.

Se determina experimentalmente en naranjo amargo (*Citrus aurantium* Linn.) las relaciones entre superficies y pesos foliares; *humedades foliares específicas* y contenidos de humedades edáficas; agua transpirada y superficies foliares; y cantidades totales de agua transpirada y materia foliar formada.

Mediante estudio estadístico se demuestra la existencia de regresiones y correlaciones lineales, altamente significativas, entre *humedades foliares específicas* y contenidos de agua edáficos.

Se calculan las ecuaciones de regresión y correlación en las relaciones expuestas, siendo interesante destacar a este respecto que los valo-

res de F y r son significativos a niveles del 0,1 por 100, en todos los casos estudiados.

Estadísticamente se demuestra que el coeficiente de transpiración en naranjo amargo es del orden de 375, en las condiciones experimentales descritas.

Agradecemos al Consejo Superior de Investigaciones Científicas la beca concedida a doña María Parra Gilabert, cuya ayuda ha hecho posible este trabajo.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.
Sección de Biología. Murcia.*

RESUMEN

Se destaca la importancia de los índices fisiológicos en las relaciones suelo-planta-agua y control de los riegos.

Se demuestran por primera vez, en naranjo amargo (*Citrus aurantium* Linn.), mediante estudio estadístico, las relaciones existentes entre superficies y pesos de las hojas; humedades foliares y contenidos de agua edáficos; agua transpirada y superficies foliares; y cantidades totales de agua transpirada y material foliar formado, calculándose las ecuaciones de regresión y correlación correspondientes, altamente significativas.

Se propone un nuevo índice fisiológico con la denominación de *humedad foliar específica*, que puede ofrecer una visión muy importante en las relaciones complejas suelo-planta-agua.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GONZÁLEZ, F. 1964. Las relaciones planta-agua en las zonas áridas. Revista Univ. Madrid. 10, 545-585.
- (2) GRADMAN, H. 1928. Untersuchungen über die Wasserverhältnisse des Bodens als Grundlage des Pflanzenwachstums.
- (3) KRAMER, P. J. 1949. Plant and Soil water relationships. Mc. Graw-Hill. Book Comp. Inc. New York.
- (4) RUSSEL, E. J. 1954. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Aguilar. Madrid.
- (5) VAN DEN HONERT, T. H. 1948. Water transport in plants as a catenary process. Faraday Soc. Discussions. Núm. 3, 146-153.
- (6) VEIMEYER, F. J., and HENDRICKSON, A. H. 1933. Some plant and soil-moisture relations. Am. Soil Survey Assoc. Bull. 15, 76-80.

EVOLUCION ANUAL DE NUTRIENTES EN HOJAS DE FRUTALES

IV. VID (PARRAL)

por

M. G. GUILLEN, F. G. FERNANDEZ y M. CARO

SUMMARY

SEASONAL TRENDS OF NUTRIENT ELEMENTS IN FRUIT TREES LEAVES. IV. GRAPEVINE (PARRAL)

After a bibliographical review about leaf analysis related with the mineral nutrition of grapevine, the seasonal changes of nutrient elements in 81 samples of grapevine leaves in five localities, four varieties, five rootstocks and three years are presented. The regression equations of the seasonal changes of N, P, K, Ca and Mg contents and their plottings are given. The N and P leaf contents decreased throughout the season (range of 4,97 to 1,65 per cent N, and 0,40 to 0,11 per cent P); both are highly correlated. Potassium contents presents a small rise in the first stage followed by a decrease to a value lower than the first one (range of 1,45 to 0,32 per cent K). Calcium and magnesium concentrations increase almost linearly with maturity (from 1,0 to 5,5 per cent for calcium and from 0,30 to 1,0 per cent for magnesium). Total iron and manganese contents do not show a definite seasonal trend, with values between 85-387 ppm. and 100-345 ppm. respectively. Influence of variety or rootstock was not constated; the calcium carbonate contents of soil, however, affects the iron and manganese contents of leaves.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid (*Vitis vinifera*) en forma de parral, tradicional en la provincia de Almería, se ha extendido notablemente durante el último decenio en esta provincia y en las de Murcia y Alicante; especialmente en variedades de uva de mesa aptas para la exportación. Sólo en la provincia de Murcia, la superficie dedicada a este cultivo se estima superior a 1.600 Has. Esta extraordinaria difusión puede explicarse por dos razones principales:

a) La puesta en producción es muy rápida, consiguiéndose la amortización total entre el 5.º y 6.º año, a pesar de que los gastos en el pri-

mer bienio son más elevados que en cualquier otro cultivo frutal de la región (7).

b) La rentabilidad calculada para un metro cúbico de agua de riego en este cultivo es máxima, prácticamente el doble que la de los agrios. El consumo hídrico anual $—3.600 \text{ m}^3/\text{Ha}—$ es intermedio entre los correspondientes a las especies frutales *Prunus* y *Citrus*, tradicionales en la región (8).

Considerando la importancia de este cultivo, se ha extendido al mismo el estudio, ya iniciado en otras especies de la región, sobre evolución de nutrientes en hojas.

ANTECEDENTES

Ulrich (31, 32) examina los contenidos de nitrógeno (total y sus diversas fracciones) y potasio en hojas y otros tejidos de vid, deduciendo que los contenidos de los peciolo reflejan el estado de nutrición de la planta mejor que los de los limbos. En hojas recogidas en tres épocas del ciclo de desarrollo, encuentra una disminución de los contenidos de nitrógeno total, tanto en peciolo como en limbo (de 1,09 a 0,47 y de 3,48 a 2,21 por 100, respectivamente), muy intensa en la primera etapa y menor en la segunda. En parcelas fertilizadas con nitrógeno la tendencia es la misma, con valores extremos de 1,49 a 0,62 y 3,95 a 2,49 por 100, respectivamente. El potasio también presenta una tendencia a la disminución al avanzar la estación, aunque menor en la primera etapa.

Goodall y Gregory (16) recogen datos demostrativos de que la vid no responde a las fertilizaciones nitrogenadas, fosfóricas o potásicas, cuando los contenidos de las hojas recogidas en otoño son mayores de 1,5 por 100 para nitrógeno, 0,19 por 100 para fósforo y 1,03 por 100 para potasio. Los síntomas visuales de la deficiencia de potasio están ligados a contenidos de este elemento entre 0,25 y 0,60 por 100, mientras que en las hojas normales el contenido oscila entre 0,5 y 0,8 por 100.

Boynton (2), en hojas de vid tomadas en el mes de septiembre, encuentra que contenidos de K de 0,23 a 0,25 por 100 estaban ligados a síntomas de deficiencia de dicho elemento, mientras que las hojas normales o con síntomas muy ligeros presentaban contenidos de 0,56 a 0,61 por 100.

Scott y Scott (25, 26) estudian la corrección de la deficiencia de magnesio en vides, encontrando que la clorosis en el mes de octubre estaba asociada a contenidos foliares de dicho elemento inferiores a 0,18 por 100 en hojas maduras. En hojas recogidas en los meses de julio, septiembre y octubre, tanto en parcelas con síntomas de la deficiencia como en otras en que se había procedido a la corrección por vía foliar o por adición de sales de magnesio al suelo, los contenidos de magnesio ex-

perimentan un ligero aumento en el segundo mes, seguido de un descenso en el tercero.

Lott (21) encuentra que las hojas de vides deficientes en magnesio, presentan contenidos inferiores a 0,15 por 100 de este elemento en la época de la cosecha.

Depardon y Buron (12) indican que en hojas de vid, contenidos de potasio del orden de la mitad del óptimo aceptado para la región (2,1 por 100), correspondían a plantas bien provistas de este elemento.

Forshey, citado por Shaulis y Kimball (29), propone como niveles óptimos provisionales, para hojas de vid Condord a mediado de julio en Ohio, los siguientes porcentajes en peciolo: P, 0,20; K, 1,50, y en limbo: N, 3,0.

Shaulis (27), en una parte de su trabajo dedicada al muestreo para estudios de nutrición, hace una revisión de los valores obtenidos en hojas de vid, indicando las épocas más adecuadas.

Beattie y Forshey (1), estudiando vides, variedad Concord, de producción baja, media y elevada, establecen con carácter provisional las siguientes concentraciones medias en peciolo de hojas muestreadas a mediado de julio, para plantas de rendimiento medio: N, 0,77 por 100; P, 0,14 por 100; K, 2,0 por 100; Ca, 0,70 por 100; Mg, 0,15 por 100; Mn, 30 ppm.; Fe, 90 ppm. Encuentran correlaciones significativas entre rendimiento y contenido de nutrientes en peciolo, positivas para nitrógeno y potasio, y negativas para magnesio.

Larsen et al. (19) proponen los siguientes porcentajes como patrones, en peciolo de vides Concord recogidos en julio y principios de agosto: N, 0,81; P, 0,31; K, 1,99; Ca, 1,66 y Mg, 0,41.

Boynton et al. (3) establecen el 1 por 100 como contenido mínimo satisfactorio de potasio en peciolo de hojas recogidas a final de agosto-principio de septiembre, inferior a los propuestos por Beattie y Forshey (1) y Larsen (19).

Cook y Kishaba (9) establecen la variación estacional de los contenidos en nitrógeno total en peciolo de hojas basales de vid, encontrando una concentración elevada al principio de primavera, 1,0-1,1 por 100 en la floración plena, y un nivel casi constante, 0,6 a 0,5 por 100, desde los días 33 a 150 después de la floración. En un ensayo de fertilización encuentran mayor correlación entre rendimientos y contenidos de nitrógeno nítrico en los peciolo.

Bryant et al. (4), estudiando los factores que afectan al rendimiento y composición de las hojas de vides Concord, encuentran en peciolo de hojas recogidas a mediados de julio los siguientes valores para los distintos nutrientes: N, 0,89-1,38 por 100; P, 0,14-0,41 por 100; K, 2,56-5,31 por 100; Ca, 1,22-2,06 por 100; Mg, 0,17-0,56 por 100.

Shaulis y Kimball (28,29) presentan un estudio sobre la composición de peciolo y limbo en hojas de vides Concord en relación, principalmente, con la deficiencia de potasio, comparando los contenidos de ho-

jas maduras y más jóvenes con los de otras situadas en los seis nodos basales de vides normales y deficientes en potasio. En todos los casos, las variaciones anuales de los contenidos de nitrógeno, potasio y magnesio son más intensas en los peciolo que en los limbos, presentando el nitrógeno una disminución a lo largo del ciclo, más intensa en la primera etapa. El contenido de potasio también disminuye, aunque de manera más regular, y el de magnesio tiene a elevarse durante el desarrollo (más intensamente en las hojas deficientes en potasio), con la única excepción de los peciolo de hojas maduras jóvenes sin deficiencias, que muestran una ligera disminución en la primera etapa para permanecer después prácticamente constante hasta el final del ciclo. El contenido en fósforo disminuye, más intensamente al principio, y el de calcio aumenta. Los contenidos de nutrientes en peciolo, para vides normales, ofrecían los siguientes valores: N, 1,70-2,40 por 100; P, 0,10-0,30 por 100; K, 0,40-2,00 por 100; Ca, 1,00-1,70 por 100; Mg, 0,10-1,5 por 100; Mn, 30-1.500 ppm.

Cook y Kishaba (10) encuentran que la evolución anual de fósforo en limbo de hojas de vid presenta un descenso continuo de 0,29 a 0,15 por 100, muy intenso inicialmente y más débil hasta el final de la estación. La comparación de los contenidos de fósforo en hojas y peciolo, una vez ordenado el segundo en orden decreciente, pone de manifiesto que la relación P peciolo/P hoja, disminuye de 1,9 a 0,4. Los contenidos de potasio en limbo disminuyen durante el desarrollo, de 0,95 a 0,35 por 100 con mayor intensidad a mediado del mismo.

Cook y Goheen (11), al comparar los síntomas de la deficiencia de potasio y de una virosis que afecta a las vides, encuentran que cuando los contenidos foliares de potasio son elevados, los de magnesio son bajos, y viceversa. Así, el contenido de potasio en limbo varía desde 1,0 por 100 a final de mayo, hasta 0,45 por 100 a mediados de septiembre, y en peciolo de 2,6 a 0,8 por 100, mientras que el de magnesio en peciolo aumenta de 0,7 a 1,2 por 100.

Smith et al. (30) estudian la evolución estacional de nutrientes en peciolo, encontrando que los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio disminuyen durante el desarrollo, mientras que los de calcio y magnesio aumentan. Establecen el nivel crítico para la deficiencia de potasio en 0,5 por 100. Al indicar que las variaciones estacionales de nutrientes en hojas de vid son más pronunciadas que en otros frutales, especialmente en los meses de junio y julio, insisten sobre la necesidad de considerar estas variaciones al establecer los patrones de deficiencia o normalidad.

Finalmente, es necesario mencionar los estudios de nutrición de la vid mediante el «diagnóstico foliar» según los criterios y técnicas establecidos por Lagatú y Maumé (18, 20, 22, 23, 24), basados en la consideración de los estados químicos en una hoja determinada, en diversas épocas del ciclo vegetativo y su comparación con los correspondientes

a plantas de la misma especie y variedad, que se encuentran en las condiciones óptimas de alimentación, establecidas previamente sobre una base empírica.

Los resultados obtenidos para vides normales muestran que los contenidos de nitrógeno disminuyen durante el ciclo de 3,20 a 1,75 por 100, los de potasio de 2,50 a 1,70 por 100, y los de fósforo de 0,26 a 0,22 por 100.

PARTE EXPERIMENTAL

Material y métodos

Durante los años 1959, 1960 y 1961 se obtuvieron muestras de hojas de vid cultivada en forma de parral, de variedades de interés comercial (uva de mesa) en diversas parcelas, cuya localización y otras características se recogen en la tabla I.

TABLA I

Localidad	Variedad	Portainjerto	N.º de muestras	Signos gráficos
1 Librilla	Ohanes	420 A Millardet	9	●
2 »	»	» »	9	○
3 »	»	Rupestis de Lot	12	×
4 Totana	»	161-49 Couderc	12	♦
5 Guadalupe	»	110 Richter	15	+
6 Alicante	»	161-49 Couderc	4	●
7 »	Imp. negra	19.617 Castell	4	■
8 »	Dominga	161-49 Couderc	4	▲
9 P. Lumbreras	»	» »	3	▼
10 »	Imp. negra	» »	3	□
11 »	Ohanes	» »	3	△
12 »	Valenci Real	» »	3	▽

Con excepción del parral número 4, de veinte años, los restantes formaban parte de plantaciones de cuatro-cinco años. En todos ellos el marco de plantación fue el usual en la región de 4,5 × 4,5 m.

La recogida de muestras de hojas, efectuada en 1959 en los parrales 1 a 4, en 1960 en el 5 y en 1961 en los restantes, se realizó siguiendo las normas establecidas por Lagatu-Maumé-Dulac (18, 20, 22). Así, en la generalidad de los casos se obtuvieron muestras en las cuatro épocas siguientes: comienzo y final de la floración, comienzo del envero y madurez de la cosecha. En cada una de estas épocas se tomaron la primera y segunda hoja normal de la base de una rama fructífera en quince

TABLA II

	Librilla	Totana	Guadalupe	Alicante		Puerto Lumbreras	
	1-2-3	4	5	6	7-8	9	10-11-12
Arena gruesa %	8,2	10,8	7,0	26,2	5,0	32,40	12,80
Arena fina %	38,5	42,2	54,8	40,2	42,5	37,60	43,40
Limo %	39,6	36,4	26,6	26,2	40,4	17,80	33,40
Arcilla %..	12,2	9,7	10,8	6,4	10,0	11,53	9,49
Textura	Limo	Lim-aren.	Lim-aren.	Lim-aren.	Limo	Lim-aren.	Lim-aren.
Cap. Cambio, meq/100 g.	15,38	16,87	15,00	10,62	16,88	12,50	18,75
pH (H ₂ O)	7,95	7,75	7,65	7,70	7,75	7,70	7,60
pH (KCl)	7,45	7,35	7,25	7,35	7,35	7,50	7,40
C. E. 1:5 μ mos. cm ⁻¹	415	1.469	396	585	653	839	1.446
CaCO ₃ total %	43,50	44,00	34,50	57,00	53,20	5,00	5,5
CaCO ₃ activo %	13,70	16,50	18,91	17,61	20,65	3,00	3,5
Materia orgánica %	1,47	0,88	0,84	1,02	1,18	0,67	0,91
Nitrógeno total %	0,076	0,066	0,063	0,051	0,073	0,065	0,072
C/N	11,2	7,7	7,8	11,6	9,5	6,0	7,4
Fósforo asimilable ppm.	8	8	4	8	4	8	18
Potasio » meq/100 g.	0,90	0,80	0,76	0,58	0,73	0,72	1,18
Calcio » »	51,1	51,60	36,00	38,40	40,00	35,60	41,70
Magnesio » »	6,9	7,60	5,60	4,60	5,20	2,80	6,40
Sodio meq/100 g.	1,12	1,28	0,68	1,10	1,54	0,68	1,30
Cloruros ppm.	175	307	114	202	222	189	378
CaSO ₄ · 2H ₂ O ppm.	580	2.515	720	172	343	1.680	2.929

parras de vigor medio, representativas del parral estudiado y repartidas al azar sobre la superficie de la parcela.

Las fechas de toma de muestras (81 en total) se indican en los gráficos correspondientes en días a partir de la brotación, que en la totalidad de los casos quedó comprendida entre el 23 de marzo y el 7 de abril. Se ha tomado como origen de tiempo el día 1 de abril, con lo que el error máximo es de ± 7 días, en un total de 250.

Las parcelas experimentales estaban situadas en suelos cuyas características iniciales se indican en la tabla II.

Las características de las aguas utilizadas para el riego de las distintas parcelas se indican en la tabla III.

TABLA III

	Librilla	Totana	Guadalupe	Alicante	Puerto Lumbreras
C. E. a 25° C. $\mu\text{mhos/cm.}$	1.079	3.420	1.659	2.294	1.635
pH	8,30	7,25	7,65	7,65	7,40
Calcio meq/l.	2,50	16,80	6,90	6,90	7,40
Magnesio »	3,60	18,30	3,80	8,00	4,40
Sodio »	6,00	11,60	6,40	11,60	4,40
Potasio »	0,14	0,27	0,18	0,24	0,08
Bicarbonato »	5,16	4,13	4,39	4,50	7,72
Sulfato »	2,85	27,60	7,92	11,80	3,70
Cloruro »	4,00	14,80	4,98	10,00	4,60

En la parcela situada en Totana, regada con agua de calidad mediocre, las parras presentaron ligeros síntomas foliares de toxicidad de cloruros durante la primera parte del verano, síntomas que se intensificaron al avanzar la estación, lo que está de acuerdo con lo observado por Ehlig (13). La cosecha en este parral fue normal (26 kg/pie).

De las parcelas situadas en Puerto Lumbreras, los suelos correspondientes a las plantaciones de las variedades Imperial Negra, Ohanes y Valencí Real, regados con agua de buena calidad, presentaban valores iniciales de cloruros del mismo orden que los de Totana. Sin embargo, en esta parcela no se apreciaron síntomas foliares de toxicidad y los rendimientos se mantuvieron dentro de la normalidad (33 kg/pie). La salinidad observada en esta parcela es originaria del suelo (la finca se encuentra próxima a una zona de suelos salinos), no habiéndose efectuado desalinización del mismo con anterioridad a la plantación.

Durante el período de estudio, las distintas parcelas recibieron la fertilización siguiente:

	Parrales jóvenes	Parral adulto
Diciembre-enero:		
Estiércol de cuadra	60 kgs.	100 kgs.
Superfosfato cálcico 16/18 % P_2O_5	2,5 »	4 »
Sulfato potásico	1 »	1,5 »
Marzo:		
Nitrosulfato amónico 26 % N	1 »	1,75 »
Junio:		
Sulfato amónico 21 % N	400 gr.	750 gr.

Las fertilizaciones nitrogenadas se efectuaron en coincidencia con un riego y fueron acompañadas de la adición de sulfato de hierro, 1 a 2,5 kgs. por pie, con excepción de las parcelas de Puerto Lumbreras, en que no se estimó necesaria esta adición. En estas parcelas la fertilización nitrogenada de primavera se efectuó con nitrato amónico cálcico (20 por 100 N) en dosis equivalentes a las antes indicadas. En las parcelas que presentaban ligera salinidad, se incrementó la cantidad de estiércol en un 50 por 100.

La recolección se efectuó en la generalidad de las parcelas en la segunda quincena de octubre, excepto en las fincas de Alicante, en que por razones comerciales se mantuvo la cosecha hasta diciembre. Los rendimientos de los parrales jóvenes estuvieron comprendidos entre 20 y 35 kgs. por parra, y el del parral de veinte años fue de 85 kgs. por parra.

Los análisis de aguas, suelos y hojas se efectuaron con las técnicas ya descritas en otros trabajos (5, 6). Los resultados analíticos de hojas se dan sobre peso de material seco, en porcentajes para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y en ppm. para hierro y manganeso.

RESULTADOS

En 81 muestras de hojas de vid cultivada en forma de parral, se han estudiado las correlaciones existentes entre los contenidos de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso, y los días transcurridos desde la brotación a la toma de muestras, calculando las ecuaciones de regresión correspondientes en aquellos casos en que se observó una tendencia estacional definida. En general, la evolución muestra gran analogía, por lo que se han estudiado conjuntamente los datos correspondientes a las diversas variedades, portainjertos y edades.

Nitrógeno.

La gráfica de la evolución estacional de nitrógeno (fig. 1) presenta la mayor dispersión de valores en la primera etapa del desarrollo (entre los treinta y cinco y sesenta y cinco días después de la brotación), con valores comprendidos entre 5,0 y 2,7 por 100 de N, para descender a valores inferiores a 2,5 por 100 en la época del invierno, y algo inferiores a 2,0 por 100 en la madurez.

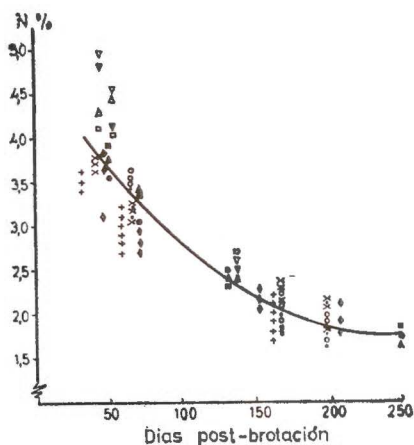


Fig. 1.

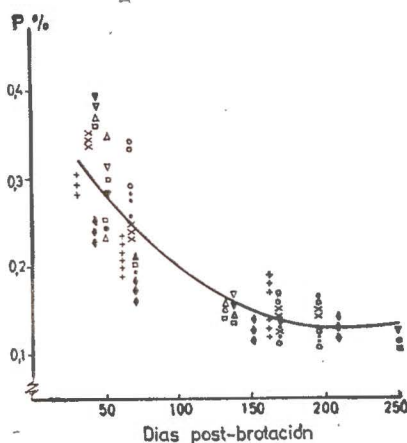


Fig. 2.

La regresión entre los contenidos de nitrógeno y la edad de las hojas resulta significativa al nivel de probabilidad de 0,1 por 100 y responde a la ecuación:

$$N = 4,77 - 2,55 \cdot 10^{-2} t + 5,43 \cdot 10^{-5} t^2$$

Las concentraciones de este elemento en la hoja de vid, presentan durante el desarrollo un descenso similar al descrito para albaricquero, melocotonero y peral (17, 14, 15), pero más acentuado que en cualquiera de aquellas especies.

Fósforo

La evolución estacional de los contenidos foliares de fósforo (figura 2) muestra una gran analogía con la del nitrógeno, presentando igualmente la mayor dispersión en la primera etapa, períodos pre y post-flores, con valores comprendidos entre 0,40 y 0,18 por 100, para descender después más lentamente hasta concentraciones entre 0,15 y 0,10 por

100. La gran variabilidad inicial de los contenidos foliares de nitrógeno y fósforo, es probablemente un reflejo de la intensa actividad vegetativa de la planta en este período y expresa la dificultad de obtener muestras suficientemente representativas en la primera etapa del ciclo, que es la época en que más útiles podrían resultar con fines de diagnóstico y corrección.

La ecuación de regresión que refleja la evolución de este elemento es:

$$P = 0,397 - 2,57 \cdot 10^{-3} t + 6,20 \cdot 10^{-6} t^2$$

significativa al nivel de probabilidad del 0,1 por 100.

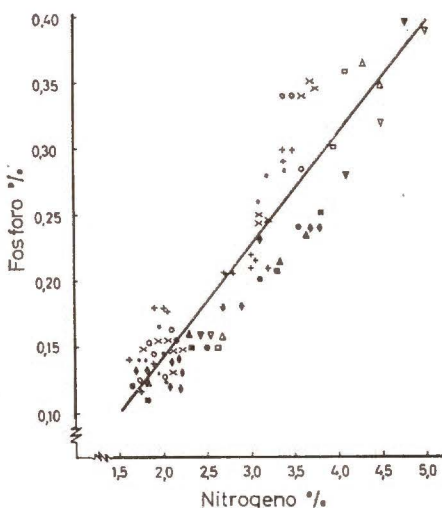


Fig. 3.

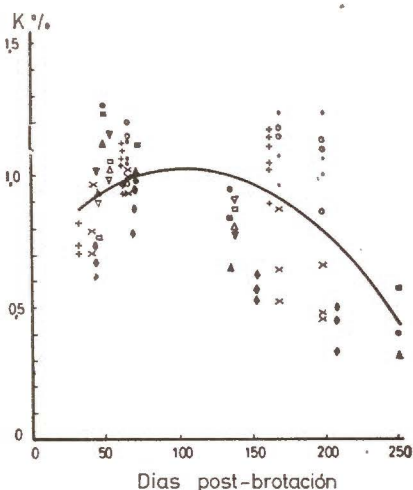


Fig. 4.

Los valores obtenidos abarcan un intervalo más amplio que el descrito por Levy (20) para hojas de vid en Francia, superando ampliamente ambos extremos (0,34 y 0,23 por 100).

Nitrógeno-fósforo.

Al igual que en los frutales estudiados en trabajos anteriores (albaricoquero, melocotonero y peral) (17, 14, 15), se comprueba la existencia de una estrecha correlación entre los contenidos de estos elementos en hojas de vid (fig. 3). La ecuación de regresión que los liga es:

$$P = 0,085 N - 0,029$$

significativa al nivel de probabilidad de 0,1 por 100 ($r = 0,939$).

Potasio.

Los contenidos foliares de potasio presentan valores comprendidos entre 0,3 y 1,5 por 100. La evolución anual de este nutriente (fig. 4) presenta una tendencia inicial al aumento, seguida de una disminución más acentuada al final del ciclo. Esta tendencia no corresponde con la descrita generalmente en la bibliografía, que indica una disminución acentuada en las primeras etapas y menor hasta la época de caída. Sin embargo, coincide en parte con la determinada en trabajos anteriores para hojas de albaricoquero y melocotonero (17, 14).

La ecuación de regresión correspondiente es:

$$K = 0,73 + 0,57 \cdot 10^{-2} t - 2,79 \cdot 10^{-5} t^2$$

significativa al nivel de probabilidad de 0,1 por 100.

Si se consideran separadamente los parrales estudiados, puede observarse que, del conjunto de ellos, sólo los correspondientes a Alicante responden a la evolución descrita por otros autores de descenso continuo del contenido de potasio.

Calcio.

Los contenidos foliares de calcio muestran un aumento progresivo durante el desarrollo (intervalo 1,0 a 5,5 por 100), con cierta tendencia a la estabilización a partir del mes de agosto.

La evolución estacional (fig. 5) responde a la ecuación de regresión:

$$Ca = 0,67 + 2,67 \cdot 10^{-2} t - 4,34 \cdot 10^{-6} t^2$$

significativa al nivel de probabilidad de 0,1 por 100.

Aunque esta evolución coincide con la descrita generalmente, aumento de los contenidos foliares de este elemento al progresar el desarrollo, es de destacar la existencia de valores notablemente elevados, especialmente en las últimas etapas del ciclo. Asimismo, puede apreciarse la relación inversa entre contenidos de calcio y potasio, que con carácter casi general se observa en cada serie de muestras.

Magnesio.

La evolución estacional de este elemento ofrece una tendencia lineal al aumento durante el ciclo (fig. 6), con valores comprendidos entre 0,3 y 1,0 por 100.

La ecuación de regresión representativa es:

$$Mg = 0,42 + 1,64 \cdot 10^{-3} t$$

significativa al nivel de probabilidad de 0,1 por 100 ($r = 0,643$).

La dispersión de los valores encontrados es grande, apreciándose las máximas diferencias entre las muestras correspondientes a los años 1959 y 1961.

También se observa la relación inversa mencionada por otros autores (11), entre los contenidos de magnesio y potasio, especialmente en las muestras recogidas a partir de la formación del fruto, aunque no presenta un carácter tan general como en el caso calcio-potasio.

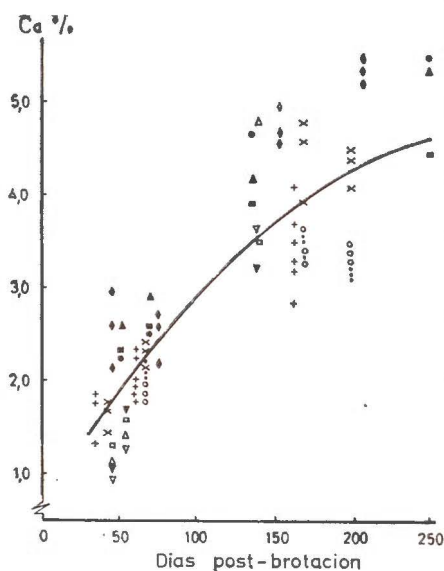


Fig. 5.

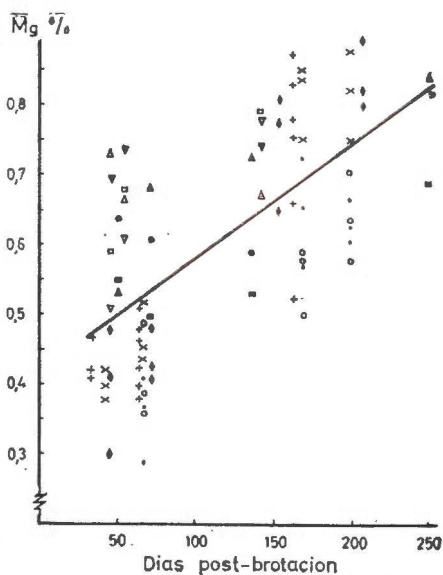


Fig. 6.

Hierro.

La evolución estacional de los contenidos de hierro no presenta una tendencia definida durante el desarrollo, ya que la dispersión de valores es muy amplia (entre 85 y 387 ppm., con excepción de dos muestras). Los valores más elevados los ofrecen las muestras procedentes de Puerto Lumbreras (superiores siempre a 180 ppm.), donde las vides se desarrollan en suelos de contenidos bajos en carbonato cálcico total y activo. En las restantes parcelas se observaron síntomas visuales ligeros de la deficiencia de hierro, que no revistió carácter grave en ningún caso, siendo controlada con aplicaciones sistemáticas e intensas de sulfato ferroso en coincidencia con los riegos de primavera y verano. Aun-

que oscurecida por la amplia dispersión de valores, parece observarse una tendencia al aumento de los contenidos foliares de hierro en estas parcelas durante el desarrollo.

Manganeso.

La dispersión de valores de los contenidos foliares de este nutriente (entre 100 y 345 ppm., excepto para una muestra) oscurece también la evolución estacional. Al igual que se ha indicado en el caso del hierro, las muestras correspondientes a los parrales de Puerto Lumbreras presentan valores superiores a 180 ppm. de manganeso en todos los casos. La tendencia general de las muestras, consideradas por localizaciones individuales, parece ser el aumento de contenidos de este elemento.

*Centro de Edafología y Biología Aplicada
del Segura.—Murcia.*

RESUMEN

Después de una revisión bibliográfica sobre análisis foliar en relación con la nutrición mineral de la vid, se estudia la evolución estacional de nutrientes en 81 muestras de hojas de vid cultivada como parral en cinco localizaciones, cuatro variedades, cinco portainjertos y tres años, ofreciendo las ecuaciones de regresión y las representaciones gráficas correspondientes para los elementos N, P, K, Ca y Mg. Los contenidos foliares de N y P disminuyen durante el ciclo vegetativo (intervalo 4,97-1,65 % N y 0,40-0,11 % P), existiendo una correlación elevada entre ambos. Los de potasio presentan un ligero aumento en la primera etapa para descender posteriormente hasta un valor inferior al inicial (intervalo 1,45-0,32 % K). Los contenidos foliares de calcio y magnesio aumentan casi linealmente con la madurez (de 1,0 a 5,5 % para calcio y de 0,3 a 1,0 % para magnesio), mientras que los de hierro y manganeso no muestran una tendencia estacional definida, con valores comprendidos entre 85 y 387 ppm., y 100 y 345 ppm., respectivamente. En general, no se ha apreciado influencia de la variedad y porta-injerto; solamente los contenidos de carbonato cálcico del suelo afectan los contenidos foliares de hierro y manganeso.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BEATTIE, J. M. and FORSHEY, C. G. 1954. A survey of the nutrient element status of Concord grapes in Ohio. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64, 21-28.
- (2) BOYNTON, D. 1945. Potassium deficiency in New York grape vineyards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 46, 246-8.
- (3) — KIMBALL, K. and HARDING, P. 1958. Sampling leaves and soil in grape vineyards and interpretation of their analysis in estimation of potassium fertilizer needs, an extension problem. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72, 139-148.
- (4) BRYANT, L. R., CLORE, W. J. and WOODBRIDGE, C. G. 1959. Factors affecting yields of Concord grapes and petiole composition in some vineyards in the Yakima Valley. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73, 151-155.

- (5) CARPENA, O., ABRISQUETA, C. y GUILLÉN, M. G. 1957. Composición química de hojas de Citrus. I. Limonero. Anal. Edafol. y Fisiol. Veg. XVI, 59-75.
- (6) — — GUILLÉN, M. G. y COSTA, F. 1959. Deficiencia de manganeso en Citrus. I. Limonero. Anal. Edafol. y Fisiol. Veg. XVIII, 765-782.
- (7) — — 1961-1962. La rentabilidad agrícola en el Sureste de España. Memoria del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. 155-161.
- (8) — — y SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, J. A. 1962. Necesidades hídricas de las plantas de ciclo largo. II. Prunus y vitis. Anal. Edafol. y Agrobiol. XXI, 577-581.
- (9) COOK, J. A. and KISHABA, T. 1956. Petiole nitrate analysis as a criterion of nitrogen needs in California vineyards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68, 131-140.
- (10) — — and — — 1957. Using leaf symptoms and foliar analyses to diagnose fertilizer needs in California vineyards. Plant Analysis and Fertilizer Problems. I. R. H. O. Paris, 158-176.
- (11) — — and GOHEEN, A. C. 1961. The effects of a virus disease, leafroll, on the mineral composition of grape tissue and a comparison of leafroll and potassium deficiency symptoms. Plant Analysis and Fertilizer Problems. Amer. Inst. Biol. Sci. Washington, 338-354.
- (12) DEPARDON, L. et BURON, F. 1954. Au sujet du diagnostic foliaire de la vigne. Cas particulier de la potasse. C. R. Acad. Agric. Fr. 40, 652-656.
- (13) EHLIG, C. F. 1960. Effects of salinity on four varieties of table grapes grown in sand culture. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76, 323-331.
- (14) FERNÁNDEZ, F. G., GUILLÉN, M. G. y CARO, M. 1964. Evolución de nutrientes en hojas de frutales. II. Melocotonero. Anal. Edafol. y Agrobiol., XXIV.
- (15) SANTA CRUZ, F. 1964. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. III. Peral. Anal. Edafol. y Agrobiol., XXIII, 91-102.
- (16) GOODALL, D. W. and GREGORY, F. G. 1947. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. Imp. Bur. Hort. and Plant. Crops. Tech. Commun. 17.
- (17) GUILLÉN, M. G., FERNÁNDEZ, F. G. y CARO, M. 1964. Evolución anual de nutrientes en hojas de frutales. I. Albaricoquero. Anal. Edafol. y Agrobiol., XXIV, 205-214.
- (18) LAGATU, H. et MAUME, L. 1929. Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. C. R. Acad. Sci. Paris. 188, 1062-1064.
- (19) LARSEN, R. P., KENWORTHY, A. L. and BELL, H. K. 1955. Shortages of potash limit Michigan grape yields. Better Crops., 39, n.º 2, 13-16, 47-48.
- (20) LEVY, J. F. Fumure des Vignes. Le diagnostic foliaire. 2.ª ed. Institut Technique du vin. Paris.
- (21) LOTT, W. L. 1952. Magnesium deficiency in Muscadine grapevines. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60, 123-131.
- (22) MAUME, L. et DULAC, J. 1948. Nouvelles observations sur la nutrition de la vigne contrôlée par l'analyse chimique de la feuille. C. R. Acad. Agric. Fr. Seance 13 Octobre.
- (23) — — et DULAC, J. 1952. Remarquable plasticité chimique de la feuille chez la Vigne vis a vis du manganese. C. R. Acad. Sci. Paris. 234, 1201-1203.
- (24) — — et ANDRE, A. 1950. Observation par le diagnostic foliaire de la nutrition de vignobles en Beaujolais. C. R. Acad. Agric. Fr. Seance 18 Janvier.
- (25) SCOTT, L. E. and SCOTT, D. H. 1951. Response of grapevines to soil and spray applications of magnesium sulfate. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 57, 53-58.
- (26) — — and SCOTT, D. H. 1952. Further response of grapevine to soil and spray applications of magnesium sulfate. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60, 117-122.
- (27) SHAULIS, N. 1956. The sampling of small fruits for composition and nutritional studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68, 576-586.
- (28) — — 1961. Associations between symptoms of potassium deficiency, plant analysis, growth and yield of Concord grapes. Plant Analysis and Fertilizer Problems. Amer. Inst. Biol. Sci. Washington, 44-57.

- (29) SHAULIS, N. and KIMBALL, K. 1956. The association of nutrient composition of Concord grape petioles with deficiency symptoms, growth, and yield. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68, 141-156.
- (30) SMITH, C. B., FLEMING, H. K. and POORBAUGH, H. J. 1957. The nutritional status of Concord grape vines in Erie county, Pennsylvania, as indicated by petiole and soil analysis. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70, 189-196.
- (31) ULRICH, A. 1942. Potassium content of grape leaf petioles and blades contrasted with soil analyses as an indicator of the potassium status of the plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 41, 204-12.
- (32) — — 1942. Nitrate content of grape leaf petioles as an indicator of the nitrogen status of the plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 41, 213-18.

LOS SISTEMAS AGROPECUARIOS

por

PEDRO MONTSERRAT-RECORDER

SUMMARY

THE GRASS FARMING SYSTEM

It is necessary to go over the gap between fundamental research and farming. Speculation on the function of agrobiosystems is now possible. It is very useful to compare them with ecosystems (mineral cycle, energy flow and biomass marketing) or simplified physical models.

Agrobiosystem is an open ecosystem, closed by man by fertilisers and concentrates application. Human action is force in agrobiosystems is modified by human possibilities depending on marketing.

This philosophy is explained in this paper. I think this will be useful in developing countries. It is possible now to save labour by planification; scientists and technicians together will be able to make an accelerated animal farming progress.

El estudio de la productividad agropecuaria es muy complejo, en especial para el científico que quiera medir y reducirlo todo a fórmulas. Esta complejidad dificulta las generalizaciones científicas de tipo biológico, lo que repercute sobre las técnicas y, por otra parte, sobre la marcha de las explotaciones concretas. Es imprescindible colmar este bache que separa la biología de la explotación normal agropecuaria.

El teórico prefiere ciertas especialidades y con frecuencia pierde la visión de conjunto. Conviene realizar un esfuerzo para conocer la realidad al nivel de las explotaciones, teorizando sobre la marcha de las mismas.

La productividad biológica viene frenada por multitud de factores limitantes; existe una industria agropecuaria que transforma hierba en productos animales; existe una actividad comercial que sitúa en el mercado los productos más convenientes y remuneradores.

Estamos ante un sistema con tres facetas: a) *productividad biológica*, b) *productividad industrial* y c) *comercialización*. Conocido el mer-

cado y el tipo de industria pecuaria posible, llegamos al estudio correcto de la productividad biológica.

Esta ordenación lógica de temas para investigar, esta subordinación al mercado y procesos industriales, es más necesaria en los países con sistemas de explotación poco estabilizados y con escasa tradición técnica.

Veamos a continuación los aspectos relacionados con la productividad biológica, pero siempre insertos en el esquema anterior.

ECOLOGÍA MODERNA

La biología ha progresado. Se estudia el nivel molecular (proteínas, lípidos, enzimas y otras sustancias del protoplasma), el nivel celular, tisular y de órganos; sistemas orgánicos e individuos forman acaso el nivel biológico fundamental, el más estudiado.

Los individuos forman *poblaciones*, con variabilidad que estudian genéticos y seleccionadores. En el nivel superior encontramos comunidades de plantas y animales o *biocenosis*; ciertos aspectos de su estudio se encuentran en pleno desarrollo, en especial la dinámica de comunidades y su funcionalismo o fisiología comunitaria.

Ecosistema, o sistema biológico, es una biocenosis situada en su ambiente de clima y suelo.

Cada ecosistema utiliza minerales, del ambiente, junto con energía luminosa procedente del Sol. Realizan unos *ciclos de materia* y son atravesados por un *flujo de energía*. Esta energía se consume en estructurar las comunidades; las más maduras (selva ecuatorial) son muy complejas y consumen toda la energía asimilada; destrucción y producción se igualan.

Al estructurarse una selva se consume energía, en especial para formar madera o energía biológica poco asequible al hombre y a los animales herbívoros. La agronomía tiende a simplificar dichas comunidades, hasta lograr otras más simples pero que producen alimento para los animales domésticos o el mismo hombre.

Los ecosistemas maduros son muy estables; la simplificación agronómica disminuye su estabilidad, pero dirige el flujo energético hacia lo que pretendemos. La nueva *agronomía ecológica* utilizará estos conceptos, para concentrar dicho flujo en una biomasa apreciada en el mercado.

La ecología moderna permite estudiar biológicamente la productividad de los sistemas agronómicos. Un biólogo especializado en ecología puede estudiar directamente los procesos de producción. Esta ecología permitirá colmar el bache que separa la investigación científico-técnica de la práctica agropecuaria.

Las ideas generales elaboradas por la teoría, ordenarán los experimentos técnicos para que encajen en la práctica agropecuaria; destacará nitidamente lo que tiene mayor trascendencia económica. En la actualidad ya es posible obtener información elaborada y ordenada, que ciertamente será básica para la ordenación económica.

AGROBIOSISTEMAS

Este concepto (Montserrat, 1962) corresponde a ecosistemas más o menos abiertos y equilibrados artificialmente por el hombre; éste simplifica la estructura, especializa comunidades, cierra ciclos de materia y dirige el flujo energético hacia productos cotizados.

La empresa agropecuaria es un sistema muy complejo, con factores limitantes de tipo *ecológico, industrial y comercial*.

a) *Ecológicos*, como factores limitantes climáticos, edáficos y de productividad, tanto vegetal (primaria) como animal.

b) y c) A través de los factores limitantes de *industrialización y comercialización*, la ecología enlaza con la economía mediante un proceso industrial antiquísimo (la ganadería), pero transformador de un producto vegetal poco valioso y perecedero (pasto) en productos animales de fácil comercialización por ser normalmente semovientes.

Los sistemas industriales modernos, con maquinaria de características conocidas, se controlan muy fácilmente. La máquina biológica (individuos y sus comunidades) es muy compleja; conviene tomar los sistemas biológicos tal como existen, pero controlando en todo tiempo su productividad.

El profundo conocimiento de los ecosistemas (Odum, 1959) permite intervenir en el funcionamiento de los sistemas agronómicos actuales; el estudio de factores limitantes permite aumentar su eficiencia. No podemos planear agrobiosistemas teóricos, pero podemos actuar sobre los actuales, en el sentido de ordenar su productividad y remover los factores que frenan su funcionamiento.

Estos conocimientos ecológicos pueden aplicarse muy bien a los sistemas que inician la explotación pecuaria. Se trata siempre de aprovechar al máximo la productividad primaria (pasto), para que pueda transformarse eficientemente en productos ganaderos de fácil comercialización. Precisamente cuando el sistema es rudimentario (países intertropicales), estas ideas encauzarán las investigaciones desde un principio, dirigiéndolas por derroteros de una notable eficiencia.

Es más importante aplicar ideas generales donde todo debe improvisarse, que en los países con gran tradición en ganadería y pratericultura. Un estudio ecológico previo —enfocado con visión amplia— destacará lo que limita la producción de pasto y ganado; la actuación será muy

eficaz, removiendo sucesivamente los factores limitantes que se descubran. De esta forma es posible aprovechar al máximo los recursos científicos y los técnicos del país.

Hace poco intentamos aplicar estos conocimientos al estudio de los ecosistemas pastorales pirenaicos (Montserrat, 1964): dimos un cursillo para estudiantes de biología. Esta nueva ecología debe abrir horizontes insospechados al biólogo interesado en el estudio de las comunidades naturales más o menos intervenidas por el hombre.

EJEMPLOS PRÁCTICOS

Para fijar ideas, creo conveniente presentar algunos ejemplos sobre cómo se logra establecer el equilibrio en agrobiosistemas pecuarios.

a) *Factores limitantes climáticos.*

La productividad vegetal neta depende del balance entre productividad bruta y respiración. Ciertas pratenses, con temperaturas nocturnas elevadas, pierden por respiración lo asimilado durante el día; se encuentran en este caso las de origen mediterráneo y boreal (*Phalaris tuberosa*, *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *L. perenne*, *Phleum pratense*, etc.). Las gramíneas intertropicales (maíz, sorgos, mijos, etc.) se adaptaron morfológica y fisiológicamente, para mantener una importante producción neta aun con temperaturas elevadas.

En climas cálidos predominarán plantas de tipo tropical; en los algo continentales (noches frescas) o con inviernos húmedos y templados, interesan plantas del primer tipo. Muchas veces la producción máxima se obtiene en invierno con plantas del primer tipo y en verano con las subtropicales o tropicales.

El estudio de la productividad neta en pratenses bajo condiciones de clima variables, permitirá acentuar la especialización de cultivares, hasta conseguir la producción máxima sin factores limitantes de tipo climático. Las praderas sembradas pueden especializarse en este sentido, hasta lograr una productividad verde máxima bajo unas condiciones climáticas determinadas.

b) *Factores limitantes edáficos*

El estudio de los sistemas agropecuarios antiguos, pone de manifiesto una pérdida constante de fósforo, exportado al mercado por los animales. En estas condiciones, la fertilización fosfórica aumenta la productividad global, por aportar un fertilizante en mínimo para el sistema.

Esta idea general ya permite orientar los primeros estudios hacia la determinación analítica (en el suelo, plantas y animales) de un posible factor limitante atribuible a fertilidad edáfica.

En prados de guadaña, sin abono, es posible que tanto el fósforo como el potasio sean limitantes; escaseando las leguminosas es seguro un bajo nivel de nitrógeno. En los prados con leguminosas, interesa conocer el momento apropiado para fertilizar con nitrógeno sin llegar a comprometer su vitalidad.

c) *Factores limitantes de fisiología vegetal.*

El concepto moderno de *Indice del Area Foliar* o IAF (LAI en inglés), guía mucho respecto al aprovechamiento máximo de la luz por el césped.

Es conocido que las leguminosas proporcionan a sus bacterias radicícolas una savia elaborada con relación C/N alta (rica en sustancias hidrocarbonadas); si aumenta la fotosíntesis sin variar la entrada de N por las raíces, se incrementa dicho cociente; si fertilizamos con nitrogenados disminuye. La fotosíntesis aumenta con suficiente número de hojas iluminadas, aumenta C/N y, por lo tanto, se emplea energía biológica en fijar N atmosférico.

En sistemas cuyo factor limitante es la luz, con escasa energía incidente para la productividad primaria, es lógico que si los nitrogenados son baratos se empleen en abonar gramíneas que respondan eficientemente a su aplicación: caso del *Lolium multiflorum* en la explotación ganadera intensiva de Holanda. De esta forma se canaliza la energía solar, recibida por el sistema, hacia una elaboración máxima de biomasa vegetal, sin pérdidas energéticas por fijación del N atmosférico.

Los sistemas agropecuarios intertropicales, en especial si carecen de leguminosas adecuadas, es lógico que traten de aumentar sus proteínas mediante la aplicación de nitrogenados; de esta forma pueden aprovechar eficientemente las condiciones óptimas de luz y temperatura en la producción de abundante materia vegetal. En este ambiente será útil una leguminosa que no pueda ser sofocada por las gramíneas tropicales más productivas. El problema puede plantearse en el terreno de la facilidad para el rebrote, con leguminosas que al ser pastadas o segadas tomen la delantera a las gramíneas y disfruten la plena luz una temporada; de esta forma disponen de energía suficiente para fijar el N atmosférico.

d) *Factores limitantes de productividad estacional.*

En este caso la investigación puede orientarse hacia la consecución de pasto para las épocas críticas.

Ante todo, conviene estudiar la fuente normal de pasto (producción básica), concentrando la atención en pratenses que por sus características ecológicas puedan completarla.

Al final se investiga si es posible aumentar la producción en época favorable o conviene más forzar la producción a destiempo. En el primer caso conviene estudiar todo el proceso de conservación, con factores limitantes de tipo industrial (mano de obra, maquinaria adecuada, etcétera). Entramos ya en un terreno donde el planteamiento viene facilitado por el hecho de tratarse de máquinas construidas por el hombre o trabajo que puede regular el empresario.

e) *Factores limitantes por plagas.*

Estamos en pleno dominio ecológico. Interesa conocer los ciclos de estas plagas y comprobar si algunas plantas o animales son resistentes.

Romper ciclos alternando el pastoreo con animales de distintas características (rumiantes-équidos, por ejemplo), o aprovechando pastos nuevos (después de un cultivo) para los animales jóvenes, lo que reducirá la tasa de infección y activará el crecimiento.

Como es lógico, en este campo podríamos multiplicar los ejemplos; no insistimos porque es acaso el más conocido.

f) *Factores limitantes de la explotación.*

Mano de obra escasa y dificultades para la mecanización suelen ser los más frecuentes.

Debe tenerse en cuenta que la actuación humana viene regulada por una serie de factores, entre los que destaca su formación científico-técnica y las disponibilidades de capital. La mecanización es posible si existe suficiente capital y una rentabilidad previsible.

Esto hace destacar nítidamente la importancia de los factores de mercado, como reguladores de toda la actuación humana; una buena venta permite intervenir más intensamente sobre todo el sistema en su conjunto.

LA INVESTIGACIÓN EN LOS AGROBIOSISTEMAS

Vimos sumariamente la interacción de factores en el sistema productor agropecuario. Limitaciones sobre productividad vegetal frenan la productividad del ganado; una comercialización deficiente dificulta la gestión técnica. El sistema consta de máquinas biológicas de control muy difícil por el hombre; debemos aprovechar convenientemente los sistemas que ya existen y funcionan con sus limitaciones específicas.

La ecología moderna debe ayudarnos a descubrir factores limitantes en cada escalón del sistema; un estudio previo del ambiente y agrobiosistemas explotados, comparándolos con ecosistemas naturales parecidos, facilitaría la determinación de los factores que frenan notablemente la productividad global. Los factores limitantes de la productividad primaria (pasto) repercuten, acrecentándose, en la mala rentabilidad de toda la explotación. Con dificultad dominaremos la estructura íntima del sistema, pero podemos controlar entradas y salidas del mismo (ambiente geofísico y mercado); su conocimiento detallado debe simplificar la investigación sobre ecología de la productividad en un ecosistema determinado.

Conocido el ambiente, los productos finales que interesan y la degradación de energía —disminución del flujo energético a través del sistema—, pueden construirse modelos físicos simplificados como los utilizados por Odum (1960) y Margalef (1962). La energía mecánica o eléctrica que fluye a través del sistema construido por el hombre, proporciona ideas claras respecto a factores que pueden limitar el funcionamiento en sistemas biológicos más complejos, pero hasta cierto punto similares al construido por nosotros. Del modelo físico podría pasarse finalmente al matemático, con posibilidad de emplear computadores electrónicos. La ingeniería de sistemas complejos proporcionará ideas fructíferas a los interesados por este tema.

APLICACIÓN PRÁCTICA

Las ideas expuestas pueden parecer demasiado teóricas; sin embargo, interesa reunir en un cuerpo de doctrina jerarquizado todos los conocimientos dispersos sobre ecología de la productividad en el sistema pasto-herbívoros. Es sistema complejo que funciona como un todo, y como tal debe estudiarse.

Los aspectos parciales, los correspondientes a subsistemas, permiten dilucidar algunas facetas de dicha productividad; si los relacionamos con el sistema global, adquieren una perspectiva que admite las generalizaciones.

La literatura especializada que todos consultamos, está llena de resultados contradictorios en experimentos planteados idénticamente, pero realizados en ambientes distintos o en tipos de explotación no comparables. El estudio de los agrobiosistemas, permitiría realizar las generalizaciones correctas y ordenar los conocimientos detallados o fragmentarios.

Las ideas expuestas y otras relacionadas con ellas, nos han sugerido infinidad de líneas de trabajo prometedoras para las condiciones españolas; lo mismo puede ocurrir en otros países. El esquema de la productividad biológica es el mismo en todas partes; sólo varía el ambien-

te y la complejidad estructural del sistema. Por otra parte, los agrobiosistemas tienden hacia la simplicidad estructural —siempre que sea compatible con su estabilidad—, lo que facilita profundizar el estudio de las comunidades más prometedoras.

Es clásico el ejemplo del prado pastado inglés: raigrás y trébol blanco casi exclusivos. En España tenemos los gramales (*Cynodon dactylon* y *Trifolium fragiferum*) utilizados como agostaderos, y los majadales (*Poa bulbosa*, *Trifolium subterraneum*, *T. suffocatum* y *Trigonella ornithopodioides*). Algunos *Paspalum* y *Digitaria* tropicales acaso puedan formar prados pastados muy simples.

Por selección aún podrían simplificarse más estos pastos ultrasimples, para facilitar un aprovechamiento a pico pocos días después de realizado el anterior; de esta forma se obtendría una mayor producción de renuevo tierno, nutritivo, en césped unistrato y con estructura bioquímica simplificada: predominio de la *clorofila A* sobre los demás pigmentos. Esta simplificación extraordinaria del sistema, permite una llegada más rápida de la energía solar a través del sistema y con escasas pérdidas. El «turnover» (renovación de la biomasa) vegetal sería rápido, permitiendo sostener una carga ganadera máxima por unidad de superficie pastada.

Los rumiantes en pleno crecimiento, transforman de manera eficiente la biomasa vegetal en carne; de esta forma sería posible dirigir la energía solar hacia la consecución de una a tres toneladas de peso vivo por hectárea y año. Esto podrá conseguirse en condiciones óptimas y nunca con ganado estante sobre la parcela (animales con incremento de peso máximo); interesa mucho conocer este potencial teórico y saber a ciencia cierta si en el óptimo pueden obtenerse una o tres toneladas de carne por hectárea y año.

Este *potencial teórico* corresponde a las posibilidades de un pasto muy productivo y en un ambiente óptimo; aún estamos lejos de conocerlo. El potencial teórico se vislumbra en países con pratericultura muy adelantada (incrementos anuales de una Tm/Ha en el R. U.), pero puede ser rebasado ampliamente en países con climatología más favorable para la productividad vegetal. En todos los países intertropicales conviene investigar el sistema simplificado más eficiente.

En todas partes interesa tener pronto una idea de las posibilidades reales para alcanzar producciones rentables, contando sólo con los medios disponibles actualmente. Este *potencial práctico* se alcanza al remover los factores limitantes básicos, con plantas y animales normales en el país; conviene que también el tipo de explotación sea normal. Un ligero estudio demostraría que todas las explotaciones funcionan con rendimientos que casi nunca alcanzan la mitad de este potencial práctico, y a menos de una décima del teórico.

CONCLUSIÓN

Acabamos de mencionar un potencial asequible en todas partes ; siempre podemos ajustar mejor el funcionamiento de los agrobiosistemas explotados actualmente y con entera independencia del estado de desarrollo de un país. Delimitado el sistema, conocido el ambiente (entradas) y el mercado (salidas), podemos descubrir rápidamente los factores que limitan su funcionamiento económico. Conjuntada la empresa agropecuaria y aumentada su productividad, comparando eficiencias (*método comparativo*), podemos sustituir los subsistemas por otros más eficientes. Este es el caso de comparar dos forrajeras (o praderas sembradas) para quedarnos con la más útil para el agrobiosistema ; lo mismo podríamos decir respecto a razas de ganado o a sus cruces industriales. El método comparativo tiene aplicación universal y, bien planeado, será extraordinariamente fructífero.

RESUMEN

Debe colmarse el bache que separa la investigación básica de la práctica agropecuaria. Podemos teorizar sobre cómo funcionan los agrobiosistemas. Es útil emplear modelos naturales (ecosistemas) y otros físicos simplificados. Esquemáticamente tenemos unos ciclos minerales con un flujo energético elaborador de una biomasa comercializable.

Agrobiosistema es un ecosistema simplificado y abierto, que cerramos artificialmente con abonos y piensos comprados. Esto hace pensar que el impulso humano se debe al mercado (venta ventajosa) y a los conocimientos básicos (científico-técnicos) adquiridos. Siempre las posibilidades de comercialización regulan la ecología humana en la productividad agropecuaria.

Estos conocimientos teóricos pueden orientar la investigación de pastos en países con escasa tradición técnica agropecuaria y en fase de desarrollo ; es posible ahorrar esfuerzos y canalizarlos, para que científicos y técnicos logren un desarrollo agropecuario acelerado.

BIBLIOGRAFÍA

- MARGALEF, R. 1962. Modelos físicos simplificados de poblaciones de organismos. Mem. R. Acad. C. y A. de Barcelona, 34 (5): 83-146. Barcelona.
- MONTSERRAT, P. 1962. Las bases de la pratericultura moderna, 62 págs. Publ. 47 Obra Social Agrícola de la Caja de Pensiones, Via Layetana, 56. Barcelona-3.
- — 1963. The ecology of farming systems. The Agronomic Evaluation of Grassland, First Symposium E. G. F., pág. 62, sept. 1963. Hurley (U. K.).
- — 1964. Ecología del pasto, 68 págs. Publ. Centro Pirenaico de Biología exper. Jaca (Huesca).
- ODUM, E. P. y H. T. 1959. Fundamentals of Ecology, 2.^a ed., 546 págs. W. B. Saunders Co. Filadelfia-Londres.
- ODUM, H. T. 1960. Ecological potential and analogue circuits for the ecosystem. Amer. Scientist, 48: 1-8.

NOTAS

TERCERA REUNION INTERNACIONAL DE MICROMORFOLOGIA DEL SUELO Madrid, 1967 (Primera circular)

Después del feliz resultado de las anteriores reuniones de trabajo celebradas, primero en Braunschweig-Völkenrode 1958, preparada por el Prof. Frese y el Dr. Altemüller, y la segunda en Arnhem, Holanda 1964, preparada por los Dres. F. W. G. Pijls, J. Schelling y A. Jongerius, y en vista del creciente interés y el notable desarrollo alcanzado, se convoca para 1967 una Tercera Reunión de Trabajo en Madrid, de cuya organización quedó encargado el Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología por el Pleno de la sesión de clausura de Arnhem, 1964.

Esta reunión tendrá lugar entre los días 24 y 27 de septiembre de 1967, y al final habrá una excursión de tres días a puntos de España de particular interés edafológico.

El orden de las sesiones responderá a los siguientes temas:

- I. Efectos micromorfológicos de la microflora y fauna del suelo en la formación de humus.
- II. Química y micromorfología de sustancias formadas a partir de los restos vegetales en relación con el tipo de suelo y la forma de humus.
- III. Micromorfología de la meteorización de determinadas formaciones de suelo.
- IV. Nuevas contribuciones a la micromorfología y micromorfogénesis de determinadas formaciones de suelo.
- V. Nuevas técnicas y campos de aplicación del análisis micromorfológico y micromorfométrico del suelo.
- VI. Resultados del análisis micromorfológico como indicadores de la fertilidad del suelo.
- VII. Aplicación de la investigación micromorfológica en la Paleoedafología.

La reunión vendrá acompañada, como en Arnhem, de una exposición, la cual debe abarcar todo el campo de la micromorfología y micromorfometría.

En la excursión final se mostrarán los métodos del campo para la investigación microbiológica, zoológica y micromorfológica de los suelos en sus ambientes naturales. Además se presentarán particularidades de formaciones de suelos españoles.

Esta invitación se cursa a todos los interesados en la investigación micromorfológica, así como a los edafólogos de cualquier rama de la Ciencia del Suelo que quieran participar en las reuniones de trabajo. Se invita también a los investigadores a enviar contribuciones para la reunión, piezas para la exposición (aparatos, material, preparaciones, fotografías grandes en blanco y negro o color, modelos, representaciones de resultados, etc.) y a preparar las demostraciones sobre la investigación en el campo de varias especialidades.

PROF. DR. JOSÉ MARÍA ALBAREDA HERRERA
Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología
C. S. I. C., Serrano, 113, MADRID.

C. S. I. C. PLAN DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL 1964

Reunión para el estudio y discusión de los programas de investigación de los Centros de la División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza y del Patronato "Juan de la Cierva" de Investigación Técnica durante el año 1964.

Durante los días 2, 3 y 4 de junio han tenido lugar en Madrid las reuniones mencionadas, en las que se han estudiado los programas de investigación financiados por la Comisaría del Plan de Desarrollo.

Estas sesiones han permitido discutir los diferentes aspectos de dichos programas y constatar los avances obtenidos durante el primer año de desenvolvimiento del Plan. También ha permitido este cambio de impresiones ver las dificultades surgidas y los obstáculos que han tenido que vencerse en esta primera etapa.

El programa general de la reunión se desarrolló de la forma siguiente:

PATRONATO «ALONSO DE HERRERA».

Grupo I. (Estudios cartográficos, agrobiológicos y de fertilidad).

Día 2.

- 1.º Cartografía agrobiológica. (Sr. Guerra.—Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología.)
- 2.º Estudio agrobiológico de las provincias de Huelva y Córdoba. (Sr. González.—Centro de Edafología del Cuarto.)
- 3.º Cartografía de la fertilidad de los suelos de la cuenca del Ebro. (Sr. Abadía.—Estación Experimental de Aula Dei.)

- 4.º Estudio agrobiológico y económico de las zonas del regadío murciano y las de posible expansión. (Sr. Carpena.—Centro de Edafología del Segura.)
- 5.º Estudio de los suelos de naranjos en Valencia y Castellón de la Plana. (Sr. Hernando.—Instituto de Edafología y Biología Vegetal.)
- 6.º Bases de fertilización racional de los cereales en la depresión castellano-leonesa. (Sr. Lucena.—Centro de Edafología de Salamanca.)
- 7.º Fertilidad de las zonas hortícolas del Maresme. (Sr. Miravittles.—Departamento de Edafología de Barcelona.)
- 8.º Estudio de las condiciones de fertilidad y determinación de sus índices valorativos en los suelos agrícolas de Galicia. (Señores Vieitez y Domínguez.—Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia y Misión Biológica de Galicia.)

Grupo II. (Estudios concretos para la mejora de la agricultura, ganadería, bosques, etc.)

- 9.º Estudios de la nutrición mineral del olivo y de las plagas que lo atacan. (Sr. Recalde.—Estación Experimental del Zaidín.)
- 10.º Inoculación de leguminosas con modernos cultivos de bacterias fijadoras del nitrógeno del aire (Rhizobium). (Sr. Fraile.—Instituto «Jaime Ferrán».)
- 11.º Estudio de la transformación de brezales en pastizales y praderas de Galicia. (Sr. Vieitez.—Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia.)
- 12.º Posibilidades de desarrollo de los productos agrícolas exportables. (Sr. Sobrino.—Departamento de Economía Agraria.)

Día 3.

- 13.º Modernización y acondicionamiento del Jardín Botánico de Madrid. (Sr. Fernández-Galiano.—Jardín Botánico.)
- 14.º Incremento rápido del crecimiento de diversas especies forestales. (Sr. Velasco.—Instituto de Edafología y Biología Vegetal.)
- 15.º Trabajos de Pomología. (Sr. Herrero.—Estación Experimental de Aula Dei.)
- 16.º Estudio para la promoción de la zona natural en que está enclavado el Centro. (Sr. Balcells.—Centro Pirenaico de Biología Experimental.)
- 17.º Investigaciones básicas para el desarrollo de la ganadería ovina en la región leonesa. (Sr. Suárez.—Estación Agrícola Experimental de León.)
- 18.º Proyecto de investigación sobre el virus de la peste porcina africana. (Sr. García-Gancedo.—Instituto «Jaime Ferrán».)

Grupo III. (Investigaciones litológicas, hidrológicas y mineralógicas.)

- 19.º Estudio litológico aplicado de las Islas Canarias y de las regiones volcánicas de la Península. (Sr. Fúster.—Instituto «Lucas Mallada».)
- 20.º Estudio hidrogeológico de la provincia de Albacete. (Sr. Llopis. Instituto «Lucas Mallada».)
- 21.º Estudio de la composición mineralógica y de los suelos y roca madre de la meseta castellano-leonesa. (Sr. Rodríguez.—Sección de Mineralogía de Pamplona.)

PATRONATO «SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL».

Grupo IV. (Estudio sobre investigaciones médicas y parasitológicas.)

Día 2.

- 22.º Estudios metabólicos.—Síntesis y secreción de insulina y páncreas aislado. (Sr. Rodríguez-Candela.—Instituto «Gregorio Marañón».)
- 23.º Estudios metabólicos: Regulación enzimática en el metabolismo de carbohidratos. (Sr. Sols.—Instituto «Gregorio Marañón».)
- 24.º Estudios metabólicos: Desiodación intracelular de las hormonas tiroideas. (Sra. Morreale de Escobar.—Instituto «Gregorio Marañón».)
- 25.º Estudios metabólicos: Metabolismo de las hormonas esteroideas (Srta. Borrell.—Instituto «Gregorio Marañón».)
- 26.º Estudios metabólicos: Mecanismo de excreción de metabolitos en microorganismos. (Sr. Asensio.—Instituto «Gregorio Marañón».)
- 27.º Estudio parasitológico de la provincia de Granada. (Sr. Guevara.—Instituto «López-Neyra» de Parasitología.)
- 28.º Investigaciones básicas del sistema nervioso. (Sr. Carrato.—Instituto «Santiago Ramón y Cajal».)

PATRONATO «ALFONSO EL SABIO».

Grupo V. (Cristalografía, Química física y Química.)

Día 2.

- 29.º Investigaciones estructurales de sólidos y física de los mismos. (Sr. García-Blanco.—Instituto «Antonio de Gregorio Rocolano».)

- 30.º Constitución química de las hidroxisales. (Sr. Gutiérrez Ríos.—Departamento de Química Inorgánica.)
- 31.º Aductos de haluros inorgánicos. (Sr. Meseguer.—Departamento de Química Inorgánica.—Santiago.)
- 32.º Investigación físico química y formación de personal en esta rama de la Ciencia. (Sr. Ríos.—Instituto «Antonio de Gregorio Rocasolano».)
- 33.º Propiedades y aplicaciones catalíticas de óxidos semiconductores y haluros metálicos. (Sr. González.—Sección de Química Inorgánica de Sevilla.)
- 34.º Física del Estado Sólido. (Sr. Baltá.—Instituto «Alonso de Santa Cruz».)

Grupo VI. (Investigaciones en Física, Geofísica y Astronomía.)

- 35.º Investigaciones sobre Física Aplicada. (Sr. Casas.—Departamento de Física de Zaragoza.)
- 36.º Estudio de interacciones de alta y baja energía y radiactividad ambiental. (Sr. Catalá.—Instituto de Física Corpuscular de Valencia.)
- 37.º Aplicación, confirmación y ampliación de un método de interpretaciones isostáticas de las anomalías gravimétricas. (Sr. Lozano.—Instituto Nacional de Geofísica.)
- 38.º Estudio económico y experimental de los períodos de formación de las corrientes. (Sr. Garrido Arilla.—Instituto de Física Teórica de Barcelona.)
- 39.º Estudio de las relaciones de la actividad solar de los fenómenos de Física del Globo. (P. Román.—Observatorio de Física Cósmica del Ebro.)

Grupo VII. (Investigaciones en Matemática.)

Día 3.

- 40.º Desarrollo de investigación en Matemática Pura y Aplicada. (Sr. Abellanas.—Instituto «Jorge Juan».)
- 41.º Desarrollo de investigación en Matemática Pura y Aplicada. (Sr. Sunyer.—Seminario Matemático de Barcelona.)
- 42.º Desarrollo de investigación en Matemática Pura y Aplicada. (Sr. Iñiguez.—Seminario Matemático «García de Galdeano», de Zaragoza.)

Día 2.

PATRONATO «JUAN DE LA CIERVA» DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA.

Reunión de Directores de Centros con el Consejo Técnico Asesor del Patronato «Juan de la Cierva» para el estudio de las directrices de la Investigación en curso con cargo al Plan de Desarrollo Económico y Social.

Día 3.

Conferencia de D. José M.^a del Moral sobre «Ciencia y Política en la sociedad actual». Entrega de premios del Patronato «Juan de la Cierva».

Sesión para resúmenes y clausura.

Día 4.

Exposición resumen.

- 1.º Patronato «Juan de la Cierva» de Investigación Técnica. (Sr. Infiesta.)
- 2.º División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza. (Sr. Hoyos de Castro.)
- 3.º Clausura de la Reunión.

La Reunión estuvo complementada por una interesante y documentada exposición en la que de forma gráfica y expresiva se ha procurado mostrar las realizaciones llevadas a cabo dentro de los programas de investigación subvencionados con cargo al Plan de Desarrollo Económico y Social. En esta exposición estuvieron cumplidamente representados los programas efectuados en los Centros del Instituto Nacional de Edafología, que realmente constituían en su aportación más de la mitad del material que en la misma figuraba. La exposición fue muy visitada, y en el acto de clausura mereció la atención de los ministros que honraron la misma con su presencia..

La sesión de clausura estuvo presidida por el Excmo. Sr. D. Manuel Lora Tamayo, al que acompañaban los ministros de Industria, Agricultura, Comercio y Aire, junto con el Comisario del Plan de Desarrollo y los Secretarios del Patronato «Juan de la Cierva» y División de Ciencias. Ocuparon puestos destacados ilustres personalidades de la Economía, del C. S. I. C. y miembros directivos e investigadores de los Centros de este organismo.

Durante esta sesión, el Secretario del Patronato «Juan de la Cierva» expuso las necesidades de este organismo para justificar el empleo de los fondos de la Comisaría, canalizados principalmente a la cons-

trucción de Centros y a la consecución de medios materiales e instrumentales para los mismos.

Después, el Secretario de la División y Subdirector del Instituto de Edafología de Madrid, D. Angel Hoyos de Castro, hizo una exposición muy detallada de los cuarenta y dos planes de trabajo financiados por el Plan de Desarrollo, subrayando en cada caso los diferentes resultados obtenidos en el primer año de dicho Plan, al propio tiempo que señalaba los capítulos de inversiones más importantes. En este sentido puso de manifiesto el gran impulso que esta ayuda económica había proporcionado a los Centros en orden a conseguir material científico, campos de experimentación, medios documentales y bibliográficos, así como para incorporar personal contratado que ha venido coadyuvando a los programas de investigación y del que se podrá seleccionar el personal que se incorporará al Consejo.

Finalmente, el Ministro de Educación pronunció un discurso en el que recogió puntos de vista actuales sobre investigación fundamental y aplicada; labor desarrollada por el Consejo en colaboración con la Comisaría del Plan; potencial humano dedicado a la investigación y características y problemas del mismo; material de trabajo; ordenación administrativa que la investigación precisa, e investigación privada y atención que el Gobierno presta en este momento a toda la investigación. En particular subrayó la necesidad de ir a una «concentración parcelaria» de la investigación para conseguir una debida potenciación de la misma.

CURSO SOBRE MICROMORFOMETRIA DEL SUELO

Organizado por el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. de I. C., en colaboración con el Departamento de Suelos del Forschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft de Reinbek, Hamburgo, se ha celebrado en Madrid durante los días 20 a 23 de abril un curso sobre Micromorfometría, en el que se han expuesto y discutido diversas comunicaciones sobre aplicación de técnicas micromorfológicas y micromorfométricas al estudio de suelos, minerales y sedimentos. Durante este tiempo se ha efectuado en la Sección de Micromorfología, del citado Instituto, trabajos prácticos, en los que se mostraron especialmente las técnicas y aparatos empleados en el estudio micromorfométrico.

Programa.

20 de abril:

- W. Kubiena: «Micromorfología y micromorfometría. Historia y misión de una nueva rama de la investigación edafológica.»
- E. Geyger y W. Beckmann: «Aparatos y métodos de la investigación micromorfométrica.»

W. Beckmann y E. Geyger: «Tipos de agregados, cavidades y estructuras en el suelo, su investigación y evaluación.»

21 de abril:

M. Kress: «La micromorfología y micromorfometría de materiales volcánicos y su valor práctico.»

N. Bellinfante: «Investigaciones micromorfométricas de podsoles de Alemania septentrional.»

M. C. Navarro. «Investigaciones comparativas del método micromorfométrico y de la determinación de la porosidad con mercurio.»

22 de abril:

J. Benayas: «Investigación granulométrica de la meteorización de minerales a partir de fotogramas.»

A. Ascaso: «La micromorfometría en la investigación de sedimentos.»

23 de abril:

W. Beckmann: «Estructuras y condiciones acuosas en el suelo.»

E. Geyger: «Estructura del suelo y desarrollo del mal de Panamá en plantaciones de plátanos.»

El *Prof. J. M. Albareda*, Director del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, hizo la apertura del curso dando a conocer que la celebración del mismo y el conjunto de trabajos presentados es un buen exponente del desarrollo que la investigación microscópica del suelo ha alcanzado en diversos Centros del C. S. de I. C., gracias a la entusiasta colaboración del *Prof. W. Kubiena*, que ha creado e impulsado las técnicas de investigación micromorfológica y micromorfométrica del suelo, y al trabajo que realiza un grupo de jóvenes investigadores.

Comenzó el curso con una conferencia del *Prof. W. Kubiena* sobre micromorfología y micromorfometría, en la que detalló la historia e indicó la misión de esta rama de la investigación edafológica que ha logrado grandes progresos en los últimos años.

A continuación, los *Dres. E. Geyger* y *W. Beckmann* mostraron los aparatos y métodos de la investigación micromorfométrica del suelo, así como los datos e interpretación de las medidas que actualmente se realizan. El método se ha desarrollado para efectuar medidas de microestructuras que actualmente no pueden hacerse de otro modo y que, por consiguiente, completan las técnicas físicas y químicas del estudio del suelo. Para los autores, en la medida de una estructura no debe renunciarse a su aspecto (morfología); la comparación de la medición y el aspecto del objeto a medir facilita grandemente la interpretación de los resultados. Los fotogramas de estructura se obtuvieron con el aparato Leitz TP 200, y la fotometría total y de detalle, con

células fotoeléctricas convenientemente adaptadas. La anchura de los huecos se midieron con el analizador de partículas Zeiss, y la superficie interna de la estructura a partir de medidas con un curvímetro.

Finalmente, los *Dres. W. Beckmann* y *E. Geyger* presentaron otra comunicación acerca de tipos de agregados, cavidades y estructuras en el suelo, en el que expusieron la necesidad de hacer una definición de los mismos que sea útil tanto para la macro y micromorfología del suelo, como para la mejor interpretación de las medidas micromorfométricas. Ocurre frecuentemente que el suelo presenta un mosaico de estructuras cuyo análisis hace necesaria la determinación de detalles aislados, los cuales deben referirse al elemento de estructura correspondiente.

En la segunda sesión de conferencias, la *Dra. M. Kress* presentó una comunicación sobre micromorfología y micromorfometría de materiales volcánicos y su valor práctico. El trabajo fue realizado con objeto de conocer la estructura y especialmente la capacidad capilar del *lapilli*, que se emplea en las islas Canarias como cubierta protectora de algunos cultivos. Se comprobó que los poros de este material forman parte de un sistema de malla o red más o menos ramificado con buena capacidad de aireación y agua. Se discutió la posible influencia de los poros y otras características físicas del material en relación con los efectos favorables que se obtienen en los cultivos y las condiciones ambientales de las islas Canarias.

A continuación, el *Sr. Bellinfante Crocci* presentó los resultados del análisis micromorfológico de dos podsoles de Alemania septentrional sobre sedimentos arenosos. Estos dos suelos se diferencian únicamente en encontrarse, uno bajo bosque de hayas y con una enmienda caliza realizada hace siete años, y el otro bajo bosque de abetos. En el análisis micromorfométrico se determinó especialmente el contenido total en cavidades de distinto tamaño y dirección preferente de las mismas. Las diferencias y analogías encontradas en los dos suelos se explicaron en función del aporte distinto de materia orgánica en cada uno de ellos debido a la vegetación, lo cual condiciona una biología y humificación distinta también.

Finalmente, la *Srta. M. C. Navarro* expuso los resultados de un estudio comparativo de datos obtenidos sobre porosidad total de suelos por los métodos micromorfométricos y del mercurio. En suelos con una distribución homogénea de sustancia sólida y escasa porosidad interna, los valores obtenidos por ambos métodos coinciden. Sin embargo, se advierte una discrepancia considerable en los valores de porosidad para *Tierra parda* y *Braunlehm*, que presentan estructuras poco homogéneas. Se expusieron algunas razones para explicar estas diferencias y se llegó a la conclusión de que es necesario analizar mayor número de muestras y emplear otros métodos físicos para comparar los resultados con los de las medidas micromorfométricas.

En la tercera sesión, la *Dra. J. Benayas* presentó una comunicación sobre investigación granulométrica de la meteorización de minerales a partir de fotogramas. En un perfil de Ranker atlántico estudiado por los *Profs. Albareda* y *Kubiena*, realiza la micromorfometría de granos minerales y combina el estudio con las observaciones mi-

croscópicas de las muestras correspondientes en láminas delgadas. El método es útil para estudiar la meteorización de los minerales del suelo y puede emplearse también en la determinación de la superficie de minerales coloreados del suelo.

A continuación, el Sr. A. Ascaso expuso un trabajo sobre la micromorfometría en la investigación de sedimentos, en el que se hizo una exposición de los distintos procedimientos para realizar fotogramas de láminas delgadas observadas con luz transmitida y de secciones pulidas de muestras incluidas en plástico fluorescente iluminadas con luz ultravioleta incidente. En una segunda parte del trabajo se expusieron los resultados del análisis micromorfométrico de diversos materiales sedimentarios.

En la última sesión de conferencias el Dr. W. Beckmann mostró los resultados de un estudio sobre estructura y condiciones acuosas en suelos de pradera de Alemania occidental. En los suelos de pradera con regadío la recepción de agua es rápida y hay buena retención y conductibilidad de la misma en el horizonte A, encontrándose que en la primavera la conducción de agua se realiza perfectamente en los 6-8 cm. superiores del suelo y que la estructura del mismo es muy notable. En los mismos suelos de pradera, pero sin regadío, debido a la falta de huecos verticales, existe pequeña conducción de agua hacia abajo; se observó también que los elementos de estructura no son muy estables, desapareciendo, por ejemplo, muchos huecos por el efecto de una fuerte humidificación.

El curso terminó con un estudio del Prof. W. Kubiena y de la Dra. E. Geyger sobre estructura del suelo y desarrollo del mal de Panamá en plantaciones de plátanos. Los autores mostraron los efectos de la enfermedad en diversas localidades de Africa y del Sur y Centro-América, así como las características del suelo y del ambiente en los que aparece. Las propiedades del suelo, mostradas principalmente por la observación micromorfológica y medidas micromorfométricas, explican el desarrollo del mal, preferentemente en aquellos que presentan carácter de gley y pseudogley.

Finalmente, el Prof. W. Kubiena, director del curso, resumió en unas palabras el interés que ha alcanzado en la investigación del suelo las técnicas de micromorfolología y micromorfometría, dando por terminado el curso, que fue seguido por un numeroso grupo de investigadores.

G. P. G

CONFERENCIA DEL DR. VINK

En el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. I. C., ha pronunciado dos conferencias el Dr. A. P. A. Vink, director del International Centre for Aerial Survey Delft (Holanda), el pasado día 9 de junio, bajo los títulos:

- 1) «L'utilisation des photographies aériennes dans les levers pédologiques».

- 2) «Les méthodes de photo-interpretation pour les levers pédologiques».

CONFERENCIA DEL DR. GOOSEN

El Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. I. C., ha organizado dos conferencias que pronunció el Dr. Goosen, Lecturer del International Training Centre for Aerial Survey Delft (Holanda), el día 10 de junio en el edificio central del Consejo, bajo los títulos:

- 1) «La cartografía de suelos en Colombia a pequeña escala, utilizando las fotografías aéreas».
- 2) «La fotointerpretación en los estudios de erosión de suelos».

CONFERENCIA DEL PROF. RUTTER

Organizada por el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. I. C., ha tenido lugar la conferencia del Prof. A. J. Rutter, del Imperial College de Londres, el día 21 de abril, en el edificio central del Consejo, bajo el título:

«The Investigation of the water balance of crops and natural vegetation».

CONFERENCIA DE D. JOSE M.^a DEL MORAL

El pasado día 3 de junio tuvo lugar la conferencia de D. José María del Moral, sobre el tema: «Ciencia y política en la sociedad actual», en el Salón de Actos del Patronato «Juan de la Cierva».

Esta conferencia estuvo organizada por el Patronato «Juan de la Cierva», de Investigación Científica y Técnica.

CONFERENCIA DEL PROF. DUVIGNEAUD

Organizada por el Instituto Botánico «A. J. Cavanilles», pronunció una conferencia el Prof. P. Duvigneaud, de la Universidad Libre de Bruselas, el día 3 del pasado mes de mayo, en la sede central del Consejo, bajo el título: «Écosystème forêt».

CONFERENCIA DEL PROF. WAIN

En el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. I. C., pronunció una conferencia el Prof. R. L. Wain, profesor de Química Agrícola del Wye College de Londres, el pasado día 4 de mayo, sobre el tema: «The chemical control of plant growth».

CICLO DE CONFERENCIAS SOBRE HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA EN BARCELONA

Organizado por el Centro de Estudios de Investigación y Aplicaciones del Agua, tuvo lugar el ciclo de conferencias citado, según el programa siguiente:

- W. Richter: «Valor de los estudios hidrogeológicos para los trabajos de captación de aguas.»
- W. Fricke: «Problemas del karst en las zonas verdes.»
- W. Richter: «La salinización de las aguas subterráneas en las zonas costeras.»
- W. Fricke: «Relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas estudiadas en relación con la salinización de las aguas fluviales por la acción del hombre.»

CONGRESOS, REUNIONES INTERNACIONALES Y BECAS

Por la División de Ciencias han sido concedidas autorizaciones para el personal investigador que a continuación se menciona, para asistir a las Reuniones que en cada caso se citan o para que puedan disfrutar de las becas concedidas. Este personal pertenece a diversos Centros del Instituto Nacional de Edafología.

A D. Pablo María Arambarri Cazalis, del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto de Sevilla, para asistir al II Simposio Internacional de las Aplicaciones de las Ciencias Nucleares a la Agronomía, celebrado en Gante en el mes de mayo.

A D. Benito Mateos Nevado, del mismo Centro, para trasladarse a Alemania y asistir al Jahrestagung der Gessellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, que se ha celebrado en Giessen.

A D. José Antonio Valverde Gómez, director de la Estación Biológica de Doñana, para marchar a EE. UU., donde invitado por dicho país, asistirá en Washington a la Reunión organizada por la Sección CT del International Biological Programme.

Igualmente se trasladará a dicho país D. Gregorio Varela Mosquera, de la Estación Experimental del Zaidín, para realizar, con los profesores Cowan y Mattil, de Chicago, en los Centros de éstos, un trabajo sobre «Palatabilidad y aceptabilidad de alimentos e influencias sobre las mismas de algunos procesos industriales».

A D.^a Josefina Benayas Casares, del Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid, para disfrutar de una beca en Alemania y realizar en Kiel, bajo la dirección del Prof. Kalk, estudios sobre «Meteorización de minerales detríticos».

A D. José M.^a Rey Arnáiz, del mismo Centro, para marchar a la misma ciudad alemana y realizar, bajo la dirección del Prof. Tischler, un estudio sobre «Estimación de poblaciones de insectos».

A D. Manuel Mendizábal Villalba, director del Instituto de Aclimatación de Almería, para asistir al II Congreso Mundial de Protección de Plantas, e inauguración de la Fundación Felipe Silvestri en la ciudad de Nápoles.

A D. Joaquín Herrera Catalina, vicedirector de la Estación Experimental de Aula Dei, de Zaragoza, para trasladarse a Gran Bretaña, con el fin de asistir a un curso de especialización en investigaciones sobre Pomología en la Estación Experimental de East Malling.

A D. Claudino Rodríguez Barrueco, del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, para, con una beca del British Council, realizar trabajos de bacteriología agrícola en el Departamento de Botánica de la Universidad de Glasgow.

A D. José M.^a Laencina Sánchez, del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, para que pueda marchar a la Universidad de Nápoles, donde bajo la dirección del Prof. Liberti, realice estudios sobre «Aplicación de las técnicas espectrofotométricas y de cromatografía gaseosa a la identificación, en su caso, de los componentes de las esencias de limón y naranja».

A la Srta. Adelina Vázquez Vázquez, del Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia, para disfrutar en Suiza de una pensión de dos meses y estudiar, bajo la dirección del Prof. Pilet, «Cultivos de tejidos vegetales».

A la Srta. Encarnación Puga Rodríguez, de la Estación Experimental del Zaidín, para realizar durante un mes en Francia investigaciones sobre «Técnica de platina universal aplicada al estudio de la mineralogía y proceso de metamorfosismo de las formaciones de Sierra Nevada», en el Laboratorio de Mineralogía del Instituto Católico de París.

NOMBRAMIENTOS

Tras haber efectuado las oposiciones correspondientes, ha sido nombrado catedrático de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Santiago, D. Antonio Higuera Arnal, que hasta el momento había sido colaborador científico del Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid.

También ha sido nombrado catedrático de la misma Universidad, el igualmente colaborador científico, adscrito al Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas, D. Bartolomé Casaseca Mena.

INVITACIONES A PROFESORES EXTRANJEROS

Para realizar estudios en diversos Centros del Instituto Nacional de Edafología, al mismo tiempo que para que pueda pronunciar algunas conferencias, ha sido invitado el Prof. Duvigneaud.

A propuesta del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, ha

sido igualmente invitado el Prof. De Leenheer, de Gante, para que pronuncie un ciclo de conferencias en Madrid.

También a propuesta del Patronato «Alonso de Herrera», se ha cursado invitación al Prof. Sasson, de Rabat, para que pronuncie varias conferencias en Centros del Patronato, entre ellos en la Estación Experimental del Zaidín.

PROBLEMAS DE NUTRICION ANIMAL

En Zaragoza, la Facultad de Veterinaria ha iniciado un ciclo de conferencias sobre «Problemas de nutrición animal». La inauguración del ciclo estuvo a cargo del investigador científico Dr. D. Francisco Sobrino, jefe del Departamento de Economía Agraria del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología, que desarrolló el tema «Mercado de productos ganaderos».

INSTITUTO DE ORIENTACION Y ASISTENCIA TECNICA DE LEVANTE

Recientemente, el Consejo Ejecutivo del C. S. I. C. tomó el acuerdo de constituir un Instituto de Orientación y Asistencia Técnica de Levante, en Valencia, que, coordinado con el Consejo, desarrollará labores semejantes a las que realizan los Institutos de Orientación y Asistencia Técnica de Murcia, Salamanca y Zaragoza.

BIBLIOGRAFIA

ESTUDIO AGROBIOLÓGICO DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ.—Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto.—Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología del C. S. I. C. Sevilla, 1963.

La impresión primera que produce la contemplación y análisis de este Estudio es inmejorable. Una presentación en extremo cuidada de tipo muy moderno, con espléndidas fotografías en color que lo hacen en extremo atrayente, mapas referentes a fertilidad claramente demostrativos de los niveles de los elementos nutritivos correspondientes y de su distribución, gráficos ilustrativos que sintetizan y recogen de forma muy conveniente los datos contenidos en las distintas tablas, bibliografía seleccionada a tenor de la finalidad de la obra, índices muy completos que facilitan el manejo del Estudio, así como de las figuras y fotografías que se incluyen, y sobre todo los mapas de suelos y vegetación a escala 1/200.000 que recogen y sintetizan la distribución de ambos según los datos e informaciones contenidos en la monografía. Después de señalar esta primera impresión que fácilmente puede comprobarse, debe decirse también que las conclusiones que se señalan a la terminación han sido plenamente conseguidas, en lo que afecta al Centro y sin duda la aportación de este Estudio Agrobiológico servirá para alcanzar los niveles de desarrollo que precisan la agricultura y ganadería de la región. Muy modestamente se dice en dichas conclusiones:

«Las características discutidas en capítulos anteriores, extensa variedad de suelos, su fertilidad potencial, condiciones climatológicas, posibilidades de mejora de terrenos y de extensión de regadíos, renovación de cultivos y otros, abren para la agricultura gaditana un prometedor horizonte en el marco de la agricultura española.

El presente inventario de datos climatológicos y muy especialmente de suelos, vegetación y condiciones naturales de fertilidad, pretende proporcionar una base científica a los impulsos que deben conducir a la mejora y prosperidad de la agricultura provincial.»

La obra ha sido realizada bajo la dirección del profesor González García, Director del Centro de Edafología y Biología del Cuarto, y en ella han intervenido los Dres. Guerra y Paneque, en los trabajos concernientes al mapa de suelos; profesores Rivas Goday y Rivas Martínez y el Dr. Fernández Galiano, en los estudios del mapa de vegetación; el Prof. González y el Dr. Chaves han hecho las aportaciones correspondientes a los estudios de fertilidad; los Dres. Arambarri y Paneque

se han ocupado de los análisis mineralógicos de arcillas; los análisis suelos han corrido a cargo del Laboratorio del Centro de Edafología del Cuarto, que dirige el Dr. Romero; y finalmente, el estudio climatológico ha sido efectuado por los Dres. Carbajal y Martín Aranda. Han colaborado a la realización feliz de este trabajo, todo el personal del Centro de referencia.

Debe indicarse que han coadyuvado desde distintos ángulos, a la realización, la Diputación de Cádiz, el Banco de España, el C. S. I. y el Instituto Nacional de Edafología, la Cátedra de Química Inorgánica de Sevilla, el Instituto «A. J. Cavanilles», y un número muy elevado de agricultores de la provincia.

La feliz conjunción de personalidades tan relevantes de la Investigación y de Organismos tan caracterizados, ha permitido que la obra llevada a cabo sea muy completa, y como se ha indicado ya, su conocimiento será básico para cualquier trabajo que tenga por finalidad promover las riquezas agrobiológicas de la región.

El Estudio se ha dividido en cuatro partes. La primera incluye datos generales. La segunda se centra en el estudio de los suelos. La tercera se ocupa de la vegetación natural. Y la cuarta se refiere a los problemas de fertilidad. Se completa con una relación bibliográfica muy amplia, 44 figuras y 62 fotografías en color.

La parte primera, efectúa un estudio muy interesante sobre datos geográficos e históricos, hidrográficos, geológicos y climatológicos. En ella se divide la provincia de Cádiz en cinco zonas, que pudieran llamarse naturales, que se utilizan a todos los fines del Estudio a lo largo del mismo. Son estas zonas las que se llaman «Serranía de Grazalema», «Región de pequeñas sierras subbéticas», «Región de colinas del campo de Gibraltar», «Campiña Gaditana» y «Región de las Costas».

La parte segunda se centra en el estudio de los suelos de estas regiones. En la provincia de Cádiz se ofrece un variado conjunto de suelos debido a su posición geográfica y características geológicas, climáticas y de vegetación. A esta variedad de suelos corresponde igualmente una gran diversidad de recursos agrícolas, forestales y ganaderos.

Para el estudio de los suelos considerados se ha seguido el criterio genético. Los numerosos datos y análisis realizados son los que han servido para construir el mapa 1/200.000 que se acompaña a la memoria. Como se ha dicho, se ha seguido en la descripción de los suelos el estudio de los tipos en cada región natural, siguiéndose, cuando se ha considerado conveniente, la descripción de variedades de las distintas regiones o comarcas. En cada caso se señala la aptitud de cada uno de los suelos o el aprovechamiento más aconsejable desde un punto de vista práctico.

A esta parte sigue otra dedicada al estudio de la vegetación natural, realizada, teniendo en cuenta principalmente los factores del medio en que la misma se desarrolla. Principalmente se han tenido en cuenta los factores de carácter edáfico y climático, y las complejas relaciones entre éstos y la vegetación. Se han tenido en cuenta igualmente en el estudio de la vegetación el influjo del hombre que contribuye de forma poderosa a su modificación.

En el Estudio se ha huido de la confección de listas de especies, prefiriéndose efectuar el inventario y descripción de las asociaciones vegetales, de mayor utilidad para el trazado del mapa. Junto a esta directriz fundamental se ha procurado incluir datos ecológicos de las comunidades estudiadas, complementándola con la descripción de las comunidades secundarias procedentes de la destrucción de las comunidades climax.

Consecuencia del estudio de la vegetación se deduce la existencia en la provincia de Cádiz de seis grandes dominios climáticos, divididos en subdominios, que representan la vegetación climax, determinados según los factores fitoclimáticos y edáficos de tipo general. Estos dominios climáticos se describen convenientemente a lo largo de esta tercera parte, incluyéndose numerosas fotografías que avalan la exposición. Al final se hace un resumen de las unidades fitosociológicas empleadas.

La parte cuarta está dedicada al estudio de la fertilidad, que se inicia con unas consideraciones generales sobre las características agrícolas más destacadas de la provincia y de cada una de las zonas naturales a las que anteriormente se ha hecho referencia. También se incluyen datos fundamentales sobre extensiones labradas, no labradas e improductivas, con indicación de las extensiones que ocupa cada cultivo, los regadíos actuales y los que existen en estudio o proyecto. A continuación se hace un análisis detenido de las condiciones químicas generales de los suelos, con consideración especial de la acidez y contenido en cal, contenido en materia orgánica, en fósforo asimilable y en potasio asimilable; este estudio va acompañado de mapas, fotos, cuadros y gráficos muy demostrativos. Después sigue una parte descriptiva sobre fertilidad de cada una de las zonas naturales mencionadas y de las posibilidades que ofrecen las mismas.

En resumen: un trabajo muy cuidado y completo, que recoge la labor efectuada en equipo por investigadores pertenecientes a distintos Centros de la División de Ciencias como se ha indicado, y cuya organización y dirección se ha concentrado en el Centro de Edafología del Cuarto de Sevilla.—GONZALO BILBAO AGEJAS.

POTASSIUM IN RELATION TO GRASSLAND PRODUCTION.—Proceedings of the first Regional Conference of the International Potash Institute—Wexford (Ireland) 1963. Edited by International Potash Institute.

Reúne este libro los trabajos presentados a la reunión celebrada en Wexford del 2 al 4 de julio de 1963.

La gran importancia del potasio, tanto en el suelo y cultivo de la planta, cómo en la acción posterior sobre la alimentación de los animales y enfermedades que en los mismos se pueden producir, efecto del desequilibrio alimenticio a que han sido sometidos por la composición inadecuada de los alimentos suministrados, ha inducido al Instituto Internacional de la Potasa a verificar estas reuniones de científicos, en las cuales se trata el potasio tanto desde el punto de vista de

contenido en suelos y abonado conveniente, como de la influencia del mismo sobre los productos obtenidos.

En los primeros trabajos se estudia el potasio relacionado con el suelo. Se utilizan Rayos X para ver la proporción de potasio en las micas, feldespatos y arcillas, al mismo tiempo que se estudia la mayor o menor facilidad con que este potasio es aprovechado por la planta, así como la distinta fijación de potasio por los suelos, según el período de humedad a que éstos han estado sometidos.

Son interesantes los trabajos que relacionan el potasio con la planta, en los cuales se resumen una serie de interacciones del potasio con otros elementos y la importancia que éste tiene en el metabolismo de carbohidratos y proteínas.

Se exponen también una serie de trabajos sobre la influencia del potasio en el desarrollo de plantas pratenses, tanto cuando se cultivan aisladamente, o cuando van en asociación con otras, y la importancia de diversos abonados, entre los cuales se trata preferentemente el potasio y el nitrógeno.

Asimismo se estudia la cantidad de potasio extraído del suelo por las plantas pratenses en una sola recolección y en cortes sucesivos.

A continuación quedan reseñados trabajos en los que se relaciona la cantidad de potasio del suelo con el existente en la planta y la posible influencia del mismo en algunas enfermedades de animales, tales como el tétanos, relacionada con la falta de magnesio en el plasma sanguíneo.

También se presentan algunos trabajos monográficos del potasio, con las últimas aportaciones científicas sobre la acción del mismo en la alimentación vegetal.

Como nota interesante queda por destacar el resumen de las conclusiones a que han llegado las diversas secciones que han formado esta reunión científica.

Termina el libro con un índice de todos los autores citados en los trabajos presentados.—P. SÁNCHEZ CONDE.

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. Población (todo ello en forma similar a las citas de revistas).

6.^a *Tablas, gráficos y fotografías*.—Salvo excepciones, no deberán emplearse de forma simultánea tablas y gráficos.

El número de gráficos deberá limitarse todo lo posible. En general se recomienda la yuxtaposición de curvas que puedan ser referidas al mismo sistema de ejes coordinados.

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 servírsele, a su cargo, las que desee.

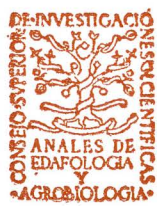
11. *Examen de manuscritos.*—Los trabajos, una vez recibidos, pasarán a la Comisión de Publicación para informe.

NOTAS

III Reunión Internacional de Micromorfología del Suelo. Madrid, 1967 (Primera circular)...	353
C. S. I. C. Plan de Desarrollo Económico y Social, 1964...	354
Curso sobre Micromorfología del Suelo...	359
Conferencia del Dr. Vink...	362
Conferencia del Dr. Goosen...	363
Conferencia del Prof. Rutter...	363
Conferencia de D. José M. ^a del Moral...	363
Conferencia del Prof. Duvigneaud...	363
Conferencia del Prof. Wain...	363
Ciclo de conferencias sobre Hidrología superficial y subterránea, en Barcelona.	364
Congresos, reuniones internacionales y becas...	364
Nombramientos...	365
Invitaciones a profesores extranjeros...	365
Problemas de nutrición animal...	366
Instituto de Orientación y Asistencia Técnica de Levante...	366

BIBLIOGRAFIA

Estudio Agrobiológico de la Provincia de Cádiz (<i>Gonzalo Bilbao Agejas</i>)...	367
Potassium in relation to Grassland Production (<i>P. Sánchez Conde</i>)...	369



Tomoo Kikuy. Numa. 5-6. AGRICULTURAL BIOLOGY May-June 1965