

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Anal. Edaf. Tomo XXVIII. Núms. 5-6. Págs. 313-444

Madrid, Mayo - Junio 1969

SUMARIO

	Páginas
Métodos experimentales para la determinación de la humedad óptima de un suelo, por <i>R. Román y A. Guerra</i>	318
Antígenos celulares y extracelulares de cuatro cepas de <i>Rhizobium</i> , por <i>H. C. Rodríguez y J. M. Arcos</i>	325
Diferencias entre gramíneas (<i>Helictotrichon y Koeleria</i>) procedentes de suelos ácidos y básicos. I. Relaciones entre la composición mineral de las plantas, las características de los suelos y el año de recolección, por <i>A. Martín y S. Oliver</i>	337
Relaciones cuantitativas entre la altitud, la acidez y la materia orgánica en suelos cultivados, por <i>Benito Sánchez</i>	355
Suelos rojos mediterráneos de la provincia de Granada. I. Macromorfología, características analíticas generales y estudio químico, por <i>L. J. Alias y A. Pérez Pujalte</i>	367
Poblaciones nematológicas fitoparásitas en los suelos de la huerta de Murcia, por <i>A. Ortuño Martínez, J. Gómez Gómez y F. Cánovas Candel</i>	389
Estudio genético de algunos suelos de la Sierra de Guadarrama. II. Composición de la suela y naturaleza de la materia orgánica, por <i>A. Hoyos y J. González Parra</i>	399
Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales. I. Nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio y magnesio, por los Laboratorios miembros del Comité Inter-Institutos para el estudio de Técnicas Analíticas de Diagnóstico Foliar	409

NOTAS

Renovación de la Junta de Gobierno del Patronato «Alonso de Herrera» ...	431
Premio José María Albareda	432
Premios del C. S. I. C.	432
Traslado de profesores	433
Nuevos profesores	433
Nombramientos	433
Inauguraciones en la finca «La Mayor»	433
Reestructuración del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura ...	434
Reestructuración de la Estación Experimental del Zaidín	435
Instituto «Jaime Almera»	436
Comisión para el Desarrollo Socio-Económico de la Cuenca del Segura ...	436
Nuevo Vocal del Consejo Técnico Asesor del Patronato «Alonso de Herrera» ...	438
Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca	438
Estación Biológica de Doñana	438
Distinción a la Estación experimental del Zaidín y al Dr. Olivares	438
Conferencias del Prof. Sweatman	438
Conferencias del Prof. Johns	439
Sociedad Española de Ciencia del Suelo	439
Viaje del Dr. Paneque a Alemania	439
I Congreso Internacional de Patología de Plantas	440
Símpoio sobre el Empleo de Isótopos y de Radiaciones en los Estudios sobre la Materia Orgánica del Suelo	440
Símpoio Internacional sobre Biosíntesis de Proteínas	441
XVII Congreso Internacional de Limnología Teórica y Aplicada	441
XIII Congreso Internacional de Entomología	442
Conferencia Internacional sobre las Royas de los Cereales	443
Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre las Bases Científicas de la Conservación de los Recursos de la Biosfera	443

METODOS EXPERIMENTALES PARA LA DETERMINACION DE LA HUMEDAD OPTIMA DE UN SUELO

por

R. ROMAN y A. GUERRA

SUMMARY

EXPERIMENTALS METHODS FOR DETERMINATION OF OPTIMAL MOISTURE OF SOIL

Differents experimentals methods of optimal moisture determination for soils agregation are described. With the «cook» method is necessary to find agregation index for differents moistures. It take more langer time but more accurate that the «dropping» method (only one determination).

Blending both methods can be determined the optimal moisture with a dispersion smaller that 6 %, with only three mesurements of the agregation index.

INTRODUCCIÓN

Hemos podido comprobar que los problemas estructurales se pueden agrupar en dos tipos (Román 4): la formación de agregados y la conservación de los agregados frente al clima.

Se ha demostrado que la constitución química de los elementos que componen el suelo y el contenido en agua del mismo son los factores que determinan principalmente el estado de agregación (Emerson (2) y De Boodt (1)).

Por tanto, los índices de agregación de dos suelos diferentes podrán ser comparados únicamente cuando ambos estén referidos a estados de humedad equivalentes (en ausencia de histeresis, igual valor de pF , Román (3)). Como estado de referencia tomaremos el de humedad óptima, ya que es el que más información da.

Para realizar el estudio estructural de cualquier suelo es imprescindible determinar las condiciones óptimas de agregación de este suelo y el valor del índice en las mismas. Este dato proporcionará las primeras indicaciones para enfocar el problema hacia un estudio más profundo del poder de agregación o centrarlo en el de estabilidad estructural.

De estos dos aspectos nace la necesidad de poder determinar el estado de agregación en las condiciones óptimas.

Para encontrar las condiciones óptimas hay que hallar la variación del índice de agregación con la humedad. El contenido en agua para el cual el índice de agregación se aproxima más al ideal será el óptimo.

En este trabajo se analizan los métodos experimentales que se han puesto a punto para hallar la humedad óptima.

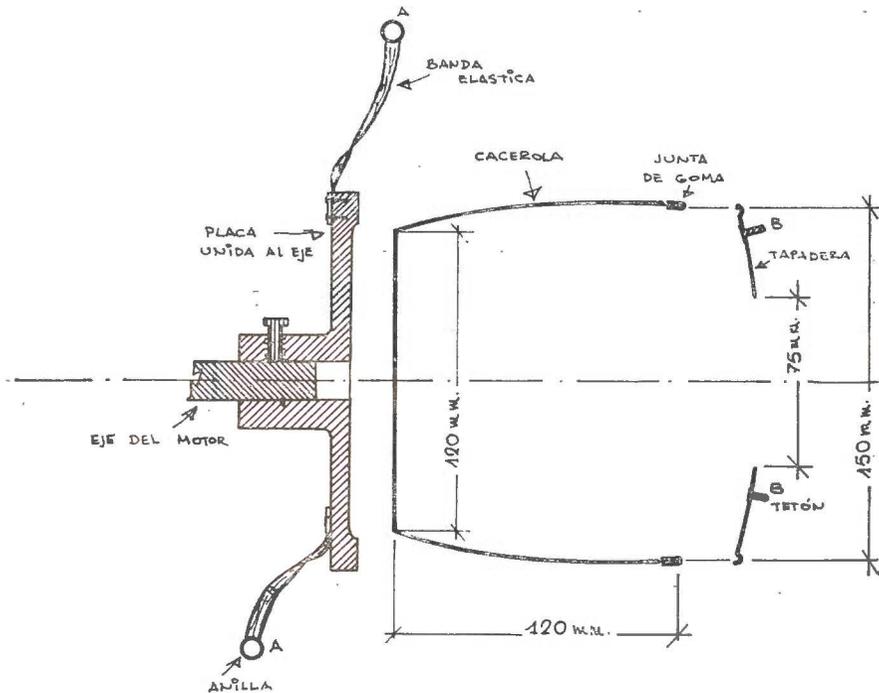


Fig. 1.—Esquema del dispositivo experimental.

MÉTODO DE LA CACEROLA

1. Método experimental y modo de operar

Para que el método pueda darnos resultados comparativos ha de partirse de un estado inicial idéntico para todos los casos. Por ello en las muestras de suelo que se han experimentado se ha destruido la estructura (diámetro de agregado inferior a 2,0 mm.) tomando como humedad de partida la que poseen secas al aire.

Unos 200 gramos de muestra así preparada se colocan en una cacerola cuyo fondo se acopla al eje de un motor mediante una placa circular (figura 1).

La cacerola lleva en la tapa una abertura circular y tres salientes (B) que se utilizan para mantener la tapadera cerrada al mismo tiempo que sujeta todo el conjunto a la placa por medio de unas bandas elásticas (A) fijas a la placa.

Al conectar el motor, la cacerola gira a 50 r. p. m. y con ella el suelo.

A través de la abertura circular de la tapa, se añade agua a la muestra por medio de un pulverizador, lo más fino posible, para que la humedad se reparta homogéneamente en la muestra. Esta operación hay que realizarla muy cuidadosamente, evitando en lo posible que el agua pulverizada alcance la pared del fondo de la cacerola. Además conviene que la pulverización se haga muy lentamente, para impedir que la capa superior de la muestra adquiera una humedad mayor que las capas inferiores.

La humedad que debe alcanzar la muestra se controla por la cantidad de agua añadida con el pulverizador (por diferencia de pesadas o por lectura directa si está graduado).

Las muestras se sacan de la cacerola y se dejan secar al aire, procediendo posteriormente a tamizar sus agregados. El juego de tamices, de malla cuadrada, es de 5, 3, 1 y 0,5 mm., además de un colector para las fracciones inferiores.

2. Cálculo e interpretación del índice de agregación

El índice de agregación se halla calculando la superficie comprendida entre el eje de abscisas y la línea de «frecuencia acumulativas-diámetro de grano» (Román 3).

Para conocer el estado de agregación que representa este índice hay que compararle con otro considerado ideal. Si suponemos que el mejor estado de agregación es aquel cuya repartición de agregados es proporcional al diámetro, su representación en frecuencias acumulativas es una línea recta. En otras palabras, este estado de agregación implica a «priori» una distribución de los distintos grupos de poros homogénea a lo largo de toda la curva de pF.

El índice de agregación correspondiente a esta distribución es 4,0. Las diferencias con respecto a este valor son las más indicativas del estado de agregación que posee el suelo. Así una muestra cuyo índice fuese 6,0 representaría una desviación de 2,0 con respecto a este estado ideal, debido a que hay una cantidad de agregados de pequeño diámetro desproporcionada con su tamaño.

Si el índice fuese 2,0 su desviación con respecto a 4,0 es igual a la anterior y tendríamos dos estados de agregación iguales; sin embargo, en este caso la desviación indica una mayor proporción de agregados de gran diámetro (figura 2).

Hasta aquí nos referimos únicamente al suelo como ente de estudio

en sí mismo. Una interpretación más completa del índice de agregación se obtiene al considerar la planta que se desarrolla en el suelo y que por sus características peculiares pueda necesitar una preferencia en la aireación de las raíces o en el almacenamiento de agua del suelo. Esto supondría que el índice de agregación ideal para este caso ha de variarse hacia unos valores más altos o más bajos, y así representar en el índice las condiciones más favorables al desarrollo de la planta.

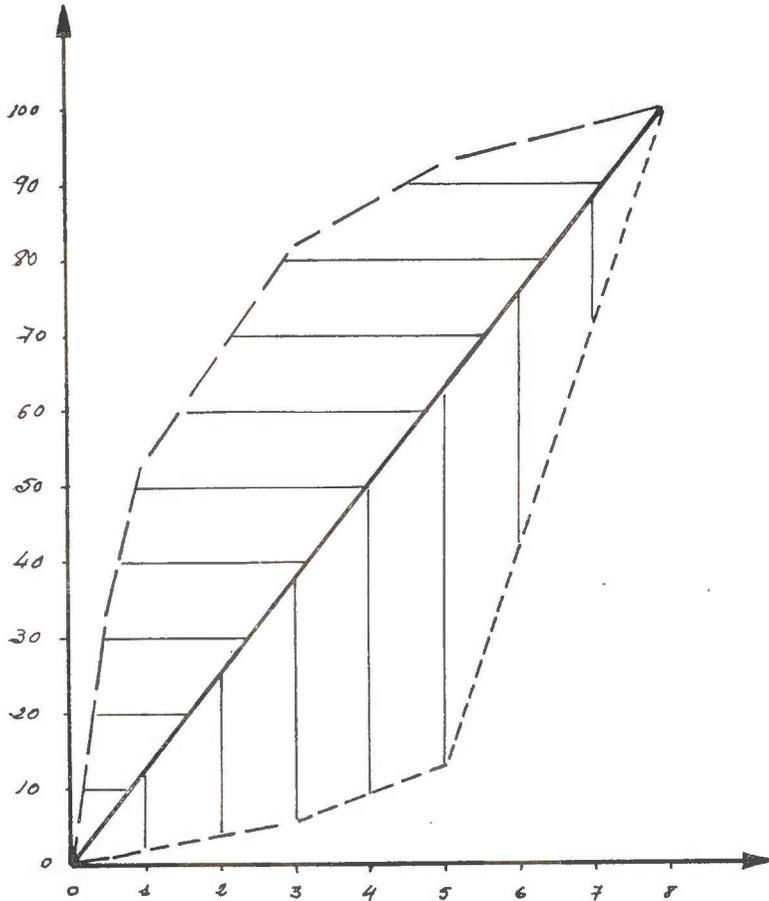


Fig. 2.—Distribución de agregados en frecuencias acumulativas. El índice de agregación está dado por la superficie comprendida entre la línea de frecuencias acumulativas y el eje de diámetro.

- índice = 4,0. Caso de distribución ideal de agregados.
 - - - - - índice = 6,0
 - · - · - índice = 2,0

La superficie rayada horizontal y verticalmente es la verdadera medida de referencia del estado de agregación.

3. Resultados experimentales y discusión

Para comprobar la exactitud del método descrito hemos tomado tres tipos de suelo de texturas bien diferenciadas (cuadro I).

CUADRO I

Texturas

Suelo	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasificación según triángulo internacional
A	13,4	59,9	33,7	Franco limoarcilloso
B	37,5	20,9	41,6	Arcilloso
C	68,7	14,6	16,7	Franco arenoso

3.1. Dispersiones obtenidas en el índice de agregación

Para cada uno de estos suelos se han realizado determinaciones del índice de agregación a distintas humedades, y para cada humedad se ha repetido la experiencia tres veces.

Los valores que se dan en el cuadro II como índice de agregación son la media de estas tres repeticiones, habiendo calculado para cada uno de ellos el error cuadrático medio o desviación típica. Entre paréntesis se da este mismo valor expresado en tanto por ciento

Puede observarse que las dispersiones encontradas varían de un tipo de suelo a otro, siendo las máximas para la textura franco-limo arcillosa y mínima para la franco arenosa.

Asimismo se encuentra que las mayores dispersiones para los tres tipos de suelo se obtienen siempre en las humedades más altas. Esto es debido a que para humedades altas la formación de agregados es mucho más acentuada y el diámetro del agregado que se forma puede variar fácilmente. Por otra parte, al ser el índice de agregación más bajo, dispersiones menores en valor absoluto puedan dar mayor error relativo.

Pasado el límite máximo de formación de agregados, lo que se obtiene en el suelo es un agregado único para todas las experiencias, por lo que la dispersión del índice de agregación es nula (muestra C: humedad de 21,3 %).

CUADRO II

Dispersión del índice de agregación

Humedad (% en peso)	Índice agregación (*)	σ error cuadrático medio
<i>Suelo A</i>		
16,5	6,48	0,06 (0,9) (**)
19,5	5,84	0,22 (3,7)
21,5	5,70	0,22 (3,8)
23,5	4,54	0,08 (1,8)
26,5	3,73	0,31 (8,3)
29,5	2,31	0,13 (5,6)
<i>Suelo B</i>		
16,5	6,69	0,08 (1,2)
19,5	6,58	0,04 (0,6)
21,5	6,27	0,02 (0,3)
23,5	6,12	0,02 (0,3)
26,5	5,84	0,11 (1,9)
29,5	4,71	0,12 (2,5)
32,5	3,29	0,12 (3,6)
<i>Suelo C</i>		
11,3	7,18	0,05 (0,7)
13,3	6,97	0,04 (0,6)
15,3	6,07	0,06 (1,0)
16,3	5,94	0,03 (0,5)
17,3	5,72	0,10 (1,7)
18,3	1,52	0,03 (2,0)
21,3	1,50	0,00 (0,0)

(*) Valor medio de tres repeticiones.

(**) Los valores entre paréntesis son los σ en tantos por ciento.

3.2. Homogeneidad en la distribución de la humedad

Es necesario verificar que la distribución de la humedad, dentro de una misma muestra experimentada, es homogénea en toda ella. Se ha tomado, de los 200 gr. de suelo de una experiencia, distintas muestras, en las que se determina su humedad. El número de muestras oscila entre las 10 (suelo A y C) y 20 (suelo B). Estas comprobaciones no se han realizado para todas las humedades a las que han sido experimentados los distintos tipos de suelo. Se han seleccionado únicamente los valores extremo y medio, considerando que si existen diferencias en

función de la humedad, estos resultados serían lo suficientemente indicativos como para significarlos.

En el cuadro 3 se dan las humedades obtenidas por desecación en la estufa y su desviación típica. También se incluye la deducida al considerar la cantidad de agua dada con el pulverizador a la muestra seca al aire, por lo que hay que considerar la humedad higroscópica de las muestras (el 4,9 % para el suelo A, el 1,5 % para el suelo B y el 6,1 % para el suelo C).

CUADRO III

Dispersión de la humedad

H_1 (% en peso)	H_2 (% en peso)	σ error cuadrático medio	$H_2 - H_1$
<i>Suelo A</i>			
16,5	15,0 (*)	0,71 (4,7)	-1,5
21,5	20,8	0,50 (2,4)	-0,7
29,5	28,3	0,22 (0,8)	-1,2
<i>Suelo B</i>			
16,5	15,1 (**)	0,88 (5,8)	-1,4
24,5	23,0	0,22 (0,9)	-1,5
32,5	29,7	0,28 (0,9)	-2,8
<i>Suelo C</i>			
13,3	12,0 (*)	0,20 (1,7)	-1,3
21,3	20,1	0,26 (1,3)	-1,2
			-1,45 Valor medio

(*) Valores medios de diez repeticiones.

(**) Valores medios de veinte repeticiones.

La humedad de H_1 está calculada por la cantidad de agua añadida, y H_2 es la obtenida por desecación a la estufa de la muestra.

De esta forma ambos valores son comparables y deberían dar iguales resultados; no obstante, puede observarse que el valor encontrado por desecación en la estufa (a 105° C, durante una hora con ventilación de aire) es inferior en todos los casos al calculado por el agua añadida con el pulverizador.

Estas diferencias son independientes del tipo de suelo y de la hume-

dad de la muestra, por lo que deben ser atribuidas al agua pulverizada que se adhiere a la pared del fondo de la cacerola, sin que pase al suelo.

Tomando el valor medio de todas las diferencias encontrada (1,45 %) se pueden corregir las humedades determinadas por cálculo. Para nuevas experiencias este dato puede ser introducido con anterioridad, con lo que el agua utilizada para pulverizar debe ser incrementada para compensar las pérdidas en la cacerola.

Respecto a la dispersión que se encuentra para una misma humedad puede observarse que en ningún caso se alcanzan valores superiores al 6 %; los más altos se dan para las humedades más bajas. Esto es debido al hecho de que las gotas de agua pulverizada que se añaden al suelo forman, donde caen, núcleos de agregados ligeramente más húmedos que el resto. Si es poca la cantidad de agua añadida, la posibilidad de que se reparta uniformemente es menor. Además, al ser la humedad baja, aunque el error absoluto sea pequeño, el relativo puede resultar considerable.

3.3 *Influencia del tiempo de giro*

En el sistema descrito las partículas del suelo humedecidas se adhieren a otras, formando agregados. El movimiento rotatorio del sistema favorece esta agregación, y por ello puede pensarse que el tiempo durante el cual la muestra gira puede influir en los resultados finales de los agregados formados.

Con el suelo B se han realizado diversas pruebas, en las que se hacía variar el tiempo, que permanecía girando la muestra sin que se añadiese más agua. Los resultados experimentales del índice de agregación obtenido para cada uno de los tiempos se han agrupado en el cuadro IV.

CUADRO IV

Variación del índice de agregación con el tiempo de giro. Suelo B

Humedad (% en peso)	Tiempo de giro de la muestra (en minutos)			
	10	15	20	25
16,5	6,62	6,59	6,86	—
19,5	6,52	6,46	6,56	—
22,5	6,20	6,11	6,19	—
24,5	5,85	5,91	5,68	—
26,5	—	5,36	5,64	4,87
29,5	—	4,26	4,18	3,25
30,5	—	2,77	2,89	2,73

Para humedades bajas, el índice de agregación que se obtiene es independiente del tiempo que permanezca la muestra dentro de la cacerola, aunque se señala un ligero aumento en el valor absoluto del índice (lo que significa una disgregación mayor) debido justamente al tiempo de giro, que tiende a deshacer los pocos agregados formados.

A medida que la humedad se hace más alta sucede el caso contrario, es decir, existe mayor número de agregados formados y además estos adquieren diámetros cada vez mayores. Para las humedades próximas a la óptima es cuando más se señala este fenómeno, ya que los agregados formados tienen gran capacidad de adherencia y cuanto mayor es el tiempo que permanece girando mayor diámetro alcanzan.

A humedades altas la agregación es un caso extremo, forman muy pocos agregados de gran tamaño e independientes del tiempo de giro.

En el cuadro IV puede observarse igualmente que no coinciden los tiempos de unas experiencias con otras; esto es debido a que se necesita un tiempo mínimo para añadir el agua al suelo convenientemente. Por ello hemos fijado para todas las experiencias un tiempo de quince minutos, dentro de los cuales puede añadirse el agua al suelo de una forma apropiada.

3.4. *Cálculo de la humedad óptima*

Para deducir la humedad óptima se representa sobre unos ejes los valores del índice de agregación con respecto a su humedad (fig. 3). Interpolando la humedad correspondiente al índice 4,0 se obtiene la humedad óptima para cada uno de los suelos. Este valor, por estar hallado a partir de la cantidad de agua dada con el pulverizador, se ha corregido según lo dicho en 3.2 y se ha anotado en el cuadro V.

Puede observarse que la variación del índice de agregación con la humedad es diferente, según la textura del suelo, y así, mientras en el suelo A es una línea aproximadamente recta, en el C existe un salto brusco del índice de agregación en las proximidades de la humedad óptima.

4. *Determinación aproximada de la humedad óptima por goteo*

4.1. *Bases del método*

Este método se basa en las fuerzas de adherencia entre partículas que la presencia de agua origina en un suelo cuando éste se encuentra seco.

Si se deja caer una gota de agua sobre una muestra de suelo seco y con la estructura destruida, se forma en el lugar donde cae un agregado casi esférico. Este agregado posee una humedad aproximadamente cons-

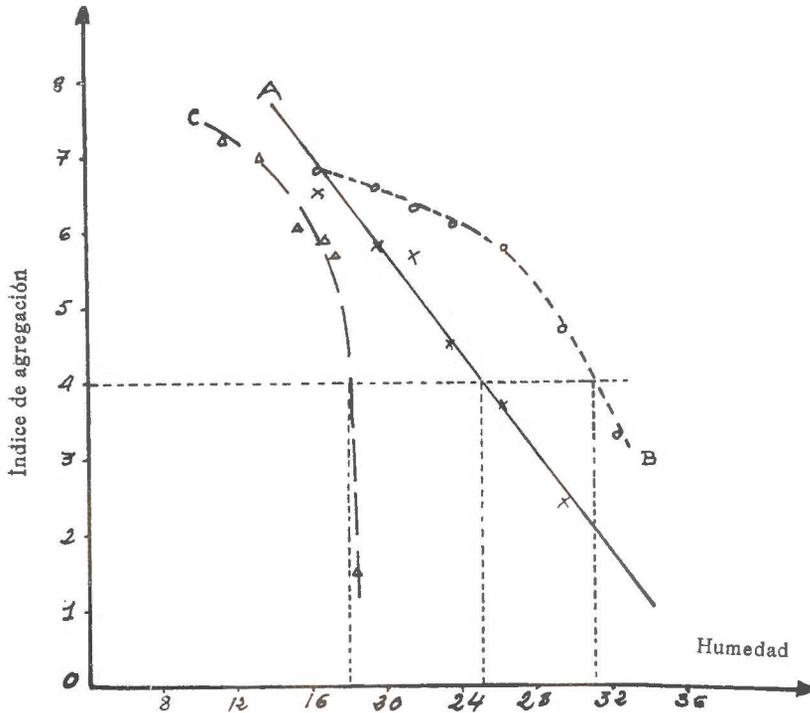


Fig. 3.—Variación del índice de agregación con la humedad para las tres muestras tratadas. La humedad correspondiente al índice 4,0 es la óptima

C U A D R O V

Comparación de las humedades óptimas halladas por diferentes métodos

Suelo	Una gota sobre capa profunda	10-12 gotas sobre capa profunda	Tres gotas sobre capa delgada	Tres gotas sobre capa profunda	Valor experimental corregido (gráf. 3)
A	19,3	32,5	25,0	22,6	24,0
B	20,4	40,3	26,3	24,5	29,5
C	13,9	37,5	18,1	14,0	16,5

tante, ya que queda separado del resto de muestra —seca casi totalmente— al disminuir su volumen.

Es lógico pensar que la humedad a la que se encuentra el agregado así formado puede ser un indicador de la humedad óptima que necesita esa muestra para obtener el mejor índice de agregación.

Hacemos resaltar, de esta forma, el que no podrá ser nunca un valor exacto, ya que por un lado la magnitud del agregado dependerá del tamaño de gota y por otro existirá un gradiente de humedad del centro de la esfera hacia los bordes.

4.2. *Forma de operar*

Sobre una capa profunda (1) de suelo seco se dejan caer unas gotas de agua sobre diferentes puntos. Mediante una espátula se sacan los agregados que han formado estas gotas y se determina en ellos su humedad.

También se ha ensayado dejar caer 10 ó 12 gotas continuas sobre un mismo punto del suelo en capa profunda. Asimismo se ha probado con tres gotas sobre capa profunda y capa delgada.

4.3. *Resultados experimentales y discusión*

Las humedades encontradas por cada uno de estos métodos se dan en el cuadro V. Por el método de dejar caer una sola gota sobre capa profunda los valores encontrados son netamente inferiores a los hallados por el método de la cacerola. La principal causa de esta diferencia es debida a las partículas secas que se adhieren al agregado, disminuyendo su humedad

Lo mismo sucede para el caso de tres gotas sobre capa profunda, si bien el mayor volumen del agregado frente a esa parte seca que se adhiere hace que las diferencias sean menores.

Cuando el número de gotas es alto (10-12 gotas) esta parte seca no influye frente al gran volumen del agregado que se forma; sin embargo, la parte central del agregado, donde han caído directamente las gotas, está a una humedad muy superior a la de los extremos, por lo que la humedad es mayor que la deducida según la gráfica 3.

Sólo el método de tres gotas sobre capa delgada proporciona los valores más aproximados.

CONCLUSIONES

El método de la cacerola permite hallar las humedades óptimas de un suelo con errores inferiores al 6 % (el máximo encontrado en la dispersión de la humedad dentro de una misma muestra).

(1) Por capa profunda indicamos una capa de suelo de profundidad tal que la parte húmeda del agregado formado no toca la pared del fondo del recipiente que le contiene, y por capa delgada aquella que la humedad la alcanza justamente.

Tiene la principal desventaja de que es muy laborioso, ya que es necesario realizar experiencias a distintas humedades y finalmente interpolar.

Los métodos de goteo son muy sencillos y rápidos, pero también imprecisos. Si se toma como base los valores hallados por el método de dejar caer tres gotas de agua sobre capa delgada, por el método de la cacerola se puede hallar el índice correspondiente a esta humedad. Si además se efectúan determinaciones a otros contenidos en agua superior e inferior tendremos la seguridad de poder interpolar para hallar la humedad óptima. De esta forma eliminamos del método de la cacerola su principal desventaja.

AGRADECIMIENTO

A don Francisco Rodríguez Zarza, Especialista Superior, por su colaboración en este trabajo.

RESUMEN

Se describen diversos métodos experimentales para la determinación de la humedad óptima. En el método de la cacerola es necesario hallar la variación del índice de agregación con la humedad, por lo que resulta más laborioso que el método de goteo, pero más exacto.

Combinando ambos métodos puede hallarse la humedad óptima con un error inferior al 6 % y sólo tres determinaciones del índice de agregación.

Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) DE BOODT, M. 1967. De bodemfysika en enkele aktuale problemen van structuurstabilizatie. Het Ingenieursb'ad, núm. 4.
- (2) EMERSON, W. W. 1959. The etructure of soil crumbs. J. of Soil Sc., 10, 235-244.
- (3) ROMÁN, R. 1968. Observaciones sobre la formación en agregados en un suelo y su contenido en agua. An. de Edaf. y Agrob., 27, 5-6, 399-404.
- (4) ROMÁN, R. 1968. Ensayos sobre estructura y estabilidad estructural. An. de Edaf. y Agrob., 27; 11-12; 857-873.

Recibido para publicación: 23-X-68

ANTIGENOS CELULARES Y EXTRACELULARES DE CUATRO CEPAS DE *RHIZOBIUM*

por

H. C. RODRIGUEZ y J. M. ARCOS

SUMMARY

CELLULAR AND EXTRACELLULAR ANTIGENS FROM FOUR RHIZOBIUM STRAINS

Two strains of *Rhizobium meliloti* (54-4 and 242) and two other of *Rhizobium trifolii* (CC 242 and WA 67) were cultured in both gelified and liquid medium in order to obtain cell extracts separately from extracellular antigens. No ultrasonication but cold acetone at -20°C treatment was performed to prepare and to extract cells for immunizing and testing purposes. Immunodiffusion analysis showed clearly antigenic differences between cellular extracts and extracellular diffusible fractions pertaining to every strain but it was not possible to detect any similar result between either cellular extracts or extracellular diffusible fractions of the four strains. Nevertheless, by immunoelectrophoretic methods, three nearly neutral antigens were found in *Rhizobium meliloti* 54-4 that were not found in any other strain, on a total of 22 antigens detected. No significant differences showed the liquid medium against the gelified one. Surprisingly much more antigenic community existed between *Rhizobium meliloti* 54-4 and *Rhizobium trifolii* WA 67 extracellular diffusible and soluble fractions that between the two strains of a same species. Ultrasonically treated preparates undergone strong loss of antigens whose immunoprecipitation bands were formed on the central site of the immunoelectropherogram showing disadvantages of this method for antigenic analysis purposes.

La conveniencia de los métodos de inmunodifusión e inmunoelectroforesis para un estudio más informativo acerca del género *Rhizobium* que los métodos serológicos clásicos ha sido ya puesta de manifiesto por otros autores (Dudman, 1964; Scheffler and Low, 1966). Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento no son plenamente satisfactorios, debido quizás a que la aplicación tanto de la inmunodifusión como de la inmunoelectroforesis a este problema es aún muy reciente y estudios inmunoquímicos más finos no han sido prácticamente realizados. Recientemente no sólo los antígenos extracelulares sino también los propiamente celulares han sido estudiados (Gibbins, 1967).

En el presente trabajo, nosotros exponemos los resultados de nues-

tras experiencias sobre el estudio comparativo de 4 cepas del género *Rhizobium*, tanto en lo que respecta a su constitución antigénica exo como endocelular.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las cepas usadas para este trabajo fueron: *Rhizobium meliloti* 54-4 y *Rhizobium meliloti* 242, amablemente cedidas por el doctor Fraile (Instituto Jaime Ferrán, C. S. I. C., Madrid, España); *Rhizobium trifolii* CC 242 y *Rhizobium trifolii* WA 67, enviadas por el doctor Gibbson (División of Plant Industry, C. S. I. R. O., Canberra, Australia).

Las 4 cepas fueron cultivadas en medio gelificado, y en medio líquido agitado. El medio sólido contenía: extracto de levadura, 0,3 g.; manitol, 10 g.; K_2HPO_4 , 0,5 g.; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,2 g.; Na Cl, 0,1 g.; $CaCO_3$, 3 g.; agar, 20 g. El extracto de levadura y el manitol fueron disueltos en 200 ml. de agua destilada y esterilizados a vapor fluente tres días consecutivos. Los productos restantes se disolvieron en 800 ml. de agua destilada y se esterizaron media hora a 121° C. Después de mezclar ambas preparaciones se ajustó el pH final a 6,8-7,2 (doctor Fraile, comunicación personal). Una vez inoculados, las frascos Roux fueron incubados a 25° C durante cinco días para la obtención de grandes cantidades de células.

El medio líquido fue el mismo que el sólido citado sin adición de agar. El cultivo se realizó en volúmenes de 100 ml. para frascos Erlenmeyer de 250 ml. a 25° C, sobre agitador rotatorio a 150 r. p. m. durante ocho días (Dudman, 1964).

Para la inmunización de conejos sólo fue usado el medio sólido. Los cultivos fueron recogidos con 20 ml. de agua destilada y la suspensión muy viscosa fue centrifugada durante cuarenta minutos a 10.000 xg. a 4° C. El sedimento obtenido se resuspendió en tres veces su volumen de acetona a -20° C (Arcos et Chordí, 1968) y se mantuvo a esta temperatura 48 horas. Después de una nueva centrifugación, la acetona fue decantada y el sedimento fue secado y liofilizado. Este polvo seco constituyó el extractor celular (C. E.) de cada cepa.

Por otra parte, el primer sobrenadante fue añadido a otros tres sucesivos lavados del gel de agar para obtener la fracción extracelular difusible (E. D. F.). Cada vez se añadían de nuevo 20 ml. de agua destilada estéril y se mantenían quince minutos a 25° C, en contacto íntimo con el gel de agar. El análisis de Biuret mostró que el cuarto lavado no contenía una cantidad significativa de proteína soluble extraída. Todos los líquidos de lavado se sometieron varias veces a 10.000 xg. antes de ser mezclados, y su volumen total fue reducido a la mitad por medio de evaporación a presión reducida a una temperatura menor de 30° C. Después de dializar frente a agua destilada a 4° C, el líquido

se concentró de nuevo y fue finalmente liofilizado. Este polvo seco constituyó la fracción extracelular difusible (E. D. F.).

C. E. y E. D. F. de *Rhizobium meliloti* 54-4 fueron mezclados en proporción adecuada (1 : 5, w/w) y suspendidos en mezcla fina de 0,5 ml. de coadyuvante incompleto de Freund, para obtener un complejo inmunizante a 69 mg. de peso seco por ml. que se inyectó subcutáneamente a conejos machos de unos 3 kilos de peso, según la pauta que se indica a continuación. En una primera serie se inyectó 1 ml. de preparado tres días alternos por semana durante cuatro semanas. Después de quince días de descanso, se administró una segunda serie de dosis de 2 ml. del mismo preparado durante otras cuatro semanas, también en días alternos. La sangre se obtuvo de la vena marginal de la oreja del conejo, y el inmunosuero fue analizado en su nivel de anticuerpos por medio de la inmunodifusión en gel de agar. Cuando el título fue superior a 1/16, este suero fue considerado apto para efectuar análisis inmunolectroforéticos (Arcos y Chordi, 1969). Para las experiencias de difusión en gel, los preparados antigénicos correspondientes a las 4 cepas de *Rhizobium* se obtuvieron de manera idéntica a la que se ha descrito para el cultivo en medio gelificado.

Todos los extractos celulares fueron concentrados a 34,5 mg. de peso seco/ml., y todas las fracciones difusibles extracelulares a 172,5 mg/ml. A partir de estos niveles, 3 veces superiores a los que se inyectaron a los conejos, se hicieron progresivas diluciones.

En el caso de medio líquido se separaron las células por centrifugación a 10.000 xg. durante cuarenta minutos a 4° C. Tanto el sedimento de células después de lavadas, como el sobrenadante sometido varias veces a este tratamiento, fueron finalmente preparados de manera idéntica a C. E. y E. D. F. Para este caso fue empleada la denominación fracción extracelular soluble (E. S. F.), en lugar de la citada E. D. F. para el caso del medio de agar.

Los extractos celulares fueron sometidos en desintegrador ultrasónico MSE 100 watt., a 20 Kc/seg. durante diez minutos, en baño de hielo con intervalos de dos minutos cada minuto de tratamiento. Este material fue usado para pruebas de inmuno precipitación solamente, no para inmunización de animales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 aparecen los niveles de anticuerpos presentes en el inmunosuero elegido para todo el estudio posterior, en función del momento en que fueron realizadas las sangrías. El nivel de anticuerpos fue tal a la onceava semana de inmunización que aun con el inmunosuero diluido 32 veces aparecieron bandas de precipitación visibles (fig. 2). En este momento se comenzaron a realizar las sangrías finales, que se

prolongaron durante la semana siguiente sin que descendiera en absoluto el título durante este intervalo.

Mediante pruebas de inmunodifusión simple se intentó averiguar la comunidad antigénica tanto entre C. E. y D. E. F. de una misma cepa

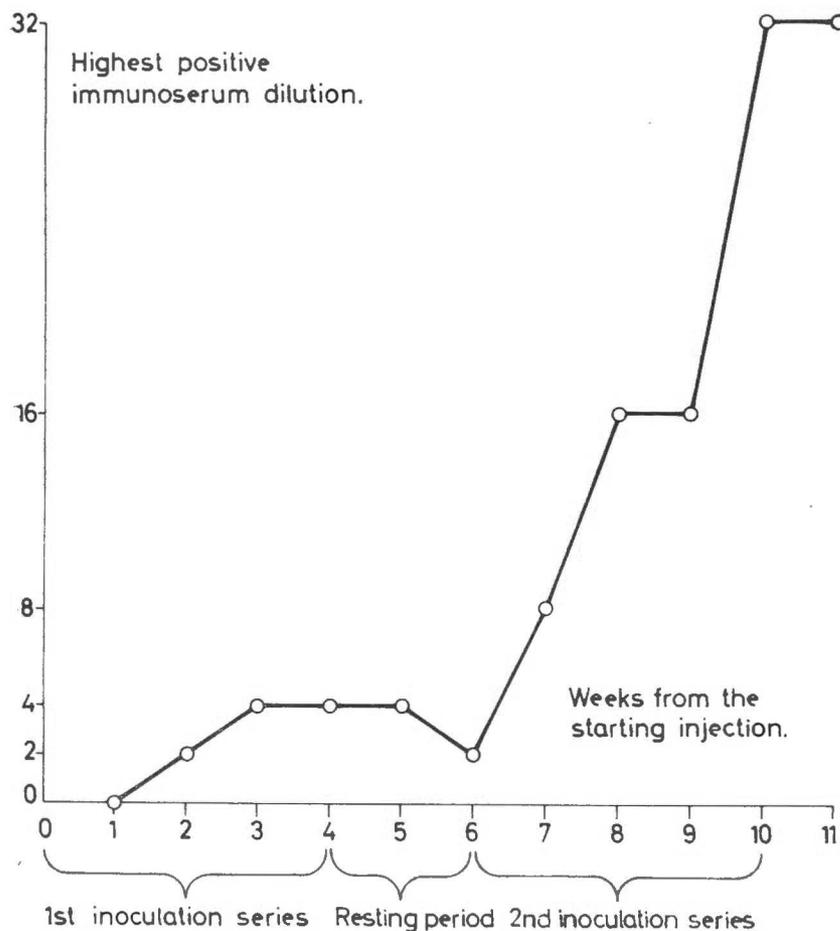


Fig. 1.—Esquema de la formación de anticuerpos en conejos inoculados con la cepa *Rhizobium meliloti* 54-4 (extracto celular: fracción extracelular difusible 1 : 5 w/w). Abscisas: semanas a partir de la primera inyección. Ordenadas: dilución máxima del inmunosuero en suero fisiológico, a la cual la banda de inmunoprecipitación fue visible.

como entre cepas diferentes. Un primer estudio con la cepa *Rhizobium meliloti* 54-4 nos hizo llegar a la conclusión de la enorme importancia que presenta en nuestro caso el trabajar con las concentraciones adecuadas de antígenos y antisueros. En la figura 3 A puede observarse la aparente comunidad antigénica total entre C. E. y D. E. F. de la cepa *Rhizobium meliloti* 54-4, cuando C. E. se concentró a 11,5 mg. de peso

seco/ml. y D. E. F. a 57,5, mientras que el inmunosuero fue usado a su concentración normal. Sin embargo, en la figura 3 B aparecen claramente bandas de inmunoprecipitación pertenecientes en exclusiva a los C. E. que demuestran la existencia de sustancias antigénicas no

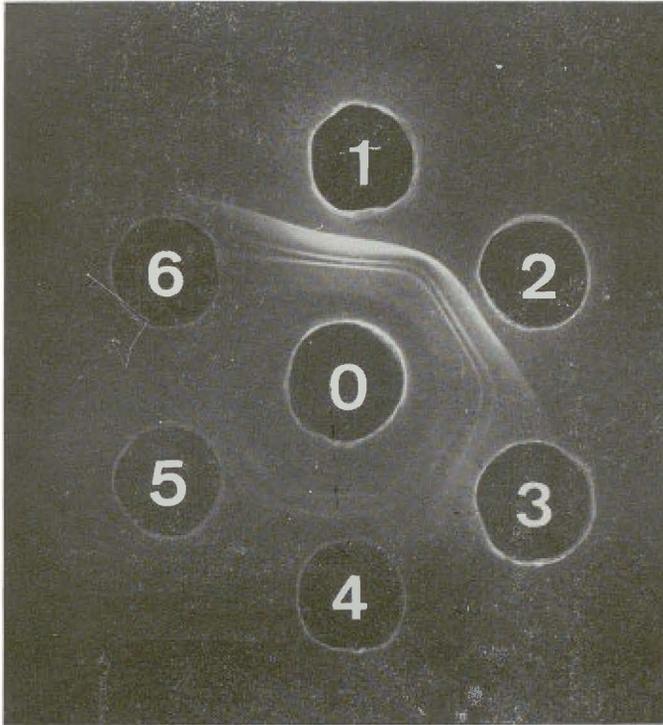


Fig. 2.—Microinmunodifusión de Ouchterlony para valoración del título de anticuerpos en el inmunosuero anti-*Rhizobium meliloti* 54-4. El diámetro de los pocillos era de 4 mm., y la separación 4 mm. El pocillo central (O) contenía el extracto celular a 11,5 mg. de peso seco/ml. y fracción extracelular difusible a 57,5 mg/ml. Los pocillos periféricos contenían diluciones del inmunosuero en suero fisiológico: 1) inmunosuero sin diluir; 2), 3), 4), 5) y 6) diluciones 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32, respectivamente.

presentes o presentes en bajísima concentración en los D. E. F. correspondientes. Para la obtención de estos claros resultados hubo de concentrarse C. E. hasta 34,5 mg/ml., mientras que también D. E. F. fue asimismo concentrado 3 veces más hasta un nivel de 172,5 mg/ml., y el inmunosuero permaneció al nivel normal.

Estos resultados nos llevaron a realizar todas las demás experiencias,

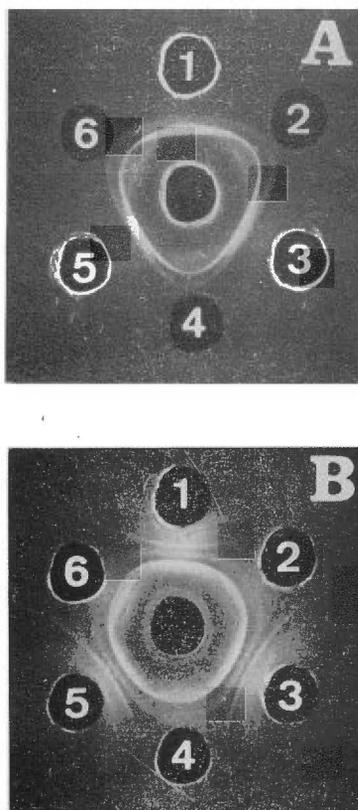


Fig. 3.—Comunidad antigénica de extractos celulares y fracción extracelular difusible de *Rhizobium meliloti* 54-4. A) Posiciones 1, 3 y 5: C. E. a 11,5 mg/ml.; posiciones 2, 4 y 6: E. D. F. a 57,5 mg/ml. Pocillo central: inmunosuero de conejo anti-*Rhizobium meliloti* 54-4 (x 1). B) Distribución similar, pero C. E. a 34,5 mg/ml. y E. D. F. a 172,5 mg/ml.

tanto de inmunodifusión como de inmunoelectroforesis, a 3 niveles distintos de concentraciones de C. E., D. E. F. y del inmunosuero.

Estas concentraciones fueron 3,8 (x 1/3), 11,5 (x 1) y 34,5 mg. de peso seco/ml. (x 3) para C. E.; 19,2 (x 1/3), 57,5 (x 1) y 172,5 mg/ml. (x 3) para D. E. F.; el inmunosuero fue asimismo probado una vez diluido 1/3 (x 1/3) a nivel normal (x 1), y concentrado 3 veces (x 3). Todas las posibles combinaciones con todas estas concentraciones fueron siempre ensayadas para la obtención de resultados definitivos.

En el sistema de 4 agujeros para inmunodifusión fueron comprobadas de nuevo las comunidades antigénicas existentes entre los C. E. y los E. D. F. Como puede verse en la figura 4 A, existen sustancias antigénicas presentes en los extractos celulares que no lo están en

sus correspondientes E. D. F. Sin embargo (fig. 4 B), no fueron encontradas éstas cuando C. E. o E. D. F. de las 4 cepas fueron comparadas entre sí.

Por inmunoelectroforesis fueron estudiados por separado el C. E. y la E. D. F. de cada cepa, siempre frente al inmunosuero anti-*Rhizobium meliloti* 54-4. El C. E. homólogo presentó 16 antígenos, cuyas movi- lidades electroforéticas relativas a la albúmina humana normal son las

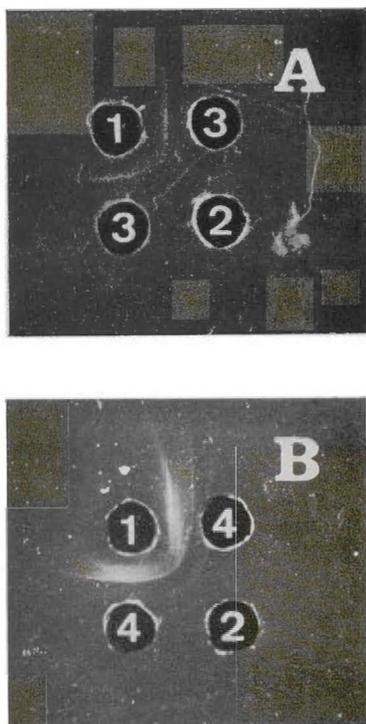


Fig. 4.—Prueba de inmunodifusión de 4 pocillos para probar la existencia de antígenos no comunes (A) y de antígenos comunes (B). 1: Inmunosuero anti-*Rhizobium meliloti* 54-4; 2: C. E. de *Rhizobium meliloti* 54-4; 3: E. D. F. de *Rhizobium meliloti* 54-4; 4: C. E. de *Rhizobium trifolii* WA 67.

que aparecen en la tabla I, expresadas en tanto por ciento. El E. D. F. correspondiente sólo presentó 10, 3 de los cuales no estuvieron presentes en el C. E., precisamente aquellos que son representados como 90a, 90b y 110a. Por su parte, las otras cepas presentaron también numerosas comunidades antigénicas, sobre todo en lo que se refiere a los C. E. (figura 5). Sorprendentemente la cepa de *Rhizobium trifolii* WA 67 fue más semejante a *Rhizobium meliloti* 54-4 que *Rhizobium meliloti* 242.

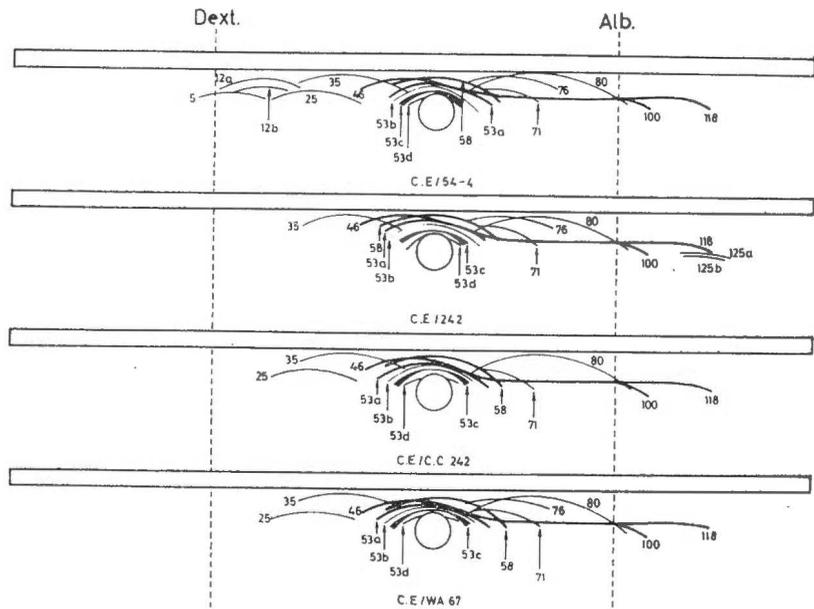


Fig. 5.—Modelos inmunolectroforéticos de C. E. de las 4 cepas de *Rhizobium*. Cada arco de precipitación está señalado con su movilidad electroforética relativa a la de la albúmina sérica humana y expresada en tanto por ciento.

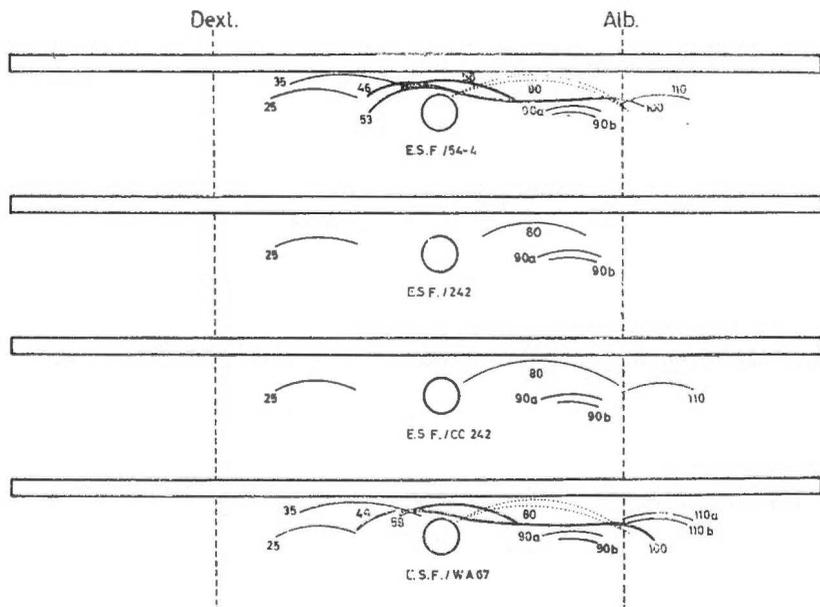


Fig. 6.—Modelos inmunolectroforéticos de E. S. F. (o E. D. F.) de las 4 cepas de *Rhizobium*. Cada banda de precipitación está señalada con su movilidad electroforética relativa a la de la albúmina sérica humana expresada en tanto por ciento.

En total fueron detectados 22 antígenos diferentes, 3 de ellos (110b, 125a y 125b) sólo lo fueron heterológicamente, lo que indica que existen en la cepa *Rhizobium meliloti* 54-4 a concentraciones suficientes para poder producir la respuesta inmunológica en conejos, pero insuficientes para ser luego revelados por las técnicas de inmunoprecipitación ensayadas.

Tres antígenos fueron exclusivamente revelados en el C. E. de la cepa 54-4 (5, 12a y 12b). Sin embargo, inmunosueros heterológicamente absorbidos por otras cepas de *Rhizobium meliloti* deben ser empleados antes de poder clasificar estos antígenos como específicos de la cepa 54-4.

TABLA I

Análisis inmunolectroforético de extractos celulares (C. E.) y fracciones extracelulares solubles o difusibles (E. S. F.) de *Rhizobium meliloti* 54-4 y 242 y de *Rhizobium trifolii* CC 242 y WA 67, contra inmunosuero anti-*Rhizobium meliloti* 54-4. Bandas de inmunoprecipitación detectadas en cada preparado.

Movilidad electrofo- rética (*)	<i>R. meliloti</i> 54-4		<i>R. meliloti</i> 242		<i>R. trifolii</i> CC 242		<i>R. trifolii</i> WA 67	
	C. E.	E. S. F.	C. E.	E. S. F.	C. E.	E. S. F.	C. E.	E. S. F.
5	×							
12 a	×							
12 b	×							
25	×	×		×	×	×	×	×
35	×	×	×		×		×	×
46	×	×	×		×		×	×
53 a	×	×	×		×		×	
53 b	×		×		×		×	
53 c	×		×		×		×	
53 d	×		×		×		×	
58	×	×	×		×		×	×
71	×		×		×		×	
76	×		×				×	
80	×	×	×	×	×	×	×	×
90 a		×		×		×		×
90 b		×		×		×		×
100	×	×	×		×		×	×
110 a		×				×		×
110 b								×
118	×		×		×		×	
125 a			×					
125 b			×					

* Relativa a la albúmina sérica humana a pH 8,6 tampón veronal-HCl, fuerza iónica 0,035, expresada en tanto por ciento.

Más significativas son, a nuestro juicio, las diferencias encontradas entre las E. D. F. de las 4 distintas cepas (fig. 6). Sin embargo, desgraciadamente ninguna correlación entre comunidad antigénica y especie pudo ser desarrollada. Ni los C. E. ni las E. D. F. de las 4 cepas, a partir de medio líquido, dieron significativas diferencias respecto a las E. D. F. provenientes del medio sólido con agar.

Sin embargo, fuerte pérdida de bandas de precipitación fue hallada cuando se trató de analizar el contenido antigénico de las cepas previamente sometidas a ultrasonación. La desaparición de las bandas próximas al pocillo inicial de la inmunolectroforesis fue realmente espectacular (fig. 7), comprobándose la no idoneidad de este tratamiento para el análisis antigénico de cepas de *Rhizobium*, según habían ya deducido

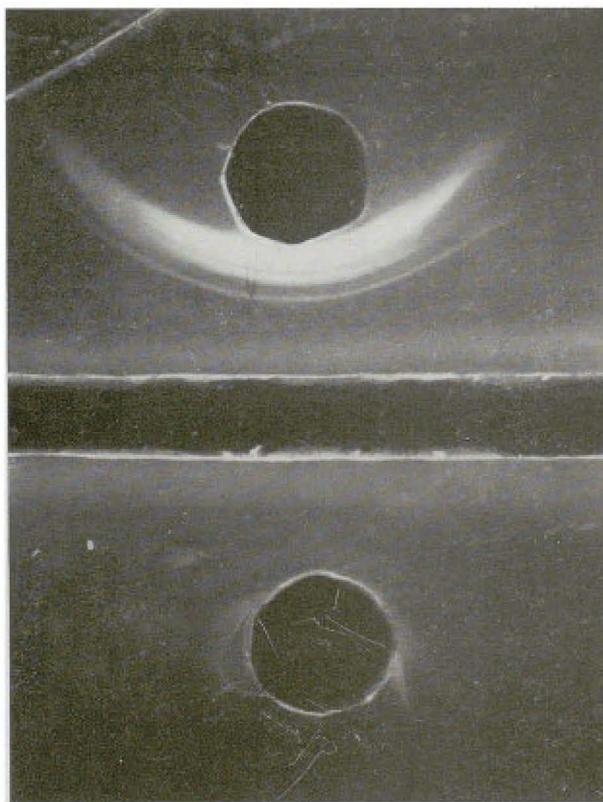


Fig. 7.—Efecto del tratamiento por ultrasonidos a 20 Kc/seg. durante diez minutos sobre la zona central del inmunolectroforeto-grama. Pocillo superior: extracto celular de *Rhizobium meliloti* 544 no ultrasonado. Pocillo inferior: el mismo producto ultrasonado. Canal intermedio: Inmunosuero anti-*Rhizobium meliloti* 544. El cátodo de la electroforesis está a la izquierda.

otros autores (Gibbins, 1967). El simple tratamiento por acetona a -20°C resulta mucho menos lesivo para la naturaleza protéica de los constituyentes del *Rhizobium* e inmunosueros a partir de estos extractos acetónicos, y no de productos ultrasonados, deben ser obtenidos.

AGRADECIMIENTO

A este trabajo contribuyó Penibérica, S. A. (Pamplona), mediante una ayuda a la investigación. Agradecemos al doctor A. H. Gibson (C. S. I. R. O., Canberra, Australia) el envío de cepas de *Rhizobium trifolii*, y al doctor G. Fraile (C. S. I. C., Madrid, España) la donación de cepas de *Rhizobium meliloti*.

RESUMEN

Se han cultivado en medio líquido y sólido dos cepas de *Rhizobium meliloti* (544 y 242) y otras dos de *Rhizobium trifolii* (CC 242 y WA 67), con el fin de obtener por separado extractos de células y antígenos extracelulares. Para la preparación de complejos antígenicos, tanto para inmunizar conejos como para ensayos, se empleó acetona a -20°C , evitando así la ultrasonación. Los análisis por inmunodifusión mostraron claramente diferencias antigénicas entre extractos celulares y las fracciones extracelulares difusibles de cada cepa y, sin embargo, no pudo conseguirse lo mismo entre los extractos celulares o las fracciones extracelulares difusibles de las distintas cepas. No obstante, por inmunoelectroforesis, si se pudieron detectar, sobre un total de 22, tres antígenos neutros de *Rhizobium meliloti* 544 que no se detectaron en ninguna otra cepa. El empleo de medio líquido no mostró diferencias con respecto al de medio geifificado. Sorprendentemente hubo mucha mayor comunidad antigénica entre las fracciones extracelulares difusibles y solubles de *Rhizobium meliloti* 544 y *Rhizobium trifolii* WA 67, que entre dos cepas de una misma especie. Las preparaciones que fueron sometidas a ultrasonación, presentaron una fuerte pérdida de antígenos precisamente aquellos cuyas bandas de precipitación aparecen en la zona central del inmunoelectroforetograma, lo cual demuestra las desventajas de este método para fines de análisis antigénicos.

Departamento de Microbiología
Universidad de Navarra

BIBLIOGRAFÍA

- ARCOS, J. M. et CHORDI, A. 1968. Separation électrophorétique de β -lactam-hydrolases de *Bacillus cereus*. Ann. Inst. Pasteur, Paris, 115, 1008-1017.
- ARCOS, J. M. y CHORDI, A. 1969. Immunology of *Bacillus cereus* β -lactamases. Microbiología Española. En prensa.
- DUDMAN, W. F. 1964. Immune diffusion analysis of the extracellular soluble antigens of two strains of *Rhizobium meliloti*. J. Bacteriol., 88, 782-794.
- GIBBINS, L. N. 1967. The preparation of antigens of *Rhizobium meliloti* by ultrasonic disruption: an anomaly. Can. J. Microb., 13, 1375-1378.
- SCHAEFFLER, J. G. y LOUW, H. A. 1966. The gel immune diffusion technique as a method for studying the antigenic relationships among rhizobia. S. African Med., J., 40, 701-707.

Recibido para publicación: 2-XII-68

DIFERENCIAS ENTRE GRAMINEAS (*HELICTOTRICHON* Y *KOELERIA*) PROCEDENTES DE SUELOS ACIDOS Y BASICOS

I. RELACIONES ENTRE LA COMPOSICION MINERAL DE LAS PLANTAS, LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS Y EL AÑO DE RECOLECCION

por

A. MARTIN y S. OLIVER

SUMMARY

DIFFERENCES AMONG GRAMINEAE (*HELICTOTRICHON* AND *KOELERIA*)
FROM ACID AND BASIC SOILS. I. RELATIONSHIPS BETWEEN THE
MINERAL COMPOSITION OF PLANTS, THE SOIL PROPERTIES
AND THE YEAR OF HARVEST

In this paper we study the mineral composition of four wild grass species from the Sierra of Guadarrama (Central Spain).

The elements analyzed were K, Na, Ca, Mg, P and N. The greatest concentration levels correspond to *Helictotrichon sulcatum* and *Koeleria vallesiana*, the lowest to *Koeleria caudata*, being intermediate the ones of *Helictotrichon bromides*.

The Ca uptake is related to the available Ca content of the soils of origin for the two genera.

The concentration levels of Mg and K show a tendency to increase with the available Mg and K contents of the culture soils for the genus *Helictotrichon*.

The concentration levels of K, Na and N are lower for the samples collected in 1967 than for the ones from 1966; the concentration levels of Mg and P have no relation to the year of harvest; the concentration levels of Ca being greater for the samples collected in 1967 than for the ones from 1966.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los cambios en las técnicas de explotación agrícola realizados en los últimos años, una fracción importante de la producción ganadera en España sigue obteniéndose en pastizales «naturales» que —si bien son susceptibles de mejoras— es probable que sigan conservando su carácter más o menos natural, especialmente en montaña. La

riqueza de especies de estos pastizales y la presencia de bastantes endemismos o de formas meridionales poco conocidas desde el punto de vista ecofisiológico aconsejan una investigación experimental de distintos aspectos, entre ellos la nutrición. Del mismo modo Davies (3) señala también el interés de estudiar desde distintos puntos de vista los ecotipos de gramíneas, sobre todo de los géneros: *Lolium*, *Dactylis*, *Phleum*, *Festuca*, *Phalaris* y *Helictotrichon*.

Algunos investigadores, en los últimos años, han publicado trabajos sobre la distribución de elementos minerales en diferentes especies de pratenses (Whitehead) (10).

Coppenet y Calvez (2) controlaron el pastoreo durante un año en 10 gramíneas, sembradas sobre el mismo suelo, guadañadas cada vez que finalizaba un período de pastoreo. En la materia seca de cada corte analizaron los contenidos de los elementos mayores, excepto el S y el Cl, y también el Cu y el Mn.

Los oligoelementos no mostraron mucha variación entre las especies. Para los elementos mayores encontraron que la variación específica más marcada ocurría con respecto al contenido de Na; que las diferencias de K entre estas especies no era grande y que el contenido de Ca de la *Festuca pratensis* era más alto que el del *Phleum pratense* y la *Festuca arundinacea*.

Sin embargo, con el P encontraron que contenían más el *Dactylis glomerata* y el *Lolium perenne* y menos el *Phleum pratense*, la *Festuca pratensis* y la *Festuca arundinacea*. En general, los ganaderos aceptan el pastoreo puro de gramíneas para el ganado joven por suministrar suficientes elementos minerales, excepto Na para las *Festucas* y el *Phleum*, en tanto que para las vacas de ordeño a menudo suministran insuficientes cantidades de N, P, Ca y Mg y siempre insuficiente Na total.

Fleming (4) ha aportado los resultados analíticos para 20 elementos nutrientes en diferentes partes, hoja, tallo y cabezas, de 5 especies de pratenses (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense* y *Trifolium pratense*). Estas 4 gramíneas comunes y el trébol fueron cultivados en idénticas condiciones, en un mismo suelo en parcelas en campo y cosechadas cuando habían salido las cabezas de floración.

La mayoría de estos trabajos, sin embargo, han sido llevados a cabo por técnicas de cultivo en macetas y no incluyen resultados analíticos de muchas especies. Así, Said (8) compara el contenido catiónico del *Dactylis glomerata* y *Lolium perenne* cultivados en las mismas condiciones en dos tipos de suelo y cosechados a las 4 semanas, observando que el primero posee más alto contenido de K y Mg y más bajo de Na y Ca que el segundo.

Una revisión de los trabajos realizados (5) por diversos investigadores de los Centros del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología

permite conocer las situaciones de deficiencias y desequilibrios de Ca, P, Mg y S que poseen los suelos españoles y que actúan como factores limitantes primarios, algunos de ellos, de la producción ganadera española. No se agotan con los elementos mayores citados los efectos limitantes del suelo; también los oligoelementos reconocidos Fe, Cu, Co, Zn, Mn y I, y tal vez el Mo y el Se, es muy posible que estén actuando en este sentido.

En cuanto a la revisión de trabajos que consideran los factores del suelo que determinan la utilización de los elementos minerales del mismo por las plantas, y que tendrían repercusión en los contenidos minerales de las especies, encontramos que, en general, los elementos mayores están menos influenciados que los oligoelementos por el tipo de suelo (10).

No obstante, Salonen y colaboradores (9) han mostrado que el pH del suelo parece tener un gran efecto sobre el contenido mineral del heno de *Phleum pratense* cosechado en varios distritos en el Oeste de Finlandia, ya que revelan que dentro del mismo intervalo de pH del suelo las diferencias de los contenidos minerales entre las regiones costeras y las otras son muy pequeñas.

En orden a determinar la relación entre el contenido mineral del heno de *Phleum pratense* y la acidez del suelo, dan los coeficientes de regresión y correlación entre estas dos variables, observándose que los contenidos de Ca y Mg son clara y significativamente dependientes del pH del suelo; para el P esta relación no es tan clara, y el S no mostraba dependencia alguna.

Posteriormente, John y colaboradores (6) investigaron los efectos de la serie del suelo, pH, textura y materia orgánica mediante estudios de correlación múltiple sobre las relaciones del contenido de P de la alfalfa y las cantidades de P asimilable, extraídas por 8 métodos, de una amplia variedad de suelos de campos de alfalfa cultivados en la Columbia Británica.

Ninguno de los métodos da correlaciones significativas con los suelos de los tipos Solonetz y Podzol, no pudiéndose explicar por la variación en pH, textura y materia orgánica, factores que afectaban significativamente a dicha relación en otras series de suelos; esto indica que existen otros factores tales como drenaje, fertilidad del subsuelo y varias condiciones físicas y químicas inherentes a muchas series de suelos, que también eran responsables de las relaciones encontradas.

Asimismo, Pack y Gómez (7) compararon por medio de análisis de correlación el contenido de P de hojas de alfalfa y algodón y el contenido de P (extraído por varios métodos) de los respectivos suelos en muestras correspondientes a una amplia variedad de suelos del estado de Nuevo Méjico; también compararon el N de la planta con el N total y materia orgánica del suelo, y el K de la planta con el K del suelo

soluble en CO₂. Encontraron correlaciones positivas y significativas en todas las comparaciones, excepto aquellas que afectan al N.

Finalmente, Baldovinos y Thomas (1) señalan que el contenido de arcilla está indicado como un factor de interés en el aprovechamiento del P del suelo, ya que las plantas toman más P a partir de suelos altos en arcilla que a partir de suelos arenosos con un nivel similar de P, en un estudio de absorción de P llevado a cabo con el *Phaseolus vulgaris*, utilizando tres tipos de suelo en macetas.

A parte de otras medidas, los conocimientos ya citados sobre la riqueza en elementos biogénicos del suelo y de los factores que determinan su utilización por las plantas, es necesario conocer la relación que existe entre dichos factores y los contenidos de elementos minerales de las distintas especies, para de esta forma utilizar una fertilización adecuada orientada a mejorar los rendimientos y la calidad de las cosechas para el ganado.

Este es el primero de una serie de trabajos en los que se va a estudiar las diferencias existentes entre cuatro especies silvestres de gramíneas, procedentes de la Sierra de Guadarrama, en lo referente a su nutrición mineral.

En este trabajo relacionaremos el contenido mineral de las plantas con las características de los suelos donde se han cultivado.

PARTE EXPERIMENTAL

En junio de 1965 se tomaron ejemplares de cuatro especies de plantas vivaces herbáceas en la Sierra de Guadarrama, dos pertenecientes al género *Helictotrichon* y dos al género *Koeleria*. En la tabla I se indican

TABLA I

*Localidades de procedencia de las diferentes especies vegetales**

Espe cie vegetal	Replicación	Localidad
<i>Helictotrichon bromoides</i> (L.) Hubbard ...	1	Guadalix.
	2	Cerceda.
<i>Helictotrichon sulcatum</i> (Gay) Henr.	1	Ventorrillo (bajo pinos).
	2	Ventorrillo (jaral).
<i>Koeleria caudata</i> (Link) Steudel	1	Ventorrillo (jaral).
	2	Ventorrillo (camino).
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honcken) Bert	1	Guadalix.
	2	Cerceda.

* Las tres primeras especies vegetales han sido conocidas anteriormente por los nombres de: *Avena bromoides* L., *Avena pratensis* L., ssp. *sulcata* (Gay) St. Yv., y *Koeleria splendens* A., *K. caudata*, Asch. et Gr., respectivamente.

las especies tomadas y los lugares de procedencia. Dentro de cada género, las especies procedían de dos tipos de suelo diferentes, uno ácido carente de carbonatos, formado sobre granito, clasificado texturalmente como franco arenoso y con contenido de cationes asimilables (K, Ca y Mg) dos o tres veces, respectivamente, más bajo que el otro tipo de suelo, texturalmente clasificado como franco limoso y franco arcilloso, según la localidad, rico en carbonatos y con pH básico, como puede apreciarse en las tablas II y III, donde se dan los análisis químicos de los suelos de procedencia y su análisis mecánico, respectivamente.

Las muestras recogidas se pusieron en macetas, con dos repeticiones para cada especie, en dos suelos diferentes: 1 y 2, con algunas características comunes (pH moderadamente básico, con ligeras cantidades de CO_3 , CEC y contenido de Ca asimilable muy semejantes y textura franco arenosa), según muestran las tablas IV y V, que dan el análisis químico y mecánico, respectivamente.

Las macetas se mantuvieron a la intemperie para que el desarrollo de las plantas fuese en condiciones ambientales lo más parecido posible al campo, a excepción de que se regaron en los períodos de sequía.

En el verano de 1966, cuando las plantas habían llegado a la época de madurez, se recolectó la parte aérea, separándose de ella las espigas. Esto mismo se volvió a repetir en el verano de 1967.

La parte aérea desprovista de las espigas se secó en la estufa a 80°C , y a continuación se molió en un molinillo «Culatti», utilizando un tamiz de 1 mm., guardándose las muestras molidas en frascos de vidrio bien cerrados.

Los análisis químicos de elementos minerales de estas muestras vegetales se dan en la tabla VI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta parte del trabajo se va a tratar de observar las diferencias existentes entre las cuatro especies vegetales, relacionando los contenidos de calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y nitrógeno de las plantas con las características del suelo, teniendo en cuenta el suelo de procedencia, el suelo de cultivo y el año en que se efectuó la recolección.

Calcio

En la figura 1 se representa el contenido de las plantas en función del contenido en calcio asimilable de los suelos donde se han cultivado. Como puede observarse, el contenido en calcio asimilable de estos suelos varía muy poco (380 — 530 mg/100 g. de suelo). Sin embargo, el con-

TABLA II

Análisis químico de los suelos de los que proceden las especies vegetales

Especie	Localidad	Replicación	pH agua	CO ₂ ^{org}	Mat. org.	C	N	K	Ca	Mg	C. E. C.
<i>H. bromoides</i>	Guadalix	1	7,72	58,40	4,72	2,74	0,258	36	450	69	23,38
	Cerceda	2	7,70	44,00	6,12	3,55	0,279	46	690	55	26,10
<i>H. sulcatum</i>	Ventorrillo	1	5,18	—	9,05	5,25	0,267	24	145	17	21,75
	Ventorrillo	2	5,64	—	5,62	3,26	0,205	28	80	10	18,85
<i>K. caudata</i>	Ventorrillo	1	5,86	—	6,78	3,93	0,297	18	140	12	22,84
	Ventorrillo	2	5,25	—	0,40	0,23	0,034	9	67	11	9,42
<i>K. vallesiana</i>	Guadalix	1	7,73	56,80	7,19	4,17	0,409	37	580	62	31,53
	Cerceda	2	7,72	56,00	5,08	2,95	0,260	46	730	43	26,10

TABLA III

Análisis mecánico de los suelos de los que proceden las especies vegetales

Especie	Localidad	Replicación	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Clase textural
			%				
<i>H. bromoides</i>	Guadalix	1	9,4	14,6	52,2	23,8	Franco limoso
	Cerceda	2	11,1	11,9	49,6	27,4	Franco arcilloso
<i>H. sulcatum</i>	Ventorrillo	1	38,0	21,9	23,1	17,0	Franco arenoso
	Ventorrillo	2	47,2	18,4	22,0	12,4	Franco arenoso
<i>K. caudata</i>	Ventorrillo	1	39,1	16,3	28,0	16,6	Franco arenoso
	Ventorrillo	2	45,3	18,1	19,5	17,1	Franco arenoso
<i>K. vallesiana</i>	Guadalix	1	9,9	15,2	56,5	18,4	Franco limoso
	Cerceda	2	10,5	12,1	49,6	27,8	Franco arcilloso

TABLA IV

Análisis químico de los suelos donde se han cultivado las diferentes especies vegetales

	Especie	Replicación	pH agua	CO ₃ ⁼⁼	Mat. org.	C	N	K	Ca	Mg	C. E. C.
				%				mg/100 g			me/100 g
Suelo 1	<i>H. bromoides</i>	1	7,33	—	2,62	1,52	0,136	22	400	15	18,85
		2	7,48	—	3,10	1,80	0,162	20	390	20	18,85
	<i>H. sulcatum</i>	1	7,43	—	2,86	1,66	0,134	18	380	14	19,94
		2	7,38	—	2,69	1,56	0,156	20	380	11	20,66
	<i>K. caudata</i>	1	7,35	trazas	2,97	1,72	0,143	17	370	12	19,21
		2	7,42	—	2,29	1,33	0,121	22	400	14	18,12
	<i>K. vallesiana</i>	1	7,48	trazas	2,62	1,52	0,132	20	410	19	17,76
		2	7,27	1,60	3,33	1,93	0,174	23	400	16	18,63
Suelo 2	<i>H. bromoides</i>	1	7,19	1,60	6,59	3,82	0,384	31	400	42	21,02
		2	7,17	2,56	6,72	3,90	0,411	33	410	42	21,75
	<i>H. sulcatum</i>	1	7,13	5,20	6,74	3,91	0,378	42	520	42	21,89
		2	7,14	6,00	7,05	4,09	0,384	43	530	40	21,75
	<i>K. caudata</i>	1	7,03	2,80	6,65	3,86	0,359	35	400	43	23,20
		2	6,81	trazas	7,05	4,09	0,443	46	500	40	22,47
	<i>K. vallesiana</i>	1	7,07	3,00	6,74	3,91	0,357	49	510	42	23,92
		2	7,12	3,60	6,59	3,82	0,352	34	420	46	21,39

T A B L A V

Análisis mecánico de los suelos donde se han cultivado las diferentes especies vegetales

	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Clase textural
Suelo 1	45,9	14,3	20,6	19,2	Franco arenoso
Suelo 2	49,4	15,2	24,1	11,3	Franco arenoso

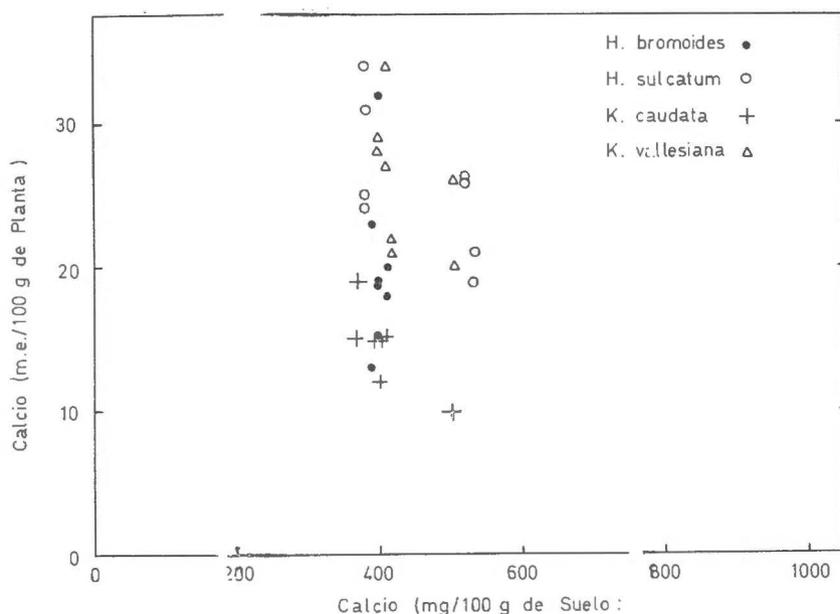


Fig. 1.—Relación entre el contenido en calcio de las plantas y el contenido en calcio asimilable de los suelos donde se han cultivado.

tenido en calcio de las plantas varía bastante (9,98 — 33,93 me/100 g. de planta).

Los intervalos del contenido de calcio de las diferentes especies son los siguientes:

K. caudata: 9,98-18,96 me/100 g.

K. vallesiana: 19,36-33,93 me/100 g.

H. bromoides: 12,97-31,94 me/100 g.

H. sulcatum: 18,96-33,93 me/100 g.

La *K. caudata*, que proviene de un suelo ácido, pobre en calcio asimilable (67 — 140 mg/100 g.), es la que menos calcio absorbe.

TABLA VI

Composición mineral de las muestras vegetales expresada en me/100 gramos de materia seca a 80° C

Especie	Replicación	Verano 1966							Verano 1967					
		K	Na	Ca	Mg	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	K	Na	Ca	Mg	NO ₃ ⁻	PO ₄ H ₂ ⁻	
		Suelo 1												
<i>H. bromoides</i>	1	31,97	3,48	18,96	7,40	115,65	9,04	49,36	0,87	31,94	9,87	109,94	4,84	
	2	31,97	4,35	12,97	4,93	148,49	8,72	37,85	1,30	22,95	10,69	109,94	6,78	
<i>H. sulcatum</i>	1	42,46	5,22	23,95	12,33	152,77	6,78	27,88	2,17	30,94	15,63	147,06	6,13	
	2	48,85	4,35	33,93	18,09	152,77	7,10	23,79	1,30	24,95	12,34	102,80	5,17	
<i>K. caudata</i>	1	31,97	3,91	14,97	6,58	79,95	6,46	31,71	0,87	18,96	7,40	121,36	6,13	
	2	50,90	3,48	14,97	5,76	83,52	5,17	25,83	0,87	14,97	5,76	76,38	5,49	
<i>K. vallesiana</i>	1	53,20	2,61	26,95	9,87	168,48	9,69	35,81	1,30	33,93	9,87	135,64	8,39	
	2	38,36	4,35	27,94	9,87	176,33	10,01	35,81	1,30	28,94	9,87	133,50	8,39	
Suelo 2														
<i>H. bromoides</i>	1	38,11	5,22	14,97	13,16	155,63	7,75	31,71	0,87	18,96	13,16	105,65	8,07	
	2	48,85	6,52	17,96	13,98	173,47	8,72	35,81	0,87	19,96	13,98	125,64	8,72	
<i>H. sulcatum</i>	1	61,64	2,61	25,95	19,74	190,61	8,39	27,88	0,43	25,95	15,63	112,08	10,98	
	2	63,68	2,61	18,96	16,45	79,95	11,30	31,71	0,43	20,96	14,80	125,64	11,30	
<i>K. caudata</i>	1	50,90	3,91	14,97	7,40	84,95	6,13	19,95	0,87	11,98	5,76	39,98	4,20	
	2	36,06	2,61	9,98	5,76	61,39	4,84	—	—	—	—	—	—	
<i>K. vallesiana</i>	1	53,20	2,61	25,95	16,45	154,20	7,75	25,83	0,43	19,96	13,16	102,80	9,04	
	2	48,85	4,78	20,96	13,16	172,76	10,65	23,79	0,87	21,96	10,69	108,51	14,85	

La *K. vallesiana*, procedente de un suelo básico, rico en calcio asimilable (580 — 730 mg/100 g.), absorbe mucho más calcio.

El *H. bromoides*, que proviene de un suelo básico, rico en calcio asimilable (450 — 690 mg/100 g.), absorbe poco calcio, relativamente.

El *H. sulcatum*, sin embargo, que proviene de un suelo ácido, pobre en calcio asimilable (80 — 145 mg/100 g.), absorbe mucho más calcio.

Como se puede observar, la absorción de calcio está directamente relacionada con el contenido de calcio asimilable de los suelos de origen para el género *Koeleria*, e inversamente para el género *Helictotrichon*.

Si observamos las cuatro especies conjuntamente, podremos ver que, generalmente, el contenido en calcio de las mismas es mayor en las muestras recogidas en 1967 que en las recogidas en 1966.

M a g n e s i o

En la figura 2 se representa el contenido en magnesio de las plantas en función del contenido en magnesio asimilable de los suelos donde se han cultivado. El contenido en magnesio asimilable de los suelos de cultivo varía bastante (11 — 46 mg/100 g. de suelo). El contenido en magnesio de las plantas no varía tanto como el de calcio (4,93 — 19,74 me/100 g. de planta).

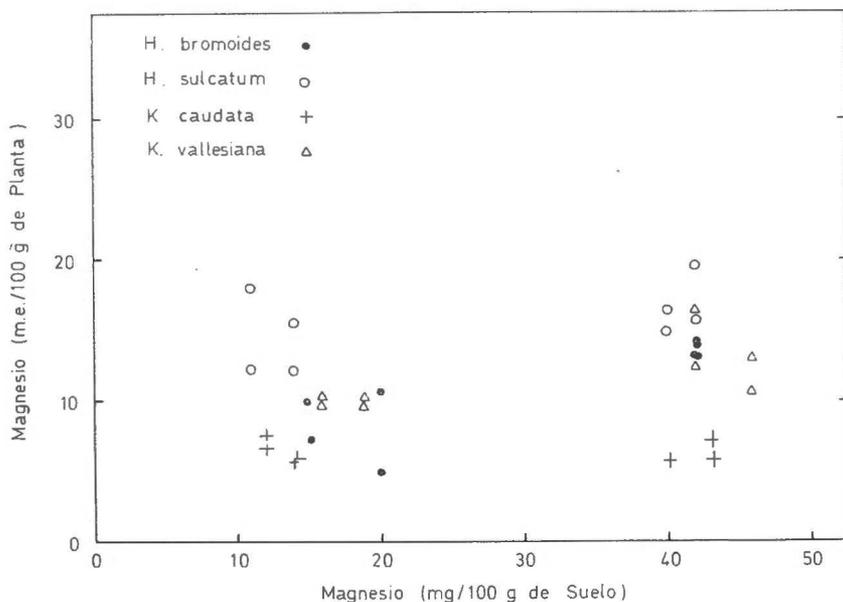


Fig. 2.—Relación entre el contenido en magnesio de las plantas y el contenido en magnesio asimilable de los suelos donde se han cultivado.

Los intervalos del contenido de magnesio de las diferentes especies son los siguientes:

<i>K. caudata</i> :	5,76- 7,40 me/100 g.
<i>K. vallesiana</i> :	9,87-16,45 me/100 g.
<i>H. bromoides</i> :	4,93-13,98 me/100 g.
<i>H. sulcatum</i> :	12,33-19,74 me/100 g.

La *K. caudata*, que proviene de un suelo ácido, pobre en magnesio asimilable (11 — 12 mg/100 g.), es la que menos magnesio absorbe, no variando dicha absorción con el tipo de suelo donde se ha cultivado.

La *K. vallesiana*, que proviene de un suelo básico, más rico en magnesio asimilable (43 — 62 mg/100 g.), absorbe más magnesio que la *K. caudata*, siendo dicha absorción directamente proporcional al contenido de magnesio asimilable del suelo de cultivo.

El *H. bromoides*, que proviene de un suelo básico, rico en magnesio asimilable (55 — 69 mg/100 g.), tiene una absorción similar a la de la *K. vallesiana*, siendo dicha absorción, asimismo, directamente proporcional al contenido de magnesio asimilable del suelo de cultivo.

El *H. sulcatum*, que proviene de un suelo ácido, pobre en magnesio asimilable (10 — 17 mg/100 g.), es la especie que mayor cantidad de magnesio absorbe, siendo dicha absorción ligeramente afectada por el tipo de suelo de cultivo.

Las especies que proceden de suelos básicos, ricos en magnesio asimilable, absorben cantidades muy similares de magnesio, siendo dichas cantidades directamente proporcionales al contenido de magnesio de los suelos de cultivo.

Sin embargo, las especies que proceden de suelos ácidos, pobres en magnesio asimilable, absorben cantidades muy desiguales, el *H. sulcatum* incluso mayores que las especies de los suelos básicos; la absorción de magnesio no varía o lo hace ligeramente con el tipo de suelo de cultivo.

Si observamos las cuatro especies conjuntamente, podremos ver que hay una gran disparidad, pues mientras algunas tienen más magnesio en 1966 que en 1967, con otras ocurre lo contrario y con unas terceras no hay variación con respecto al año de su recolección.

P o t a s i o

En la figura 3 se representa el contenido en potasio de las plantas en función del contenido en potasio asimilable de los suelos donde se han cultivado. El contenido en potasio asimilable de los suelos de cultivo varía bastante (17-49 mg/100 g. de suelo). El contenido en potasio de las plantas es el que más varía (19,95-63,68 me/100 g. de planta).

Los intervalos del contenido de potasio de las diferentes especies son los siguientes:

K. caudata: 19,95-50,90 me/100 g.

K. vallesiana: 23,79-53,20 me/100 g.

H. bromoides: 31,71-49,36 me/100 g.

H. sulcatum: 23,79-63,68 me/100 g.

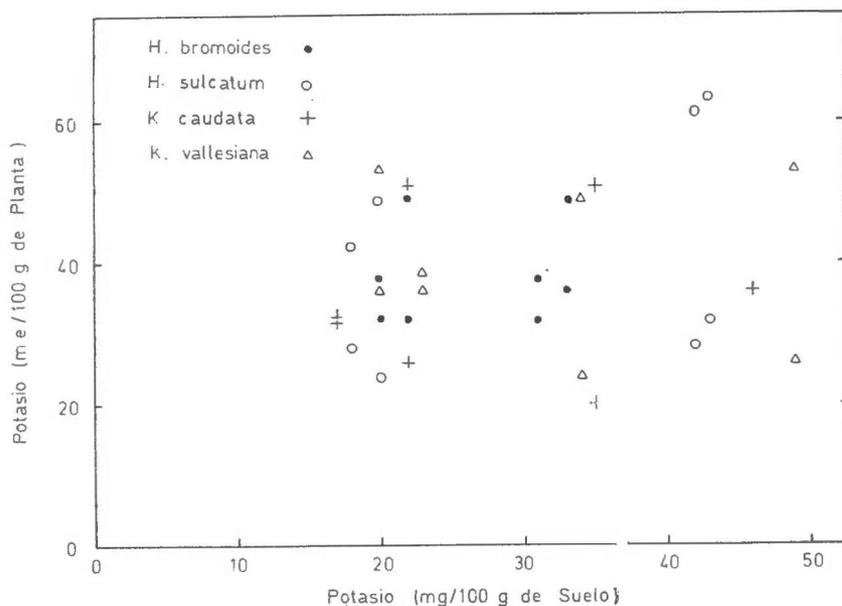


Fig. 3.—Relación entre el contenido en potasio de las plantas y el contenido en potasio asimilable de los suelos donde se han cultivado.

La *K. caudata*, que proviene de un suelo ácido, pobre en potasio asimilable (9-18 mg/100 g.), absorbe cantidades muy variables de potasio, no existiendo ninguna relación con el suelo de cultivo.

La *K. vallesiana*, que proviene de un suelo básico, más rico en potasio asimilable (37-46 mg/100 g.), absorbe también cantidades muy variables de potasio, no existiendo tampoco ninguna relación con el suelo de cultivo.

El *H. bromoides*, que proviene de un suelo básico con un contenido de potasio asimilable similar al de la *K. vallesiana* (36-46 mg/100 g.), absorbe cantidades de potasio que son menos variables que las demás, observándose una ligera tendencia a aumentar con el contenido de potasio asimilable del suelo de cultivo.

El *H. sulcatum*, que proviene de un suelo ácido con un contenido de potasio asimilable (24-28 mg/100 g.) mayor que el de la *K. caudata*, es.

prácticamente la que absorbe cantidades de potasio más variables, observándose también, como en el *H. bromoides*, una ligera tendencia a aumentar con el contenido de potasio asimilable del suelo de cultivo.

Por regla general, se observa que el contenido de potasio de las dos especies del género *Helictotrichon* muestra una ligera tendencia a aumentar con el contenido de potasio asimilable del suelo de cultivo, mientras que en las especies del género *Koeleria* no existe ninguna relación con este último.

Si observamos las cuatro especies conjuntamente podremos ver que, por regla general, el contenido en potasio de las mismas es menor en las muestras recogidas en 1967 que en las recogidas en 1966; ello puede ser debido a que el potasio asimilable del suelo ha disminuido con el tiempo, debido al lavado por el agua de lluvia o riego.

S o d i o

El contenido en sodio de las plantas oscila entre 0,43 y 6,52 me/100 g., siendo menor que el de los otros elementos (Ca, Mg y K).

Los intervalos del contenido de sodio de las diferentes especies son los siguientes:

<i>K. caudata</i> :	0,87-3,91 me/100 g.
<i>K. vallesiana</i> :	0,43-4,78 me/100 g.
<i>H. bromoides</i> :	0,87-6,52 me/100 g.
<i>H. sulcatum</i> :	0,43-5,22 me/100 g.

Si observamos las cuatro especies podremos ver que, sin ninguna excepción, el contenido en sodio de las mismas es menor en las muestras recogidas en 1967 que en las recogidas en 1966, de manera semejante a como ocurría con el potasio, probablemente debido a un lavado del suelo por acción de la lluvia o el riego.

En las muestras recogidas en 1966 los niveles de sodio son mayores en el *H. bromoides* y menores en la *K. caudata*, siendo intermedios y muy parecidos en el *H. sulcatum* y la *K. vallesiana*.

En las muestras recogidas en 1967 los niveles de sodio oscilan entre 0,43 y 1,30 me/100 g. para todas las muestras, con una única excepción: de 2,17 me/100 g. para una muestra de *H. sulcatum*.

Con respecto a los suelos donde se han cultivado las especies se puede observar que para las muestras tomadas en 1966 el *H. bromoides* toma más sodio del suelo 2 que del 1, el *H. sulcatum* más del 1 que del 2 y las *K. caudata* y *K. vallesiana* indistintamente. Para las muestras tomadas en 1967 las cuatro especies toman más del suelo 1 que del 2.

Fósforo

El contenido en fósforo de las plantas expresado en me de PO_4H_2^- por 100 g. oscila entre 4,20 y 14,85.

Los intervalos del contenido de fósforo de las diferentes especies son los siguientes:

<i>K. caudata</i> :	4,20- 6,46 me/100 g.
<i>K. vallesiana</i> :	7,75-14,85 me/100 g.
<i>H. bromoides</i> :	4,84- 9,04 me/100 g.
<i>H. sulcatum</i> :	5,17-11,30 me/100 g.

Se observa que, por regla general, para las plantas cultivadas en el suelo 1, su contenido en fósforo para las muestras del año 1966 es mayor que para las del 1967.

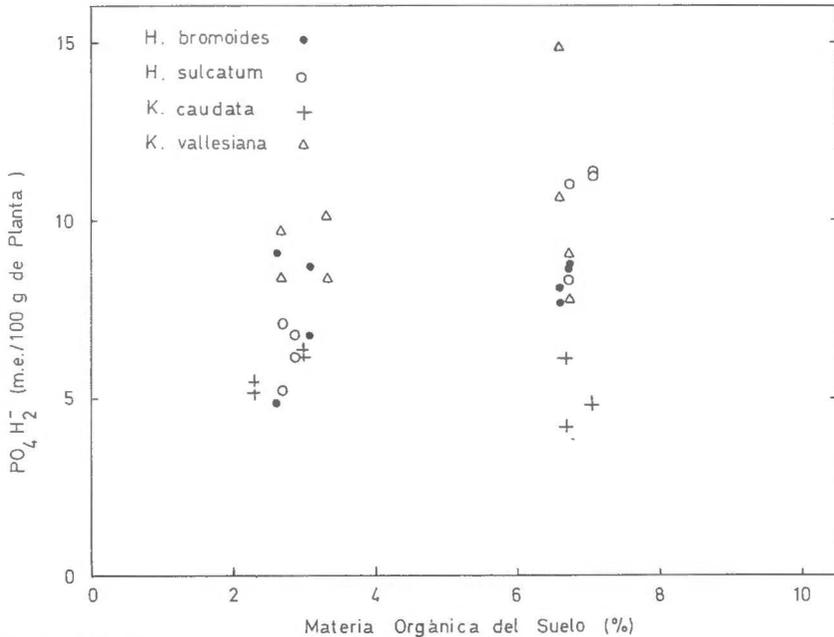


Fig. 4.—Relación entre el contenido en fósforo de las plantas y el contenido en materia orgánica de los suelos donde se han cultivado.

Sin embargo, para las plantas cultivadas en el suelo 2 el contenido en fósforo para las muestras del año 1966 es igual o menor que para las del 1967.

En la figura 4 se representa el contenido en fósforo de las plantas en función del contenido en materia orgánica de los suelos donde se han cultivado.

El contenido de materia orgánica del suelo de cultivo parece que no influye sobre el contenido de fósforo de las plantas, con la excepción de *H. sulcatum*, donde se ve que éste aumenta al aumentar aquél.

El intervalo de contenido en fósforo para las plantas cultivadas en el suelo 2 (4,20-14,85 me/100 g.) es más amplio que el de aquél para las plantas cultivadas en el suelo 1 (4,84-10,01 me/100 g.). El contenido de materia orgánica del suelo 2 (6,59-7,05 %) es mayor que el del suelo 1 (2,29-3,33 %).

Nitrógeno

El contenido en nitrógeno de las plantas, expresado en me. de NO_3^- , por 100 g., oscila entre 39,98 y 190,61.

Los intervalos del contenido de nitrógeno para las diferentes especies son los siguientes:

<i>K. caudata</i> :	39,98-121,36 me/100 g.
<i>K. vallesiana</i> :	102,80-176,33 me/100 g.
<i>H. bromoides</i> :	105,65-173,47 me/100 g.
<i>H. sulcatum</i> :	79,95-190,61 me/100 g.

La *K. caudata*, que proviene de un suelo ácido, cuyo contenido en nitrógeno oscila entre 0,034 y 0,297 %, es la que menos nitrógeno contiene.

La *K. vallesiana*, que proviene de un suelo básico, con un contenido en nitrógeno que oscila entre 0,260 y 0,409 %, contiene más que la *K. caudata*.

El *H. bromoides* proviene también de un suelo básico, cuyo contenido en nitrógeno oscila entre 0,258 y 0,279 %, siendo su nivel de nitrógeno similar al de la *K. vallesiana*.

El *H. sulcatum* proviene de un suelo ácido, con un contenido de nitrógeno de 0,205 a 0,267 %, siendo su nivel de nitrógeno similar al de la *K. vallesiana* y el *H. bromoides*.

Si observamos las cuatro especies, podremos ver que, al igual que ocurre con el potasio, por regla general, el contenido en nitrógeno de las mismas es menor en las muestras recogidas en 1967 que en las recogidas en 1966.

En la figura 5 se representa el contenido en nitrógeno de las plantas en función del contenido en nitrógeno de los suelos donde se han cultivado. El contenido en nitrógeno de los suelos de cultivo varía desde 0,121 a 0,443 %. Se puede observar que el tipo de suelo, en este caso, no influye en el contenido en nitrógeno de las plantas.

En la figura 6 se representa el contenido en nitrógeno de las plantas en función del contenido en materia orgánica de los suelos donde se han cultivado. El contenido en materia orgánica de los suelos de cultivo varía

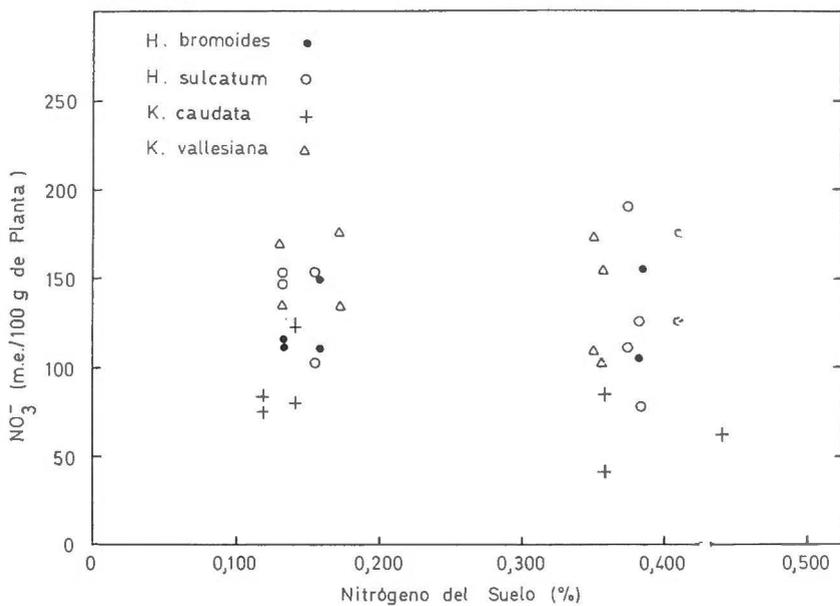


Fig. 5.- Relación entre el contenido en nitrógeno de las plantas y el contenido en nitrógeno de los suelos donde se han cultivado.

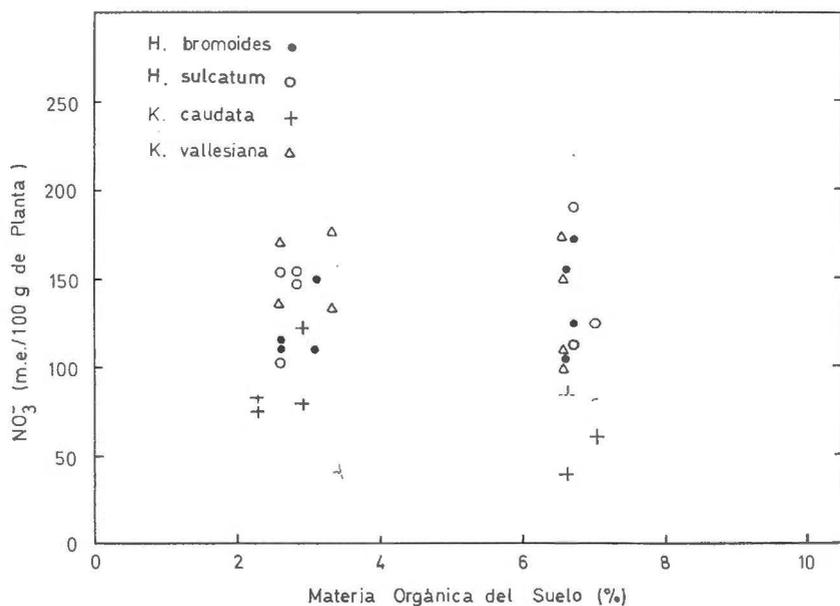


Fig. 6.—Relación entre el contenido en nitrógeno de las plantas y el contenido en materia orgánica de los suelos donde se han cultivado.

desde 2,29 a 7,05 %. Como puede observarse, el contenido de materia orgánica no influye en el contenido de nitrógeno de las plantas estudiadas.

Para las especies cultivadas en el suelo 1, con 2,29-3,33 % de materia orgánica, el contenido de nitrógeno varía de 76,38 a 176,33 me por 100 g.

Para las especies cultivadas en el suelo 2, con 6,59 — 7,05 % de materia orgánica, el contenido de nitrógeno va desde 39,98 a 190,61.

Como se ve, para el suelo 2, con mayor contenido de materia orgánica, existe una mayor variación en el contenido de nitrógeno para las cuatro especies vegetales que para el suelo 1, con menor contenido de materia orgánica.

Si comparamos los contenidos medios de los diversos elementos analizados para las cuatro especies diferentes, observaremos que el mayor nivel corresponde al contenido medio de potasio (35,33-40,99 me/100 g.), luego sigue el calcio (14,40-25,82 me/100 g.), a continuación el magnesio (6,35-15,63 me/100 g.), y, por último, el sodio (2,28-2,94 me/100 g.).

También podemos observar que los mayores niveles de K, Na, Ca y Mg corresponden generalmente al *H. sulcatum* y a la *K. vallesiana*, con sumas de cationes de 84,71 y 79,08 me/100 g., respectivamente. Los niveles correspondientes al *H. bromoides* son algo menores (suma de cationes = 71,87 me/100 g.). La *K. caudata* es la que tiene niveles más bajos, con una suma de cationes de 58,44 me/100 g.

En lo que respecta al nivel de NO_3^- , el orden es el siguiente: *K. vallesiana* (144,03 me/100 g.) > *H. sulcatum* (132,96) > *H. bromoides* (130,55) > *K. caudata* (78,22); para el PO_4H_2^- el orden es el mismo que para el NO_3^- , oscilando los valores entre 9,85 y 5,49 me/100 g.

Como se ve, al igual que con los cationes, la *K. caudata* tiene niveles bastante menores de aniones que las otras tres especies.

Agradecemos a los doctores P. Monserrat y F. González Bernáldez la ayuda prestada en la clasificación y recogida de muestras.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la composición mineral de cuatro especies de gramíneas de pastizales seminaturales, procedentes de la Sierra de Guadarrama, relacionándola con el suelo de procedencia, el suelo de cultivo y el año de recolección.

Los elementos tratados son K, Na, Ca, Mg, P y N, encontrándose que, por regla general, los niveles mayores corresponden al *Helictotrichon sulcatum* y a la *Koeleria vallesiana*, y los menores a la *Koeleria caudata*, siendo intermedios los del *Helictotrichon bromoides*.

La absorción de Ca está relacionada con el contenido de Ca asimilable de los suelos de origen para los dos géneros.

Los niveles de Mg y K muestran una tendencia a aumentar con el contenido de Mg y K asimilables de los suelos de cultivo para el género *Helictotrichon*.

Los contenidos de K, Na y N de las plantas son menores en las muestras recogidas en 1967 que en las de 1966, los de Mg y P presentan cambios inconsistentes con el año de recolección, mientras que los de Ca son mayores para las muestras recolectadas en 1967 que en las de 1966.

*Sección de Ecofisiología Vegetal.
Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BALDOVINOS, F. y THOMAS, G. W. 1967. The effect of soil clay content on phosphorus uptake. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 31, 680-682.
- (2) COPPENET, M. y CALVEZ, J. 1962. Variations de la composition minérale de dix variétés de graminées fourragères au cours d'une année d'exploitation au rythme pature. Annls. Agron., 13, 203-219.
- (3) DAVIES, W. 1966. The grasslands of Spain. Report to the Ministry of Agriculture, the C. S. I. C. and the British Council (Madrid, 24-VI-66).
- (4) FLEMING, G. A. 1963. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. J. Sci. Fd. Agric., 14, 203-208.
- (5) GONZÁLEZ GONZÁLEZ, G. 1967. El suelo y la ganadería. Anal. Edaf. Agrobiol., 26, 879-899.
- (6) JOHN, M. K., VAN RYSWYCK, A. L. y MASON, I. L. 1967. Effect of soil order, pH, texture and organic matter on the correlation between phosphorus in alfalfa and soil-test values. Can. J. Soil Sci., 47, 157-161.
- (7) PACK, M. R. y GÓMEZ, R. S. 1956. Correlation between plant analysis and soil tests in New Mexico. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20, 529-531.
- (8) SAID, I. M. 1959. Cation selectivity and cation-anion balance as factors governing the mineral composition of pasture herbage. Versl. Landbouwk. Onderz., Wageningen, núm. 65, 16.
- (9) SALONEN, M., KERÄNEN, T., TAINIO, A. y TÄHTINEN, H. 1962. Differences in mineral content of timothy hay as related to geographical region and soil type. Ann. Agric. Fenniae, 1, 226-232.
- (10) WHITEHEAD, D. C. 1966. Nutrient minerals in grassland herbage. «Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops», Hurley, Berkshire, Inglaterra.

Recibido para publicación: 5-XII-68

RELACIONES CUANTITATIVAS ENTRE LA ALTITUD, LA ACIDEZ Y LA MATERIA ORGANICA EN SUELOS CULTIVADOS

por

BENITO SANCHEZ

SUMMARY

QUANTITATIVE RELATIONS BETWEEN ALTITUDE, ACIDITY AND ORGANIC CONTENT IN ARABLE SOILS

Relationships between altitude —as climate variable—, pH and organic matter content of topsoils from NW. of Spain have been found to be highly significant.

In brown earths and alluvial meadow soils the organic matter contents are slightly more influenced by altitude than by pH. In rankers, the acidity is determinant factor ($R = 0,747$); whereas in lehms it is so the altitude ($r = 0,630$).

The correlation coefficients between C/N ratio and both variables are very significant in some soils, but those of determination are very low. Acidity always is the predominant variable.

El contenido orgánico de los suelos es función de factores edáficos, endógenos y exógenos, de cuyos valores depende la orientación del equilibrio acumulación-descomposición. Al ser esta última preponderantemente biológica, las condiciones de humedad y temperatura que permiten el mejor desarrollo y actividad de los microorganismos del suelo facilitarán la descomposición. Por otra parte, contribuyen a la acumulación, entre otras causas, la abundancia de raíces, el aporte de materiales carbonados, los períodos de inactividad biológica provocados por las heladas y la excesiva acidez del medio, con su normal acompañamiento de reducción de bases en el complejo de cambio.

Desde el trabajo de Dokuchaev (4), en el que establecía la dependencia del contenido orgánico de las condiciones climáticas en la zona de chernozem rusa, se ha estudiado la influencia de los factores hídricos y térmicos en diversas partes del mundo, bien considerando sus valores independientemente o por medio de factores que los engloban o matizan, como el de Lang, el de Meyer, los índices de humedad K y K_n , el «bio-

factor» de Kohnke, etc. (2, 3, 10). Muchos de estos trabajos señalan, además, la influencia del clima sobre otras propiedades edáficas.

Otras variables, como el contenido en nutrientes o la reacción del medio, son determinantes del desarrollo de los microorganismos. por lo que su efecto sobre las propiedades de los suelos que dependan de la actividad de aquéllos, se verá afectada en la medida en que se intensifique o se aminore la actividad de bacterias y hongos.

Por otra parte, es grande, también, la influencia del tipo de cubierta vegetal y la que provoca el cultivo en cuanto al contenido orgánico, por lo que las relaciones señaladas más arriba son más probables en los suelos de evolución natural que en los cultivados, lo que se refleja en la desproporción en el número de trabajos dedicados a cada grupo. Sin embargo, en algunos casos, pese a las modificaciones introducidas por las prácticas agrícolas, se puede observar la influencia global de las condiciones climáticas (6).

El contenido orgánico de los suelos de la zona en estudio es normalmente elevado, aun en los cultivados, y presenta bastante variación. En el estudio general de su fertilidad se ha señalado que los alejados del mar, que eran normalmente más elevados, contenían mayor proporción de materia orgánica, así como la menor acidez de las áreas bajas en relación a las montañosas (8). Las variaciones microclimáticas, provocadas por la accidentada orografía de la comarca, no pueden ser controladas y de las variables geográficas determinantes de los factores climáticos: Latitud, longitud, cercanía al mar, altitud, orientación y abrigo, en el área que comprende nuestro estudio presentan poca variación las dos primeras, está muy alterada la influencia marina y no se pueden determinar cuantitativamente las de las últimas: solamente la altitud ofrece valores controlables, bastante variados por otra parte.

Aun con la reserva de que las condiciones bioclimáticas no pueden ser representadas exclusivamente por este factor, se estudia aquí la influencia cuantitativa de la altitud y de la acidez sobre el contenido orgánico y la razón C/N de suelos cultivados, así como la acción de la variable climática sobre la acidez.

D A T O S

a) *Geográficos y climáticos*

El área de que proceden las muestras está situada al NO. de España y comprendida entre 41° 52' y 42° 51' de latitud N., y 4° 11' y 5° 12' de longitud O. Las tierras ascienden desde el nivel del mar hasta 1.100 metros de altitud.

Debido a la accidentada orografía, con montes de 600 m. de altitud a 5 km. del mar y valles a 30 km. de distancia con solo 40 m. de altitud,

aun dentro de un clima marcado por la suavidad que le imprimen las corrientes oceánicas cálidas que bañan su litoral, existen notables diferencias pese al área limitada a que corresponde el estudio. Los datos climáticos de la parte baja, en la costa, son los siguientes:

Precipitaciones: Anuales, máxima: 2.600 mm., mínima: 960 mm., media: 1650 mm.; mensuales medias, del mes más lluvioso: 223 mm. (enero), del mes más seco: 28 mm. (julio).

Temperaturas: Anuales, máxima: 41° C, mínima: -4° C, media: 14,6° C; mensuales medias, del mes más frío: 9,3° C (enero), del mes más cálido: 20,3° C (julio).

Indices: De Lang: 113,0; de Meyer: 569; de De Martone: 67; mensuales de Andrews: Enero, 11,6; junio, 2,1; julio, 0,9; agosto, 1,6; diciembre, 11,0 (Observatorio de Pontevedra) (7).

Dentro de la gran pluviosidad de la zona es de destacar la sequía estival que da matiz mediterráneo a su clima, más acentuado en la parte meridional.

b) *Cultivos*

El maíz ocupa la mayor parte de las tierras cultivadas, y le sigue en importancia la patata en primavera-verano. Prados y centeno son los cultivos predominantes en invierno.

c) *Suelos*

Las muestras, que se han dividido por su origen en cuatro grupos, agrupando los subtipos y aun tipos afines, corresponden a la capa arable de 614 suelos cultivados. Los valores medios de las variables consideradas, altitud, pH en agua, materia orgánica y razón C/N, así como sus desviaciones standard y sus porcentajes de variación, se dan en la tabla I. El pH se ha determinado potenciométricamente con electrodo de vidrio; la materia orgánica, por vía húmeda, según Walkley y Black, y el nitrógeno, según Bremner (8).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El elevado contenido orgánico de estos suelos concuerda con lo señalado por Kononova (4) acerca de la beneficiosa influencia que ejerce sobre la acumulación la alternancia periódica de condiciones bioclimáticas favorables con otras en las que la actividad biológica se encuentra aminorada o en suspenso. Por otra parte, en trabajo anterior (7) habíamos señalado la relación existente, para algunas de sus variables, entre los suelos naturales de ladera, más ácidos y más orgánicos, con los

TABLA I

Valores medios, desviaciones standard y coeficientes de variación de la altitud, pH, materia orgánica y razón C/N de las muestras

	Número de muestras	A l t i t u d			pH			Materia orgánica			Razón C/N		
		\bar{x} metros	s	C%	\bar{x}	s	C%	\bar{x} %	s	C%	\bar{x}	s	C%
Ranker	86	356	210	59	5,05	0,37	7	9,09	4,01	44	13,8	1,8	13
Tierras pardas	440	211	203	96	5,39	0,57	11	7,64	3,16	41	13,6	1,7	13
Lehms	34	425	121	29	5,32	0,46	9	6,79	1,99	29	12,7	3,0	23
Vegas	45	81	114	141	5,34	0,34	6	6,57	2,15	33	12,9	1,4	11
Conjunto	614	236	212	90	5,33	0,54	10	7,73	3,23	42	13,5	1,8	13

TABLA II

Ecuaciones de regresión en las que la altitud es la variable independiente.

Conjunto... ..	pH = 5,66 — 0,14 x (1) r = — 0,55 *** s = 0,45	m. o. % = 5,94 + 0,76 x r = 0,50 *** s = 2,79	razón C/N = 13,2 + 0,15 x r = 0,179 *** s = 1,8
Ranker	pH = 5,36 — 0,09 x r = — 0,49 *** s = 0,33	m. o. % = 5,99 + 0,87 x r = 0,46 *** s = 4,01	N. S.
Tierras pardas	pH = 5,73 — 0,16 x r = — 0,57 *** s = 0,47	m. o. % = 5,91 + 0,82 x r = 0,53 *** s = 2,69	razón C/N = 13,1 + 0,19 x r = 0,227 *** s = 1,7
Lehms	pH = 6,34 — 0,24 x r = — 0,63 *** s = 0,36	m. o. % = 2,41 + 1,03 x r = 0,63 *** s = 1,57	N. S.
Vegas... ..	pH = 5,40 — 0,12 x r = — 0,42 ** s = 0,31	m. o. % = 5,93 + 0,97 x r = 0,42 ** s = 1,97	N. S.

(1) x = altura en m. 10⁻²; *** altamente significativo (0,1 %); ** muy significativo (1 %).

suelos cultivados de los valles, lo cual permitía suponer que pese a las modificaciones introducidas por la agricultura tradicional, todavía se mantiene en los suelos un cierto predominio de los factores formadores naturales. Los efectos debidos a la explotación agrícola, que suponen una disminución del contenido en carbono y aún mayor en nitrógeno, son debidas probablemente al cultivo intensivo del maíz y a la escasa siembra de leguminosas (1, 9). Al ser bastante uniforme la agricultura de la comarca las relaciones entre los factores formadores y las propiedades de los suelos se deben mantener, aunque aminoradas.

Las relaciones cuantitativas entre las variables se han determinado tanto para el conjunto de muestras como para cada uno de los tipos de suelos predominantes, agrupados por su origen y características. Como se señaló, cada grupo está integrado por subtipos, en algunos casos bastante diferenciados, y aun por tipos afines, por lo que existe bastante variación en los valores de sus propiedades edáficas. Los rankers se diferencian sensiblemente de los demás en todas las variables consideradas, salvo en la razón C/N en relación a las tierras pardas; varían mucho en contenido orgánico y altitud, y menos en razón C/N y acidez. Las tierras pardas son, aún, más variables en altitud, y del mismo orden que los rankers en cuanto a su contenido orgánico, pH y razón C/N; en esta última y en la altitud se diferencian significativamente de los lehms y las vegas, pero no sucede lo mismo en cuanto a la acidez y el contenido orgánico. En los lehms es menor la variabilidad en el contenido orgánico y la altitud, y aumenta para la razón C/N; sus valores sólo se diferencian significativamente de los correspondientes a las vegas en cuanto a la altitud. Los suelos de vega, en los que es muy grande la variación de este factor, es en los que mayor modificación ha introducido la acción humana.

a) *Influencia de la altitud*

Al considerar la altitud como variable independiente, las correlaciones resultan altamente significativas para el conjunto de suelos, positiva en el caso de la materia orgánica y negativa en el pH, con reducciones de la variación del 25 y 30 por 100, respectivamente, las cuales, aunque no muy altas, son buenas dadas las limitaciones de la variable independiente y tratándose, además, de suelos cultivados. Para la razón C/N se produce un aumento con la altitud que es significativo, pero la reducción de variabilidad probable resulta muy baja (tabla II).

Al agrupar los suelos por tipos nos encontramos que para la materia orgánica existe notable influencia en los lehms (39 %), siendo del 28 por 100 para las tierras pardas, del 21 por 100 para los rankers y, aun con correlación muy significativa, es baja en los de vega. Las ecuaciones de regresión que resultan tienen pendientes sensiblemente iguales, seña-

lando el efecto uniforme de la variable sobre todos ellos, por lo que hemos tomado para la representación la correspondiente al conjunto de suelos (figura 1).

En cuanto a la acidez, por otra parte, también es en las vegas en donde menos significación presenta la correlación con la altitud, $r = -0,417$, siendo en las tierras pardas, y sobre todo en los lehms, donde es más acusada la relación existente entre estas variables. La probabilidad de diferencias en la influencia de la altitud en la acidez, según los tipos de suelos, es mayor que en el caso del contenido orgánico, aunque su significación es baja (fig. 1).

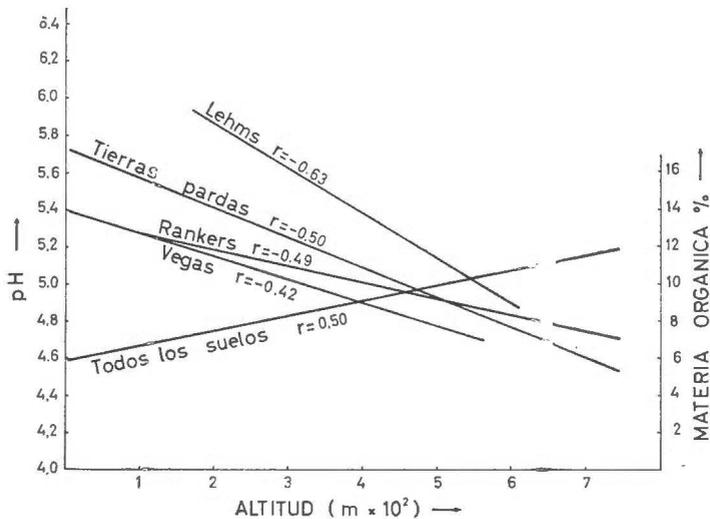


Fig. 1.—Relaciones entre la materia orgánica (todos los suelos) y el pH con la altitud.

En cuanto a la razón C/N la correlación sólo es significativa para las tierras pardas, con débil disminución de variación, como se señaló para el conjunto de los suelos, aunque en todos los casos se manifiesta la tendencia a aumentar el valor de la relación con la altitud.

b) *Influencia de la acidez*

La humificación conduce normalmente a la acidificación, y al igual que Puri (5), habíamos encontrado, en suelos naturales de esta zona, acumulación orgánica en los horizontes superiores más ácidos (7). Esto se mantiene de manera similar en los agrícolas (8), los cuales presentan mayor contenido orgánico con menor pH en la capa arable que en el horizonte inmediato.

TABLA III

Ecuaciones de regresión en las que el pH es la variable independiente.

Conjunto... ..	m. o. % = 23,67 — 2,99 x (1)	razón C/N = 17,6 — 0,77 x
	$r = -0,50$ *** $s = 2,80$	$r = -0,230$ *** $s = 1,8$
Ranker	m. o. % = 223,77 — 77,72 x + 6,94 x^2	razón C/N = 21,1 — 1,44 x
	$R = 0,747$ *** $s = 2,70$	$r = -0,305$ ** $s = 1,7$
Tierra parda... ..	m. o. % = 22,57 — 2,77 x	razón C/N = 17,9 — 0,80 x
	$r = -0,50$ *** $s = 2,74$	$r = -0,268$ *** $s = 1,6$
Lehm... ..	m. o. % = 17,86 — 2,08 x	N. S.
	$r = -0,48$ ** $s = 1,77$	

(1) x = pH en agua.

Los coeficientes de correlación entre la acidez y la materia orgánica son altamente significativos para las tierras pardas ($r = -0,500$) y los rankers, en los que es más acusada la interdependencia entre ambas variables, con reducción de la variación en un 45 por 100. Es muy significativo en los lehms, y la probabilidad de significación muy baja en los de vega.

La introducción del término cuadrático en la regresión no aumenta eficazmente el coeficiente de determinación salvo para los rankers ($R = 0,747$). Por otra parte, se ha encontrado que las correlaciones entre el contenido orgánico y el pH o su cuadrado son del mismo orden de probabilidad.

Las ecuaciones de regresión (tabla III) nos indican el efecto general de disminución del contenido orgánico al disminuir la acidez, y son sensiblemente iguales en los lehms y tierras pardas, aunque señalan el menor contenido orgánico de las primeras (figura 2).

El pH y la razón C/N también están correlacionados negativamente, con alta significación en el caso de las tierras pardas y de los rankers, aunque los coeficientes de determinación resultantes son muy bajos. Los coeficientes de correlación entre estas variables no presentan probabilidad de significación aceptable para lehms y vegas.

c) Interacción

Los efectos de la altitud y la acidez, independientemente, sobre las variables orgánicas son de orden bastante similar. Sin embargo, estas variables son interdependientes, por lo cual el estudio de su acción conjunta nos permite determinar la influencia relativa debida a cada una de ellas, y si en la regresión en que intervienen ambas aumentan los coeficientes de estimación.

Del examen de los coeficientes de regresión parcial standard (b'), se deduce que para el conjunto de la comarca los efectos de ambas variables son de orden similar, en cuanto al contenido orgánico, aunque el aumento de significación es pequeño (32 %) (tabla IV). En los rankers.

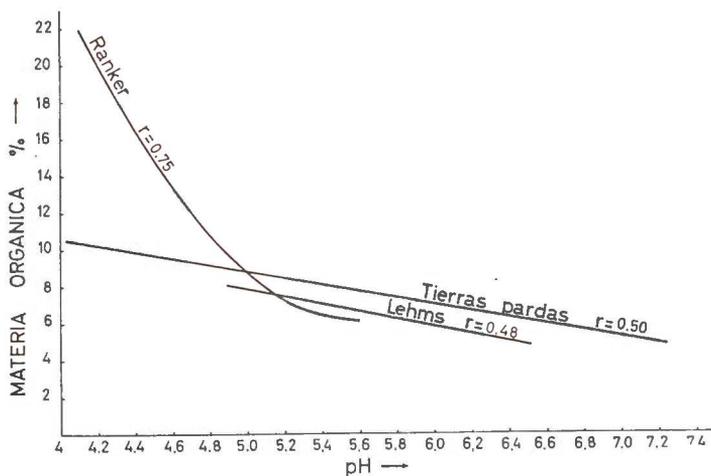


Fig. 2.—Relaciones entre la materia orgánica y la acidez.

es la acidez la variable dominante sobre el contenido orgánico, hasta tal punto que tiene mayor significación la ecuación cuadrática señalada antes (tabla III), que aquella en la que interviene junto con el pH la altitud. Por el contrario, para los lehms, son las variaciones que introduce la altitud las que mayor influencia ejercen, por lo que la introducción de la acidez en la regresión no mejora la significación de ésta

TABLA IV

Coeficientes de regresión parcial standard (b').

	Contenido orgánico		Razón C/N	
	Acidez	Altura	Acidez	Altura
Conjunto...	-0,319	0,327	-0,189	0,075
Ranker ...	-0,590	0,169	-0,303	0,262
Tierras pardas ...	-0,297	0,360	-0,204	0,113
Lehms...	-0,147	0,535	—	—
Vegas...	0,425	0,597	—	—

Sin embargo, para las tierras pardas, que son los suelos más abundantes en este estudio, la influencia de ambas variables está bastante

equilibrada, así como en los suelos de vega (tabla V). Damos en la figura 3 la representación gráfica de la primera de ellas.

En cuanto a la influencia conjunta sobre la razón C/N no aumentan, prácticamente, los coeficientes de estimación en ningún caso, manteniéndose la acidez más efectiva que la altitud en la modificación de los valores de la relación C/N de los suelos, tanto en las tierras pardas como en los rankers (tabla IV), sin que sea significativa, como era de suponer, para las vegas y los lehms.

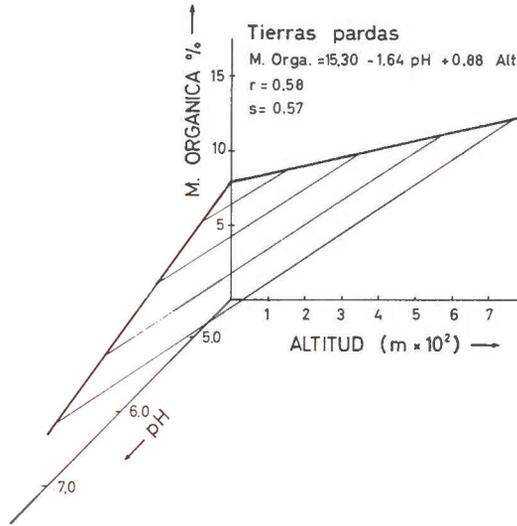


Fig. 3.—Regresión múltiple de la materia orgánica con el pH y la altitud.

En esta zona es elevada la precipitación anual y bastante homogénea la distribución estacional de las lluvias, por lo que las variaciones originadas por la altitud deben ser atribuidas a la variable térmica del clima; las zonas elevadas tienen valores termométricos más extremados, sobre todo en las mínimas invernales.

Los resultados para el conjunto de la zona se corresponden con los deducidos para las tierras pardas, dado que a éstas pertenecen la mayor parte de las muestras (71 %) y sus propiedades son intermedias entre los otros tipos predominantes. Para ellas existe efecto normal de aumento de acidez y acumulación de materia orgánica cuando disminuye la temperatura, a la vez que la acidificación contribuye a la acumulación orgánica con mayor contenido en C y mayor razón C/N. En estos suelos se confirma que es bastante grande todavía la influencia de los factores naturales en sus propiedades.

En los rankers, aún menos alterados por el cultivo, se manifiesta un menor carácter zonal, pues el clima, al menos en su aspecto térmico, parece no tener influencia directa sobre el contenido orgánico, como se

deduce de las ecuaciones de regresión estudiadas. En ellos es fuerte la acumulación orgánica al disminuir el pH y pequeño el aumento de la relación C/N.

Los lehms, por el contrario, presentan fuerte carácter zonal, debido probablemente al relativamente elevado contenido en nutrientes de sus rocas formadoras, que aminoran los efectos del aumento de acidez. En estos suelos aumenta el contenido orgánico al aumentar la altitud, no mejorando la introducción del pH la significación de la regresión. Por el mismo motivo, estimulado acaso por un mayor influjo del cultivo, parece ser que la humificación no se aminora en la misma medida que la destrucción orgánica, pues la razón C/N no guarda relación con las variaciones de altitud o acidez.

TABLA V

Ecuaciones de regresión múltiple.

Ranker	No aumenta determinación	razón C/N = 20,95 - 1,43 x + 0,02 y
		R = 0,304 ** s = 1,70
Tierras pardas	m. o. % = 15,30 - 1,64 x (1) + 0,56 y (2)	razón C/N = 16,68 - 0,61 x + 0,10 y
	R = 0,582 *** s = 2,56	R = 0,284 ** s = 1,64
Vegas	m. o. % = - 8,65 + 2,68 x + 1,12 y	
	R = 0,571 *** s = 1,80	N. S.
Conjunto	m. o. % = 16,73 - 1,91 x + 0,50 y	razón C/N = 16,77 - 0,64 x + 0,06 y
	R = 0,568 *** s = 2,66	R = 0,230 ** s = 1,76

(1) pH.

(2) Altitud ($m \times 10^{-2}$)

En los suelos de vega, que son los más alterados por la acción del hombre y los más misceláneos por su origen, también aumentan la acidez y el contenido orgánico al disminuir la temperatura. Nos encontramos en estos suelos que la acidez, de por sí, no guarda relación con

el contenido orgánico. Sin embargo, asociada a la altura aumenta significativamente, aunque poco, el coeficiente de determinación de la regresión. Las variaciones de la razón C/N de estos suelos resultan independientes de las dos variables consideradas.

Las relaciones que se han determinado entre la acidez y la materia orgánica, influenciadas por la localización de los suelos, son de la mayor importancia en el estudio de la evolución del terreno con los tratamientos racionales de explotación agrícola y pueden suponer limitaciones en la elevación del pH, y, por tanto, en los cultivos a sembrar, si el aporte previsto de materiales carbonados no compensa en gran medida las pérdidas en materia orgánica que el mejoramiento de las biocondiciones del medio lleva implícitas

RESUMEN

Las relaciones entre la altitud —como factor climático—, la acidez y el contenido en materia orgánica se han encontrado altamente significativas en la capa arable de suelos cultivados del NO. de España.

En tierras pardas y suelos de vega la altitud influye algo más que el pH en el contenido orgánico; en los rankers predomina la influencia del pH ($R = 0,747$) y en los lehms, por el contrario, la altitud ($r = 0,630$).

La relación C/N es afectada en menor grado por las variables consideradas, según los coeficientes de determinación que se han deducido, predominando siempre el efecto del pH.

Misión Biológica de Galicia. (Pontevedra).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GUPTA, U. C. y RENSZER, H. N. 1967. Effect of plant species on the amino-acid content and nitrification of soil organic matter. *Soil Sci.*, 104, 395-400.
- (2) JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- (3) KOHNKE, H., STUFF, R. G. y MILLER, P. A. 1968. Quantitative relations between climate and soil formation. *Z. Pflernähr. Bodenk.*, 119, 24-33.
- (4) KONONOVA, M. M. 1961. Soil organic matter. Pergamon Press. New York.
- (5) PEARSALL, W. H. 1952. The pH of natural soils and its ecological significance. *J. Soil Sci.*, 3, 41-51.
- (6) RAYCHANDHURI, S. P. y ROSHA, N. S. 1961. Studies on the nitrogen and carbon status of some Indian soils under semi-humid and humid conditions. *Proc. Nat. Acad. Sci. Ind'ia*, 31 A, 165-176.
- (7) SÁNCHEZ, B. y DIOS, R. 1964. Estudio químico de suelos naturales y agrícolas gallegos y de las relaciones entre su contenido en nutrientes. I. *An. Edafol. Agrobiol.*, 23, 371-396.
- (8) SÁNCHEZ, B., GARCÍA, A. y DIOS, G. 1967. Fertilidad de los suelos de cultivo de Pontevedra: Estudio inicial. *An. Edafol. Agrobiol.*, 26, 395-420.
- (9) VAN BABEL, C. H. M. y SCHALLER, F. W. 1950. Soil aggregation, organic matter, and yields in a long-time experiment as affected by crop management. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 15, 399-405.
- (10) VOLOBUEV, V. R. 1964. Ecology of soils. Transl. by A. Gourevich. Israel program of scientific translations. Jerusalem.

SUELOS ROJOS MEDITERRANEOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA (*)

I. MACROMORFOLOGIA, CARACTERISTICAS ANALITICAS GENERALES Y ESTUDIO QUIMICO

por

L. J. ALIAS y A. PEREZ PUJALTE

SUMMARY

RED MEDITERRANEAN SOILS FROM THE PROVINCE OF GRANADA (SE. SPAIN)

The authors study six profiles representative of the red mediterranean soils from the province of Granada (S. E. Spain). The profiles are of the *A-B-C* or *A-B-R* type. The *Ap* horizons are largely decarbonated and have about 2 per 100 organic matter content and 2,15 to 3,40 per 100 free Fe_2O_3 , with a free Fe: total Fe ratio of 0,34 to 0,50 and a colour with hue 5YR to 2,5YR; as a consequence of the high clay content, they show a granular to blocky structure. The best developed *B* horizons are more strongly decarbonated, have 3,15 to 5,75 per 100 free Fe_2O_3 , with a free Fe: total Fe of 0,42 to 0,70, and a colour with hue up to 10R; very heavy in texture, they show very well developed clay-skins, and a blocky, sometimes prismatic, structure with some vertic characteristics. Occasionally, the transitional *B* horizons have a small CaCO_3 accumulation.

The mechanical analysis results, particularly the fine clay: total clay ratio, as well as the values of the $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ molecular ratios, clearly reveal the clay illuvation to be a generalised pedogenetic process, leading to the formation of argillic *B* horizons.

The values of the $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ ratios of the clay fraction of the *Ap* and *B* horizons are very closed to those of the parent material for profiles showing an autochthonous nature, while they are considerably lower in the *Ap* and *B* horizons of allochthonous profiles as compared with the subsoil lithologic material.

Mientras que el término «terra rossa» parece haber recibido un carácter oficial desde que fue utilizado por Zippe, en 1953, para designar algunos suelos rojos, el origen del término «suelo rojo mediterráneo» es bastante oscuro, aunque, como indica Mancini (1966), en la leyenda del mapa de suelos de Europa a escala 1 : 2.500.000, editado por

(*) Trabajo realizado en parte con ayuda para el fomento de la investigación en la Universidad.

Stremme en 1937, figura como tipo principal en la sección de suelos de bosque seco la denominación «suelos de bosque seco mediterráneo», con perfil A-B-C, en el que el horizonte B presenta un color frecuentemente rojizo o pardo rojizo.

Por la expresión «suelos rojos mediterráneos» (Durand, 1959) los edafólogos suelen designar suelos de color rojo que se encuentran frecuentemente en las regiones que bordean al Mediterráneo. Lo más frecuente es que estos suelos descansen sobre calizas masivas duras o dolomías, pero pueden encontrarse sobre areniscas calizas blandas, tales como las molasas. Dicho autor limita la utilización del término «terra rossa», en el sentido de que designa como tales únicamente a los suelos de color rojo que se encuentran en las cavidades de calizas o dolomías de las regiones con paisaje cárstico, criterio que los autores han seguido en la confección del mapa de suelos de la provincia de Granada y en el presente trabajo. Los suelos que denominamos «terra rossa» se presentan en la provincia de Granada, en sierras calizas, bajo la forma de perfiles A-B-R o como relictos B-R de perfiles erosionados, como ya ha señalado Alías (1963), y que están siendo objeto de estudio químico y mineralógico detallado por parte de Nieto Cerezuela. Como suelos rojos mediterráneos designamos a los suelos rojos de perfil Ap-B-R formados a partir de conglomerados calcáreos-silíceos, así como los existentes en cierta extensión sobre rocas calizas o calizas pulverulentas, resultantes estos últimos probablemente de la evolución de sedimentos de «terra rossa» depositados en llanuras próximas a sierras de naturaleza caliza.

Es cierto, como señala Mancini (1966), que no resulta adecuada la utilización del término «mediterráneo», ya que con él se designa tan sólo una pequeña parte de los suelos del área verdaderamente mediterránea, en la que existen suelos que pertenecen al menos a 8 Ordenes de la Clasificación Americana, sin considerar el área submediterránea, y sería más adecuado utilizar el Sistema Americano de clasificación de suelos. No obstante, en el presente trabajo utilizamos el término «suelo rojo mediterráneo», aun cuando en otro lugar se hará una discusión sobre la clasificación de los suelos rojos mediterráneos, en la que nos referiremos de modo particular a la Clasificación Americana.

Los suelos rojos mediterráneos de la provincia de Granada poseen un horizonte Ap con un contenido en materia orgánica muy bien humificada del orden del 2 por 100, y contenido medio en hierro libre, características que, unidas a su bajo contenido en carbonato cálcico, imparten a dicho horizonte un color con marcado tono rojo, que va de 5YR a 2,5YR. Como consecuencia de su contenido en materia orgánica, relativamente bajo, y muy bajo en carbonato cálcico, unidos a una proporción alta de arcilla, se presenta en este horizonte superior una estructura granular, generalmente gruesa, a poliédrica fina, que, en ocasiones, se hace laminar en los 2-3 mm. de la superficie.

El horizonte *B* está total o casi totalmente descarbonatado, y su contenido en hierro libre es considerablemente mayor que en el *A_p*, por lo que el color es un rojo con tono de hasta 10R. Texturalmente, es un horizonte muy pesado, con franca acumulación de arcilla, resultando la translocación el proceso edafogenético más importante en la formación de este suelo. Consiguientemente, los *clay-skins* suelen estar ampliamente desarrollados y el horizonte adquiere una estructura poliédrica, a veces prismática, con algunos caracteres vérticos, como son la apertura de grietas de retracción y la formación ocasional de slickensides.

Del horizonte *B* se suele pasar a la roca madre a través de un horizonte *B* transicional, que muestra una escasa acumulación de carbonato cálcico.

Como se analizará en otra próxima publicación, los estudios mineralógicos indican que algunos suelos rojos mediterráneos se han formado *in situ* a partir del material litológico subyacente, mientras que otros no parecen tener una relación genética estrecha con dicho material litológico, y más bien deben corresponder a sedimentos de suelos anteriores, posiblemente descarbonatados y rubificados antes de su arrastre.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Para la realización del presente trabajo se han seguido los métodos analíticos descritos en otras publicaciones de los autores, por ejemplo en las de ALIAS y PÉREZ PUJALTE (1968).

MACROMORFOLOGÍA

Los perfiles estudiados en el presente trabajo responden a las siguientes descripciones macromorfológicas.

Perfil 18

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo*.

Localidad: Término municipal de Dúrcal.

Situación: Kilómetro 0,3 del camino que parte en el kilómetro 457,8 de la carretera de Madrid a Motril y conduce a Cozviñar.

Altitud: 770 metros.

Topografía: Llano.

Drenaje: Medio.

Roca madre: Conglomerado

Vegetación: Cultivo de olivar, frutales, cereales y garbanzos.

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
0-20	A _p	Pobre en materia orgánica. Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y rojo (2,5 YR 4/6) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura poliédrica angular fina a granular gruesa, en agregados algo porosos, tendiendo a laminar en los 2-3 milímetros superiores. La fracción grava está constituida por cuarzo, algunos granates y fragmentos de pizarra. Poco calizo.
20-65	B _{2t}	Color rojo oscuro (10 R 3/6) tanto en estado húmedo como en seco. Textura de arcilla. Estructura en bloques prismáticos, con muy abundantes <i>clay-skins</i> . Agregados muy compactos y duros. Algo agrietado, con grietas de una anchura menor de 1 cm. Se observa algunos slickensides. Contiene muy poca grava, constituida por cuarzo, algún granate y fragmentos de pizarra. No calizo.
65-90	B _{3tca}	Color rojo oscuro (10 R 3/6) en estado húmedo, y pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en seco. Textura de arcilla. Estructura como en el horizonte anterior, pero menos desmenuzada y con ocasionales slickensides. Se observan algunas eflorescencias de carbonato cálcico. Grava de la misma naturaleza que en horizontes anteriores. Calizo.
+ 90	C	Conglomerado de cantos de pizarra y caliza.

Perfil 56

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo*.
 Localidad: Término municipal de Caniles.
 Situación: Kilómetro 120 de la carretera de la Estación de Vilches a Almería, a unos 150 metros al Norte de la misma.
 Altitud: 980 metros.
 Topografía: Llana.
 Drenaje: Bueno.
 Roca madre: Conglomerado con abundancia de materiales metamórficos.
 Vegetación: Barbecho de cereales.

Profundidad en cm	Horizontes	Observaciones
0-25	A _p	Relativamente pobre en materia orgánica. Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 2/4) en estado húmedo y pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura granular gruesa, en agregados bastante porosos y blandos. Poco enraizado. Grava

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
25-55	B21t	constituida por materiales metamórficos, es decir fragmentos de pizarra y cuarzo. Muy poco calizo. Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en estado seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular media a gruesa, con tendencia prismática, con muy abundantes <i>clay-skins</i> que imparten un brillo intenso a las caras de los agregados. Agregados poco porosos y muy duros. Prácticamente no calizo.
55-80	B22	Color rojo oscuro (10 R 3/6) en estado húmedo y rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura poliédrica subangular fina a media, en agregados algo porosos, fácilmente desmenuzable. Se observan escasas eflorescencias blancas de carbonato cálcico. Poco calizo.
+ 80	C	Conglomerado de cantos calizos y materiales metamórficos, del que difícilmente se separa algo de tierra fina.

Perfil 59

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo*.

Localidad: Término municipal de Padul.

Situación: Kilómetro 18,5 de la carretera de Granada a Motril, 300 metros al Este de la misma.

Altitud: 850 metros.

Topografía: Llana.

Drenaje: Medio.

Roca madre: Conglomerado.

Vegetación: Olivar y barbecho de cereales.

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
0-25	A _p	Poco orgánico. Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y rojo oscuro (2,5 YR 3,5/6) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura granular gruesa. Agregados poco compactos y ligeramente porosos. Escasas raíces. Algunas pequeñas concreciones de carbonato cálcico. Gravas formadas por fragmentos de pizarra, abundante cuarzo y algunos granates. Algo calizo.
25-55	B21t	Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular gruesa con ten-

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
		dencia prismática. Arcilla orientada perfectamente visible en la superficie de separación de los bloques. Agregados muy duros y plásticos. Gravas formadas por cuarzo, fragmentos de pizarra y algunos granates. No presenta concreciones de carbonato cálcico. No calizo.
55-85	B2tca	Color rojo (2,5 YR 4/6) en estado húmedo y rojo amarillento (5 YR 5/6) en seco. Textura de limo arcilloarenoso. Estructura poliédrica angular gruesa. Numerosas concreciones de carbonato cálcico. Calizo.
85-100	B3ca	Acumulación de carbonato cálcico. Color pardo muy pálido (10 YR 7/4) en estado húmedo y blanco (2,5 Y 8/2) en seco. Muy calizo. Estructura masiva.
+ 100	C	Conglomerado formado por trozos de pizarra de gran tamaño, cuarzo y caliza pulverulenta.

Perfil 33

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo.*

Localidad: Término municipal de Illora.

Situación: Kilómetro 2 del camino vecinal de Illora a Alomartes.

Altitud: 650 metros.

Topografía: Llanura al pie de la Sierra de Parapanda.

Drenaje: Bueno.

Roca madre: Caliza muy pura.

Vegetación: Cultivo de olivar y barbecho de cereales.

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
0-20	Ap	Medianamente provisto en materia orgánica. Color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en seco. Textura de arcilla. Estructura granular media, en agregados poco compactos, fácilmente desmenuzables. Algo pedregoso, con grava constituida principalmente por fragmentos de caliza. Muy poco calizo en su tierra fina.
20-50	B2	Color pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en estado húmedo y pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular media, con signos poco evidentes de translocación de arcilla. Contiene algo de grava constituida esencialmente por fragmentos de caliza y algunos de cuarzo. Muy poco calizo en su tierra fina.
50-70	B3	Muy abundantes fragmentos de roca caliza recubiertos

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
		de un material arcilloso de color pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4) en estado húmedo y pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco, con una estructura poliédrica angular fina a muy fina. Calizo.
+ 70	R	Roca caliza blanca y muy pura.

Perfil 77

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo*.

Localidad: Término municipal de Iznalloz.

Situción: Carretera Madrid-Málaga, desvío hacia Iznalloz, a 1 kilómetro de la general.

Altitud: 870 metros.

Topografía: Llanura ondulada suavemente.

Drenaje: Bueno.

Roca madre: Caliza nodular pulverulenta.

Vegetación: Barbecho de cereales.

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
0-15	Ap	Relativamente pobre en materia orgánica. Color rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en estado húmedo y pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura granular media. Abundantes raíces. Ligeramente calizo debido a la presencia de una gravilla caliza. Duro y bastante plástico.
15-42	B21t	Muy pobre en materia orgánica. Color rojo (10 R 4/6) en estado húmedo, como asimismo en estado seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular muy gruesa con tendencia a prismática gruesa. Agregados compactos y muy duros y bastantes plásticos. Pocas raíces. Se observan <i>clay-skins</i> muy bien desarrollados que imparten un brillo intenso a los agregados. No calizo.
42-80	B22ica	Color rojo (10 R 4/8) en estado húmedo y rojo (2,5 YR 4/6) en estado seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular gruesa a muy gruesa. Agregados duros y bastante plásticos. Calizo, debido a la presencia de algunos nódulos de carbonato cálcico.
+ 80	Cca	Caliza nodular pulverulenta. Color rojo amarillento (5 YR 5/6) en estado húmedo y amarillo rojizo (5 YR 6/6) en seco. Textura de limo arcillo-limoso. Estructura masiva. Muy calizo.

Perfil 78

Tipo de suelo: *Suelo rojo mediterráneo.*

Localidad: Término municipal de Padul.

Situación: Kilómetro 9 de la carretera del Suspiro del Moro a Almuñécar.

Altitud: 1.000 metros.

Topografía: Llanura.

Drenaje: Bueno.

Roca madre: Marga caliza.

Vegetación: Barbecho de cereales.

Profundidad en cm.	Horizontes	Observaciones
0-20	<i>A_p</i>	Relativamente pobre en materia orgánica. Color pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en estado húmedo y pardo rojizo (5 YR 4/4) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso. Estructura granular media, en agregados relativamente porosos. Poco enraizado. Calizo.
20-55	<i>B_t</i>	Color pardo rojizo oscuro a rojo oscuro (2,5 YR 3/5) en estado húmedo y rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en seco. Textura de arcilla. Estructura poliédrica angular gruesa a media, en agregados compactos y relativamente duros. Muy abundantes <i>clay-skins</i> , que imparten un brillo intenso a las caras de los agregados. No calizo, aun cuando contiene alguna gravilla caliza.
+ 55	<i>C_{ca}</i>	Marga caliza con nódulos de carbonato cálcico. Color rojo (2,5 YR 4/6) en estado húmedo y pardo rojizo claro (2,5 YR 6/4) en seco. Textura de limo arcillo-arenoso.

Aun cuando en pequeñas extensiones, los suelos rojos mediterráneos con translocación de arcilla están bastante bien representados en la provincia. Son zonas dignas de mención: Parte de la terraza de Caniles, algo al Este de dicha localidad y hasta el límite con la provincia de Almería; las inmediaciones de Iznalloz, desde la carretera de Madrid a Granada, hasta el valle del Cubillas; parte de la formación Alhambra, al Este de Granada; inmediaciones de las localidades de Padul y Dúrcal; alguna zona que en parte se atraviesa por la carretera del Suspiro del Moro a Almuñécar, y, por último, una zona situada entre Illora y Alomartes.

DATOS ANALÍTICOS GENERALES

Como muestran los resultados que se recogen en la tabla I, los suelos rojos mediterráneos son pobres y hasta muy pobres en materia orgánica, con un buen grado de humificación. Como consecuencia de su formación a partir de materiales calizos, los horizontes inferiores de los distintos perfiles presentan un cierto contenido en CO_3Ca , mientras que los horizontes *B* mejor diferenciados están total o casi totalmente descarbonatados y los horizontes *Ap* revelan igualmente una manifiesta descarbonatación, aun cuando es general que su contenido en CO_3Ca , cuando no están totalmente descarbonatados, sea mayor que en los horizontes *B*, lo cual puede atribuirse a una carbonatación secundaria por ligero aporte eólico de materiales calizos o a una ligera acumulación de CO_3Ca , por el lavado ascendente de este constituyente efectuado, muy posiblemente,

TABLA I

Datos analíticos generales

Perfil	Horizontes	Mat. org. %	C. org. %	N %	C/N	%/CO ₃ Ca	pH	
							H ₂ O	ClK
18	<i>Ap</i>	1,293	0,750	0,076	9,87	0,65	7,97	7,17
	<i>B2t</i>	0,707	0,410	0,057	7,91	0,07	7,84	6,72
	<i>B3tca</i>	0,362	0,210	0,045	4,67	5,23	8,07	7,02
	<i>C</i>	0,414	0,240	0,029	8,28	11,47	8,10	7,78
56	<i>Ap</i>	1,724	1,000	0,071	14,08	0,13	7,98	7,20
	<i>B21t</i>	1,500	0,870	0,065	13,38	0,07	8,10	6,90
	<i>B22</i>	0,827	0,480	0,038	12,63	2,61	8,35	7,31
	<i>C</i>	0,465	0,270	0,028	9,63	6,27	8,60	7,60
59	<i>Ap</i>	1,016	0,589	0,059	9,98	0,17	8,30	7,20
	<i>B21t</i>	0,991	0,575	0,061	9,42	0,00	8,17	7,00
	<i>B22tca</i>	0,771	0,439	0,037	11,86	11,90	8,40	7,24
	<i>B3ca</i>	0,234	0,136	0,017	8,00	26,50	8,81	8,00
	<i>C</i>	—	—	—	—	32,15	8,37	7,48
33	<i>Ap</i>	2,017	1,170	0,137	8,54	0,78	7,89	7,00
	<i>B2</i>	1,446	0,839	0,087	9,65	0,78	7,90	6,90
	<i>B3</i>	1,482	0,860	0,094	9,15	1,05	7,86	6,84
	<i>R</i>	—	—	—	—	71,50	—	—
77	<i>Ap</i>	1,143	0,663	0,084	7,98	0,00	7,82	6,82
	<i>B21t</i>	0,938	0,544	0,062	8,77	0,00	7,72	6,48
	<i>B22tca</i>	0,469	0,272	0,048	5,67	10,27	7,93	6,75
	<i>Cca</i>	0,388	0,225	0,024	9,39	39,34	7,98	7,00
78	<i>Ap</i>	1,414	0,820	0,077	10,65	4,58	8,20	7,38
	<i>Bt</i>	1,138	0,660	0,070	9,43	0,00	8,03	7,20
	<i>Cca</i>	0,809	0,469	0,051	9,20	40,31	8,28	7,50

TABLA I (Continuación)

Análisis mecánicos (%).

Perfil	Horizontes	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Arcilla fina %	$\frac{< 0.2 \mu}{< 2 \mu}$	Grava %
18	<i>A_p</i>	16,3	51,3	8,1	23,6	15,6	0,66	20,6
	<i>B_{2t}</i>	7,4	18,5	9,0	66,1	47,0	0,71	3,3
	<i>B_{3tca}</i>	13,6	27,9	7,5	49,2	41,2	0,84	11,5
	<i>C</i>	36,7	43,5	11,9	5,5	3,2	0,58	—
56	<i>A_p</i>	21,2	40,7	9,8	31,1	16,8	0,54	—
	<i>B_{2t}</i>	11,1	30,5	6,3	53,8	36,3	0,67	—
	<i>B₂₂</i>	20,7	39,8	7,4	33,7	23,0	0,68	—
59	<i>C</i>	34,7	40,2	8,0	17,1	11,1	0,65	—
	<i>A_p</i>	12,8	41,5	16,4	27,8	15,8	0,57	8,6
	<i>B_{2t}</i>	10,0	26,7	15,2	49,7	33,1	0,67	1,1
	<i>B_{22tca}</i>	7,6	21,4	32,0	39,0	21,3	0,54	—
33	<i>B_{3ca}</i>	19,4	40,5	21,1	19,1	3,1	0,16	—
	<i>C</i>	41,8	29,4	9,1	19,7	—	—	50,0
	<i>A_p</i>	3,4	29,8	18,6	47,9	23,4	0,49	10,2
77	<i>B₂</i>	6,3	24,5	15,8	53,5	32,1	0,60	6,7
	<i>B₃</i>	6,4	23,0	12,9	53,4	42,4	0,79	—
	<i>A_p</i>	9,5	23,8	21,9	44,8	14,4	0,32	9,3
78	<i>B_{2t}</i>	9,0	11,3	14,3	65,4	54,0	0,83	3,3
	<i>B_{22tca}</i>	12,0	15,1	12,7	60,9	49,1	0,81	7,4
	<i>C_{ca}</i>	12,0	27,8	30,1	31,2	19,4	0,64	13,5
78	<i>A_p</i>	14,2	37,7	22,5	22,5	—	—	6,9
	<i>B_t</i>	13,0	23,0	12,4	50,3	—	—	1,4
	<i>C_{ca}</i>	29,3	29,5	14,8	24,4	—	—	11,8

con posterioridad a una descarbonatación original total de los horizontes *A_p* y *B* y la rubefacción de los mismos, aunque, como indica Boulaine (1966), los procesos de descarbonatación y rubefacción pueden ser paralelos en los suelos de la zona mediterránea, ya que las lluvias caen a principio del invierno, cuando el desarrollo de las plantas es lento y, consiguientemente, el suelo es menos rico en CO_2 y, por tanto, en Ca^{2+} , condiciones bajo las cuales el contenido en Ca^{2+} de la solución del suelo resulta inferior al valor crítico de 100 p. p. m. para que sea posible la rubefacción. Tanto cuando los horizontes contienen cierta cantidad de CO_3Ca como cuando están totalmente descarbonatados, los valores de pH determinados en H_2O son siempre ligeramente alcalinos y los determinados en solución de ClK son en general muy próximos a 7, por lo que es lógico suponer un elevado grado de saturación en estos suelos.

Los resultados de análisis mecánico muestran una textura arcillosa en los horizontes *B* de todos los perfiles, textura que favorece el desarrollo de la estructura poliédrica y prismática que caracteriza a estos suelos.

Por otra parte, es evidente el proceso de translocación de arcilla en todos los perfiles estudiados, con la única excepción del perfil 33, en el que la diferencia entre el contenido de arcilla de los horizontes *B* y *Ap* no alcanzan el 8 por 100 que se exige en la Clasificación Americana (1960, 1967) para que un horizonte pueda ser calificado de argílico, y en perfecta concordancia con la ausencia en dicho perfil de signos macromorfológicos manifiestos que evidencien la translocación de arcilla. Tal proceso de translocación de arcilla se manifiesta en la aparición de abundantes *clay-skins* en los agregados del horizonte *B*, como se ha señalado en la descripción macromorfológica, así como también en el valor siempre elevado del porcentaje de arcilla fina (menor de 0,2 micras) frente a la total en los horizontes *Bt*, en los que, como muestran los valores de la relación arcilla fina: arcilla total, la arcilla fina representa hasta un 84 por 100 de la total. El proceso de translocación de arcilla tiene lugar incluso en los suelos ligeramente calizos, en concordancia con los resultados de Hallsworth (1963), según los cuales la presencia de Ca^{2+} inhibe solo ligeramente el movimiento de la arcilla y su emigración.

ESTUDIO QUÍMICO

Los resultados de análisis químico de los suelos rojos mediterráneos estudiados, tanto en lo que respecta a la tierra fina como a la arcilla y a las posibles rocas madres subyacentes, vienen reflejados en las tablas II a VII.

Comentaremos a continuación aquellas características químicas de mayor significación en el estudio edafogenético de estos suelos.

Destaca en primer lugar el contenido en hierro libre considerablemente alto de los horizontes *Ap* y *B* de estos perfiles, particularmente de los segundos, de tal manera que los horizontes *Ap* poseen un contenido en hierro libre que oscila entre 2,15 y 3,40 por 100, mientras que en los horizontes *B* mejor diferenciados varía entre 3,15 y 5,75 por 100. Como consecuencia de este contenido en hierro libre, estos suelos presentan colores de marcado tono rojo. Por otra parte, es digno de destacar que la mayor parte del hierro total del suelo se encuentra en forma libre, lo cual refleja una alteración química relativamente intensa; en efecto, la relación hierro libre: hierro total está comprendida entre 0,34 y 0,50 en los horizontes *Ap*, mientras que varía entre 0,42 y 0,70 en los horizontes *B* mejor diferenciados.

La razón molecular $SiO_2 : Al_2O_3$ presenta valores que ponen claramente de manifiesto el proceso de translocación de arcilla, con la consiguiente acumulación de cuarzo y otros silicatos resistentes a la alteración química en los horizontes *Ap*. Como resultado de todo ello, los valores de la razón $SiO_2 : Al_2O_3$ son considerablemente más altos en los horizontes *Ap* que en los horizontes *B*, con la única excepción del

TABLA III

*Resultados de análisis químico total (%).**Perfil 56.*

	T I E R R A F I N A				A R C I L L A			
	A ϕ	B21t	B22	C	A ϕ	B21t	B22	C
H ₂ O (—)	1,60	3,82	2,36	0,48	5,07	6,07	5,96	5,18
H ₂ O (+)	4,68	5,66	4,80	19,74	9,33	8,60	8,79	8,50
SiO ₂	71,37	61,99	67,38	46,47	44,44	42,64	43,14	44,16
Al ₂ O ₃	11,62	15,57	13,57	5,53	25,25	25,75	23,72	23,40
Fe ₂ O ₃	6,82	7,56	6,73	3,12	10,00	10,50	10,25	10,14
TiO ₂	1,76	1,33	1,22	0,74	0,75	0,63	0,67	0,78
P ₂ O ₅	0,01	0,04	0,02	0,04	0,08	0,16	0,20	0,22
CaO	0,88	0,72	1,11	22,47	0,22	0,17	0,17	0,19
MgO	0,88	1,16	1,12	0,81	1,61	1,77	1,89	2,11
MnO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
K ₂ O	1,75	2,15	1,97	1,00	3,50	3,45	3,30	3,60
Na ₂ O	0,85	0,45	0,65	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50
TOTAL	101,36	100,45	100,93	101,00	100,73	100,24	99,44	98,80
Fe ₂ O ₃ libre	2,32	3,15	2,53	—	—	—	—	—
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	10,40	6,74	8,45	14,23	2,99	2,81	3,10	3,20
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	7,56	5,15	6,41	10,48	2,38	2,23	2,43	2,51
$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	2,65	3,20	3,13	2,78	3,93	3,83	3,63	3,63
Fe libre	0,34	0,42	0,38	—	—	—	—	—
Fe total	0,34	0,42	0,38	—	—	—	—	—

TABLA V

Resultados de análisis químico total (%)

Perfil 33.

	T I E R R A F I N A				A R C I L L A			
	A _p	B ₂	B ₃	R	A _p	B ₂	B ₃	R
H ₂ O (-)	6,00	6,16	6,68	0,62	6,76	7,62	8,70	3,18
H ₂ O (+)	10,72	9,04	10,14	35,33	7,20	7,42	7,28	3,67
SiO ₂	56,31	59,06	54,08	17,88	52,74	52,66	52,00	82,92
Al ₂ O ₃	12,66	12,75	3,41	1,65	16,78	17,08	15,71	7,09
Fe ₂ O ₃	5,90	5,57	6,31	0,35	9,11	8,96	8,96	1,05
TiO ₂	0,78	0,88	0,88	0,00	0,98	0,71	0,76	0,00
P ₂ O ₅	0,07	0,04	0,04	0,04	0,16	0,16	0,13	0,05
CaO	4,49	3,72	4,49	42,33	0,72	0,78	0,78	0,71
MgO	1,48	1,36	1,28	0,47	1,84	1,74	1,76	0,28
MnO	0,38	0,45	0,45	0,31	0,13	0,14	0,14	0,00
K ₂ O	2,00	1,90	2,00	0,20	2,70	2,55	2,55	0,65
Na ₂ O	0,20	0,18	0,19	0,35	0,20	0,10	0,10	0,07
TOTAL	100,99	101,11	100,67	99,53	99,32	99,92	98,87	99,67
Fe ₂ O ₃ libre	2,15	2,50	2,30	—	—	—	—	—
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	7,52	7,85	6,95	12,20	5,32	5,22	5,61	19,75
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	5,80	6,09	5,35	16,17	3,95	3,91	4,14	18,04
$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	3,36	3,35	3,64	7,36	2,88	2,99	2,75	10,60
Fe libre								
Fe total	0,36	0,45	0,36	—	—	—	—	—

TABLA VII

Resultados de análisis químico total (%)

Perfil 78.

	TIERRA FINA			ARCILLA		
	A _f	B _t	C _{ca}	A _f	B _t	C _{ca}
H ₂ O (—)	1,82	3,80	2,16	5,30	3,80	4,42
H ₂ O (+)	13,42	7,16	23,68	11,60	9,40	11,52
SiO ₂	52,30	59,04	31,68	41,26	40,76	40,60
Al ₂ O ₃	12,08	18,18	10,55	23,65	29,26	15,88
Fe ₂ O ₃	5,35	7,10	3,75	10,68	10,78	0,50
TiO ₂	0,72	0,70	0,57	0,89	0,37	0,38
P ₂ O ₅	0,09	0,03	0,04	—	—	0,40
CaO	7,48	1,15	24,30	1,30	0,00	24,30
MgO	4,38	0,38	1,31	3,69	2,40	1,31
MnO	0,04	0,00	0,00	0,05	0,03	0,02
K ₂ O	2,24	1,60	1,68	2,78	2,36	1,68
Na ₂ O	1,12	0,40	0,64	0,40	1,38	0,64
TOTAL	101,27	99,54	100,36	101,21	100,55	101,65
Fe ₂ O ₃ libre... ..	2,55	3,85	1,92	—	—	—
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	7,33	5,49	5,09	2,96	2,36	4,33
$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	5,71	4,41	4,15	2,30	1,91	4,26
$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	6,46	4,06	4,40	3,72	4,22	51,93
Fe libre						
Fe total	0,48	0,54	0,51	—	—	—

perfil 33, cuyo horizonte *B* debe ser considerado horizonte cámbico y no argílico, según hemos indicado en su descripción macromorfológica y en la discusión de los datos analíticos generales. El mismo hecho se pone de manifiesto en los valores de la razón $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$, considerablemente más bajos que los de la razón $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$, como corresponde al contenido en Fe_2O_3 relativamente alto de estos suelos. Los valores de ambas razones moleculares no significan en modo alguno que el proceso edafogénico vaya acompañado de una destrucción de arcilla en los horizontes *A_p* y acumulación de sesquióxidos en los horizontes *B*, sino que simplemente se trata de una translocación de arcilla con la consiguiente acumulación de cuarzo y silicatos resistentes en los horizontes *A_p*, ya que los valores de dichas razones moleculares presentan una analogía muy estrecha en la fracción arcilla de los horizontes *A_p* y *B*, indicando que las arcillas de ambos horizontes deben poseer una composición mineralógica muy análoga.

Por lo que se refiere a las razones moleculares de la fracción arcilla, conviene destacar que en aquellos perfiles en los que sus características mineralógicas muestran un carácter autóctono de los mismos (18, 56, 59), los valores de las razones $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ presentan en los horizontes *A_p* y *B* valores sólo ligeramente inferiores a los de la fracción arcilla de la roca madre, resultando los valores de la razón $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ comprendidos entre 2,09 y 2,64, es decir considerablemente inferiores al valor de 2,8 que también Albareda, Alvira y Arévalo (1956) encuentran para algunos suelos rojos españoles de clima árido, mientras que en los perfiles que deben ser considerados de origen alóctono (33, 77, 78), dichas razones moleculares son marcadamente más altas en la fracción arcilla de las rocas subyacentes que en los horizontes *A_p* y *B*, en plena concordancia con el contenido relativamente alto de cuarzo en aquellas arcillas y, muy en particular, en la arcilla de la de la roca caliza, que constituye el subsuelo del perfil 33, en la que la razón $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ alcanza un valor extraordinariamente alto (19,75) y los estudios mineralógicos por difracción de rayos X muestran que el cuarzo es el constituyente esencial de la arcilla de esta roca.

En los perfiles de naturaleza claramente autóctona, los valores de la razón $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ de la tierra fina experimentan un cierto aumento al pasar de los horizontes *A_p* a los horizontes *B*, lo cual debe ser atribuido a una translocación preferencial de silicatos aluminicos laminares en forma de arcilla frente a la translocación de hierro, con lo que los horizontes *A_p* quedarían relativamente enriquecidos en hierro bajo formas anhidras o poco hidratadas, difícilmente dispersables, en perfecta concordancia con los valores de la razón hierro libre: hierro total, más elevados en los horizontes *B*, así como también con los valores de la razón molecular $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$, algo más elevados en los horizontes *A_p*. Por el contrario, en los perfiles de carácter alóctono, los valores de dicha razón molecular no siguen una tendencia definida.

A fin de profundizar algo más en el estudio de los aspectos químicos de la edafogénesis de estos suelos, hemos realizado el cálculo de los índices de acumulación relativa de algunos elementos con respecto a la roca madre o materiales subyacentes, considerando constante el Al_2O_3 . Los resultados de estos cálculos vienen dados en la tabla VIII.

TABLA VIII

Índices de acumulación relativa

Perfil	Horizontes	TIERRA FINA				ARCILLA	
		SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3
18	<i>A_p</i>	1,33	0,98	0,08	0,64	0,70	0,63
	<i>B_{2t}</i>	0,69	0,95	0,02	0,43	0,74	0,68
	<i>B_{3tca}</i>	0,65	0,91	0,04	0,47	0,75	0,72
56	<i>A_p</i>	0,73	1,05	0,62	0,52	0,93	0,92
	<i>B_{21t}</i>	0,47	0,87	0,01	0,51	0,88	0,95
	<i>B₂₂</i>	0,59	0,89	0,02	0,56	0,97	1,00
59	<i>A_p</i>	0,97	1,06	0,05	0,50	0,92	1,03
	<i>B_{21t}</i>	0,53	0,76	0,02	0,37	0,88	0,98
	<i>B_{22tca}</i>	0,54	0,91	0,72	0,72	1,00	1,00
	<i>B_{3ca}</i>	1,06	1,46	5,59	2,50	1,21	1,23
33	<i>A_p</i>	0,41	2,19	0,02	0,41	0,27	3,66
	<i>B₂</i>	0,42	2,01	0,01	0,37	0,26	3,54
	<i>B₃</i>	0,38	2,19	0,02	0,33	0,28	3,86
77	<i>A_p</i>	0,92	1,51	0,04	0,80	0,84	1,05
	<i>B_{21t}</i>	0,49	0,93	0,02	0,63	0,79	1,04
	<i>B_{22tca}</i>	0,61	1,15	0,19	0,97	0,76	0,97
78	<i>A_p</i>	1,44	1,24	0,27	2,91	0,68	1,91
	<i>B_t</i>	1,08	1,08	0,03	0,17	0,44	1,57

Por lo que respecta a la tierra fina y para los perfiles de origen autóctono, es general la pérdida de SiO_2 , particularmente en los horizontes *B*, o, accidentalmente, una ligera ganancia en el horizonte *A_p*. El Fe_2O_3 muestra un paralelismo muy estrecho en su comportamiento frente al Al_2O_3 , ya que los valores de índice de acumulación son muy próximos a 1; sin embargo, es general que el índice de acumulación sea menor en los horizontes *B*, lo cual significa una pérdida de Fe_2O_3 con respecto al Al_2O_3 o, en otras palabras, una acumulación relativa de Al_2O_3 ,

en perfecta concordancia con la translocación preferencial de arcilla aluminica, como ya hemos indicado al tratar de las razones moleculares.

Los elementos calcio y magnesio experimentan una pérdida muy acusada, particularmente el primero, en los horizontes superiores, y únicamente existe acumulación en el horizonte *B3ca* del perfil 59, que debe ser calificado de horizonte cálcico. Para la fracción arcilla de estos perfiles, los índices de acumulación tanto para la SiO_2 y el Fe_2O_3 son muy próximos a la unidad en los perfiles 56 y 59, indicando una pérdida escasa, particularmente en los horizontes *Ap*, mientras que son considerablemente más bajos en el perfil 18, mostrando una pérdida manifiesta de ambos constituyentes con respecto a la roca madre, lo cual indica unas condiciones de alteración química más intensa en la formación de este perfil.

Los valores de los índices de acumulación relativa calculados para los perfiles de origen alóctono son, naturalmente, menos significativos, si bien es digno destacar, por una parte, que los valores de dichos índices en los horizontes del perfil 33 son tan distintos de la unidad, tanto en lo que se refiere a la tierra fina como a la fracción arcilla, que constituyen un dato más en apoyo de la naturaleza alóctona de dicho perfil, puesto que resulta difícil aceptar que la sílice experimente una pérdida tan grande y que el hierro, por el contrario, sufra una acumulación considerablemente intensa; por otra parte, conviene señalar que, si se comparan los índices de acumulación de los horizontes *Ap* y *B* entre sí, son totalmente análogos, por lo que cabe suponer que los materiales que componen estos horizontes tienen un mismo origen y en modo alguno proceden de la caliza subyacente, todo lo cual está en perfecta concordancia con los estudios mineralógicos de las fracciones arcilla y arena, de los que daremos cuenta en una próxima publicación.

RESUMEN

Se estudian seis perfiles representativos de los suelos rojos mediterráneos de la provincia de Granada. Los perfiles son de tipo *Ap-B-C* o *Ap-B-R*. Los horizontes *Ap*, casi totalmente descarbonatados, presentan un contenido en materia orgánica muy bien humificada del orden del 2 por 100 y 2,15 a 3,40 por 100 de Fe_2O_3 libre, con razón Fe libre: Fe total de 0,34 a 0,50, y color que va de 5 YR a 2,5 YR; como consecuencia de su alta proporción de arcilla, presentan una estructura granular a poliédrica. Los horizontes *B* mejor diferenciados están más descarbonatados, contienen 3,15 a 5,75 por 100 de Fe_2O_3 libre, con razón Fe libre: Fe total de 0,42 a 0,70, y su color es de un tono hasta 10 R; con textura muy pesada, su estructura es poliédrica, a veces prismática, con algunos caracteres vérticos, y los *clay-skins* están muy bien desarrollados. En ocasiones, el horizonte *B* transicional presenta escasa acumulación de CO_3Ca .

Los resultados de análisis mecánico y, en particular, la razón arcilla fina: arcilla total, así como los valores de las razones moleculares $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ ponen claramente de manifiesto que la translocación de arcilla es un proceso edafogénico generalizado, que conduce a la formación de horizontes *B* argílicos.

Los valores de las razones $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ de la fracción arcilla de

los horizontes *A_p* y *B* son muy similares a los de la arcilla de la roca madre en los perfiles de carácter autóctono, mientras que resultan considerablemente más bajos en los horizontes *A_p* y *B* que en los materia es subyacentes de los perfiles de carácter alóctono.

*Cátedra de Geología. Facultad de Ciencias. Badajoz.
Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas
y Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALBAREDA, J. M., ALVIRA, T. y ARÉVALO, P. 1956. Contribución al estudio de los suelos calizos españoles de clima árido. II. Estudio mineralógico de la fracción arena fina de los suelos. An. Edaf. y Fís. Veg., XV, 685-717.
- (2) ALÍAS, L. J. 1963. Algunos aspectos de la mineralogía de terra rossa. An. Edaf. y Agrob., XXII, 277-291.
- (3) ALÍAS, L. J. y PÉREZ PUJALTE, A. 1968. Suelos de los pisos montano superior y alpino de la ladera sur del Mulhacén (Sierra Nevada). An. Edaf. y Agrob., XXVII, núms. 11-12, 783-798.
- (4) BOULAIN, J. 1966. Sur les facteurs climatiques de la gènesis des sols rouges. Comuns. Conf. Suelos Mediterráneos, 281-284.
- (5) DURAND, J. H. 1959. Les sols rouges et les cróutes en Algérie. Direction de l'hydraulique et de l'équipement rural. Service des études scientifiques. Etude general núm. 7, 1-188.
- (6) HALLSWORTH, E. G. 1963. An examination of some factors affecting the movement of clay in an artificial soil. J. Soil Sci., 14, 360-371.
- (7) MANCINI, F. 1966. On the elimination of the term «mediterranean» in soil science. Comuns. Conf. Suelos Mediterráneos, 413-416.
- (8) SOIL SURVEY STAFF. 1960. Soil classification system, 7th Approximation. U. S. D. A. 265 págs.
- (9) SOIL SURVEY STAFF. 1967. Supplement to Soil Classification system, 7th Approximation, 207 págs.
- (10) ZIPPE, F. X. M. 1853. Weber die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Loeg, Plamina und Loas. Viena.

Recibido para publicación: 3-I 69

POBLACIONES NEMATOLOGICAS FITOPARASITAS EN LOS SUELOS DE LA HUERTA DE MURCIA

por

A. ORTUÑO MARTINEZ, J. GOMEZ GOMEZ, y F. CANOVAS CANDEL

SUMMARY

PHYTOPARASIT POPULATIONS OF NEMATODES ON SOILS OF THE «VEGA» OF MURCIA

There are studied in this paper the phytoparasit populations of nematodes on the soils of the Murcia «Vega» employed for an intensively culture of citrus, fruit-trees with corn and vegetables. There are considered eight genera of nematodes, because their frequency and intensity.

It is very interesting to remark the great difference between the population densities of *Tylenchulus* and these ones of the genera *Tylenchozynchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemoides* and *Meloidogyne*.

The intensities and frequencies of the nematological populations, being phytoparasits on the soils of the «Vega» of Murcia, are showing important focus of infestation which should be taken in account so in the fertilization rules as in the phytosanitary controls.

La capacidad de los parásitos animales para atacar y destruir los órganos de las plantas cultivadas se conoce desde los tiempos en que el hombre comenzó a labrar la tierra; pero, generalmente, en el transcurso del tiempo, se ha prestado menos atención a aquellas plagas que atacan a las raíces, como es el caso de los nematodos fitoparásitos, que constituyen un ejemplo evidente. Fue precisamente en el siglo XIX cuando se puso de manifiesto que *Heterodera schachtii* era el agente causal de los graves daños que presentaban por entonces los cultivos de remolacha azucarera en los países europeos. A partir de este momento, la Nematología ha ido adquiriendo cada vez más importancia a medida que se observan estados patológicos en las plantas de interés agrícola.

Estudios realizados en España sobre nematodos (1, 4, 5, 6) han abierto nuevas perspectivas en el conocimiento de la presencia y predominio de una rica y aún en gran parte inexplorada fauna nematológica fitoparásita de nuestro país.

La gran importancia económica que tienen los cultivos de las especies

de los géneros *Citrus* y *Prunus*, privilegiados en el Sureste español, motiva la necesidad de prestar particular atención al estudio de las densidades de poblaciones edáficas de nematodos patógenos, con vistas a su posible control.

PARTE EXPERIMENTAL

Material y métodos

Zona de estudio:

Huerta de Murcia.

La Huerta de Murcia está constituida fundamentalmente por un solo tipo de suelos —vega parda caliza—, y tectónicamente considerada. este valle es una gran falla enlazada con la del curso del río Guadalentín, afluente del Segura, y que desemboca en éste, entre Beniaján y Llano de Brujas.

La superficie aproximada puede cifrarse en 16.000 Ha., dedicada el 36,2 % a cultivos de ciclo corto (alfalfa, patata, algodón, maíz, pimiento, tomate, etc.); el 46,3 % a cultivos arbóreos (agrios y frutales de hueso). y 17,5 %, zona no cultivada.

Análisis de suelos

Para la realización de este trabajo se han tenido en cuenta las zonas agrícolas más interesantes de la Huerta de Murcia, en las que se han estudiado los cultivos de mayor interés regional (2).

Las muestras de suelos para análisis físico-químico y nematológico (2,9), se tomaron al azar en 103 sectores, previamente delimitados sobre un plano de la zona objeto de estudio, con una densidad de muestreo del 2 por 100 (fig. 1).

Los cultivos muestreados representan el siguiente porcentaje: *Citrus*, 68,9 %; *Prunus*, 14,5 %; herbáceos, 16,6 %.

Se realizó el estudio analítico de cada muestra recogida, especificando el número de nematodos por kilogramo de suelo. Se han diferenciado los posibles fitoparásitos de los libres.

RESULTADOS

En los suelos de la Huerta de Murcia, dedicados al cultivo intensivo de agrios, frutales de hueso y hortalizas, hemos considerado ocho géneros de nematodos fitoparásitos.

En los histogramas de frecuencia correspondientes (figs. 2, 3 y 4)

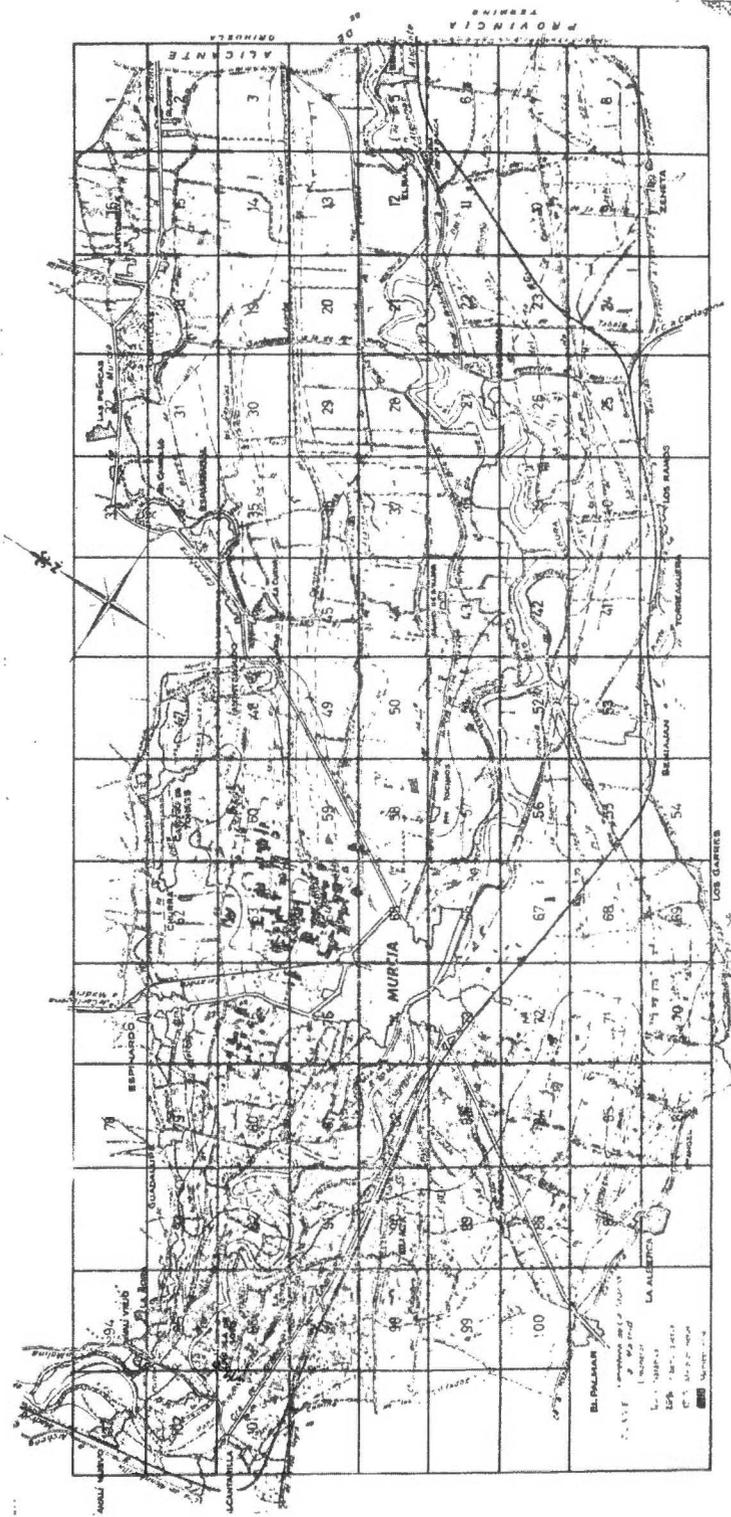


Fig. 1

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

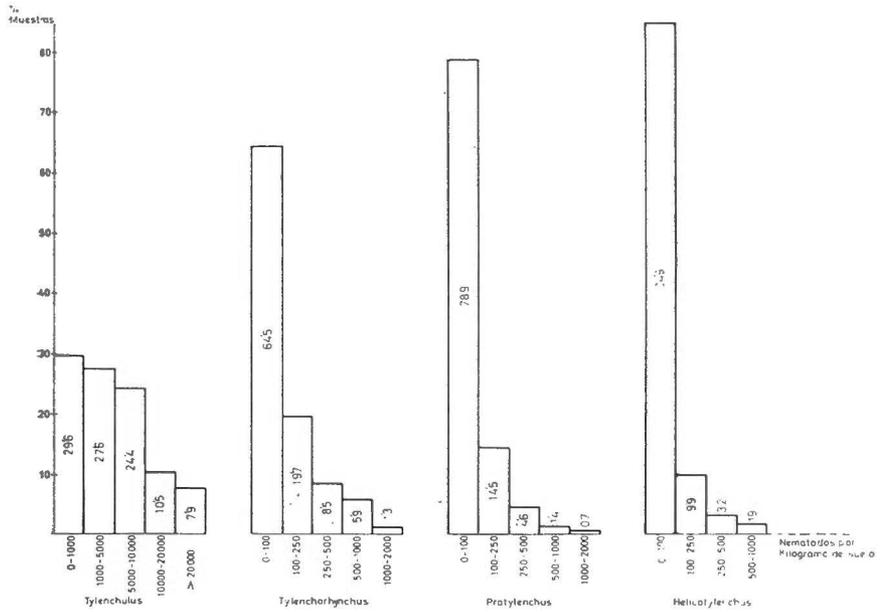


Fig. 2

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

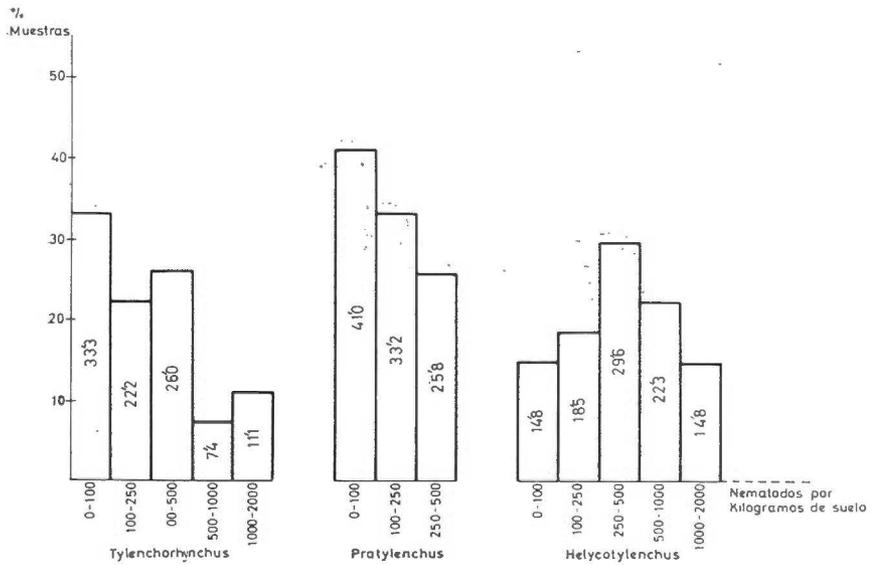


Fig. 3

nos hemos limitado a representar los géneros más frecuentes en los suelos estudiados, y con poblaciones más elevadas: *Tylenchulus*, *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus*. Los géneros estudiados se completan en el cuadro I con *Paratylenchus*, *Xiphinema*, *Criconeoides* y *Meloidogyne*, en donde se especifica el porcentaje de suelos de los cultivos, afectados por nematodos patógenos.

Las intensidades y frecuencias de las poblaciones nematológicas fitoparásitas existentes en los suelos de la Vega Media del Segura ponen de manifiesto focos importantes de infestación.

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

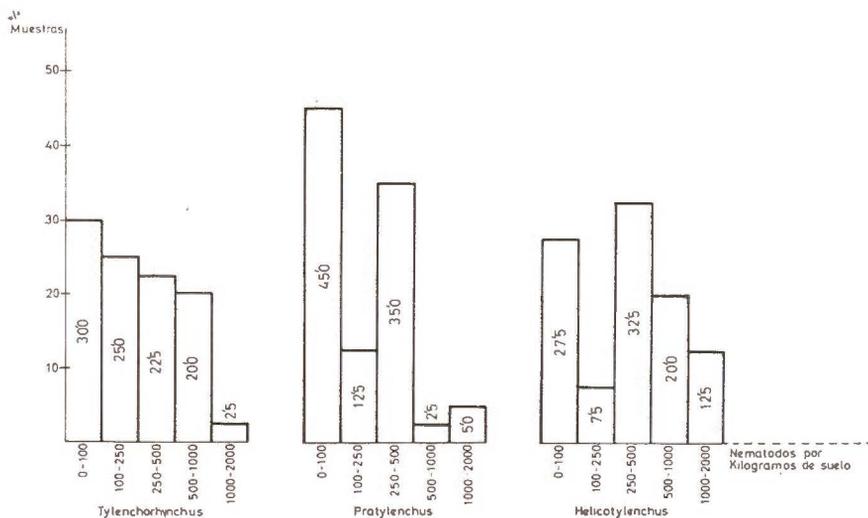


Fig. 4

En conjunto, se observa que las especies vegetales del género *Citrus* son las más atacadas por nematodos, no sólo por la frecuencia con que aparecen los fitoparásitos, sino por su intensidad.

Los histogramas de frecuencia de distribución de poblaciones nematológicas en *Citrus* (fig. 2), ponen de evidencia el predominio del género *Tylenchulus*, con un 18,4 % de poblaciones superiores a 10.000 por kilogramo de suelo, llegando algunas muestras a densidades mayores de 50.000. Los géneros *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* están representados con poblaciones muy inferiores, no llegando a sobrepasar la cifra de 2.000 por kilogramo de suelo, siendo en la mayor parte de las muestras estudiadas inferiores a 100.

En los suelos dedicados al cultivo de frutales de hueso —melocotonero y albaricoquero, principalmente—, los géneros más frecuentes han

sido: *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus* y *Pratylenchus*, por orden decreciente de infestación (fig. 3). En cada uno de estos géneros, las poblaciones no sobrepasaron la cifra de 2.000 por kilogramo de suelo.

CUADRO I

G é n e r o s	S U E L O S		
	Citrus %	Prunus %	Herbáceos %
Tylenchus	92,8	14,2	26,6
Tylenchorhynchus	74,4	91,1	91,1
Pratylenchus	58,3	82,3	91,1
Paratylenchus	31,5	47,0	40,0
Helicotylenchus	54,1	94,1	93,3
Xiphinema	16,0	58,8	20,0
Criconemoides	7,7	17,6	11,1
Meloidogyne	1,7	5,8	8,8

En el 56 % de las muestras de suelo correspondientes a albaricoquero, encontramos poblaciones bajas de *Xiphinema*. En melocotoneros, hallamos *Xiphinema* en el 62 %, y *Criconemoides* en un 25 % de aquéllas.

En los suelos dedicados a cultivos herbáceos, los géneros más frecuentes por orden de intensidad son: *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus* y *Pratylenchus* (fig. 4); los dos últimos, con valores similares. Hallamos pocas muestras con *Meloidogyne*, pero con densidades de población elevadas.

En los suelos estudiados, las texturas más generalizadas han sido la limo y limo-arenosa, prácticamente el 50 % de cada una; en escaso número se han presentado la limo-arcillo-arenosa, limo-arcillosa, arcillosa y arenosa.

En líneas generales, a la vista de la figura 5, podemos decir que los suelos de la Huerta de Murcia son de alto contenido en carbonato cálcico total, con un poder clorosante predominantemente elevado, capacidad de cambio de cationes media y contenido en materia orgánica.

Los valores de nitrógeno total y potasio asimilable podemos clasificarlos como bajos.

En la mayor parte de los suelos analizados, los valores obtenidos para el contenido de fósforo asimilable son inferiores a 10 p. p. m., por lo cual no se ha considerado de interés la confección del histograma de frecuencia correspondiente.

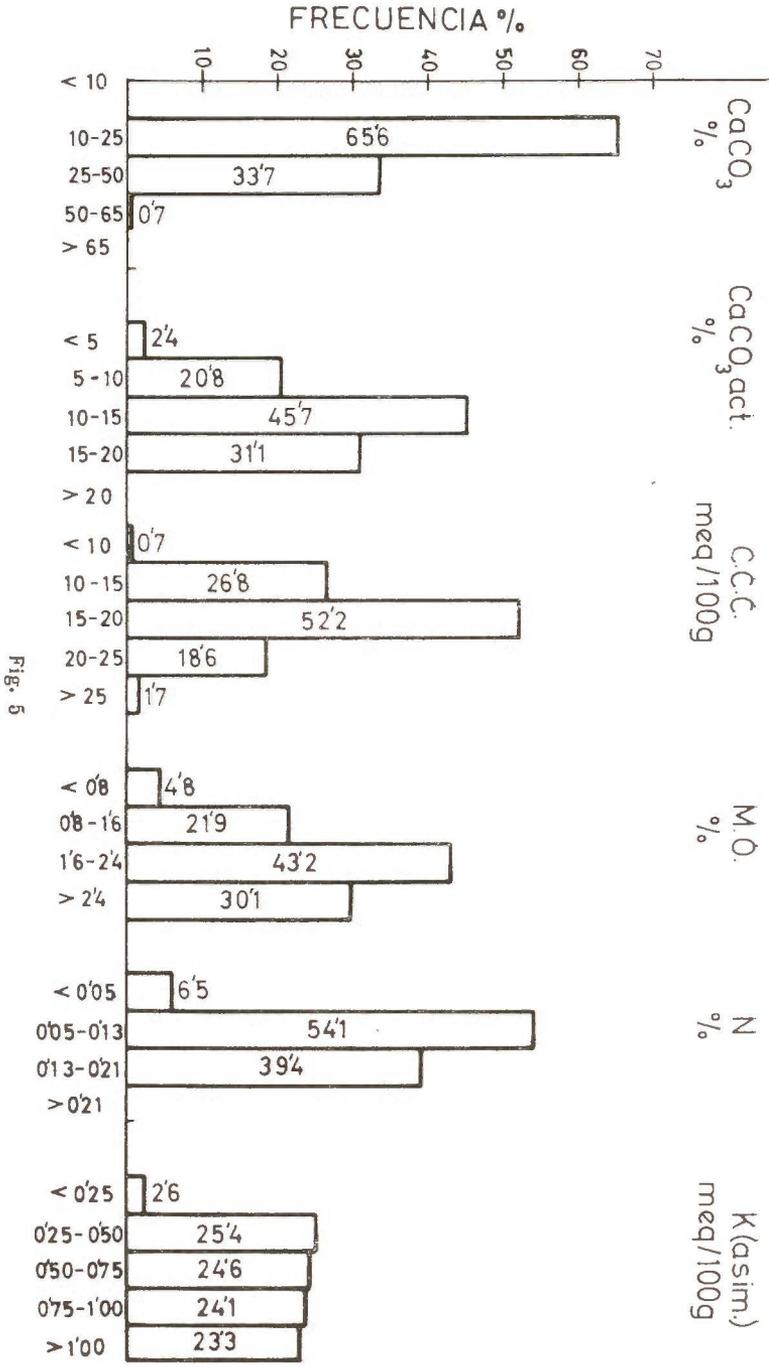


Fig. 5

DISCUSIÓN

Las zonas de regadío de la Vega Media del Segura, dedicadas a cultivos intensivos, son las que poseen mayores densidades de poblaciones nematológicas fitoparásitas. Este problema fitopatológico se agrava, debido a que los nematodos son llevados de parcela a parcela por el agua de riego, a través de los portainjertos (7), e incluso la heterogeneidad de las especies nematológicas se acentúa debido a los cultivos mixtos, tanto herbáceos como perennes.

El sistema de riegos de la Vega se puede considerar como doble, pues está constituido por los cauces de «aguas vivas» derivadas del Segura, y por los de «aguas muertas» o aguas de avenamientos.

Las acequias, ramificándose en brazales y regaderas, distribuyen las «aguas vivas» por toda la Huerta.

La iniciación del sistema de avenamiento tiene lugar en los llamados escurridores o escorredores, pequeños canales que reciben las filtraciones de una o dos parcelas, y que se denominan azarbetas cuando el avenamiento corresponde a gran número de aquéllas. Aumentando progresivamente su volumen, desembocan en landronas, azarbes y meranchos, que son los cauces principales de las aguas de drenaje. Los escorredores desembocan directamente en los azarbes o meranchos. Es interesante que, a su vez, estos cauces de avenamiento se convierten en regadores en las zonas más bajas, partiendo de ellos acequias que cumplen tal función (2).

Las alteraciones edáficas de nutrientes, particularmente del equilibrio nitrógeno-fósforo-potasio en la Huerta de Murcia, y las elevadas densidades de poblaciones nematológicas fitoparásitas, puestas de manifiesto en este trabajo, apoyan en cierta medida comunicaciones relativamente recientes (8).

Los síntomas que hemos observado frecuentemente en los cultivos infestados por los nematodos, particularmente en las especies del género *Citrus*, han sido: reducción en el desarrollo de la planta, necrosis apical descendente en las ramas, desequilibrios nutritivos, deficiencias foliares de microelementos, alteraciones en el sistema radicular (2), delatando todo ello una influencia directa o indirecta de los nematodos fitoparásitos en la absorción de nutrientes (10).

Es evidente la necesidad de mantener un equilibrio de nutrición adecuado en los suelos dedicados a cultivos intensivos con elevadas densidades de poblaciones nematológicas fitoparásitas, que deberán ser consideradas en cualquier deliberación sobre normas de fertilización y control fitosanitario.

RESUMEN

En esta comunicación se han estudiado las poblaciones nematológicas fitoparásitas en los suelos de la Huerta de Murcia dedicados al cultivo intensivo de agrrios, frutales de hueso y hortalizas. Se consideran ocho géneros de nematodos, por su frecuencia e intensidad.

Es interesante destacar la notable diferencia existente entre las densidades de población de *Tylenchulus* y las de los géneros *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Xiphinema*, *Criconemoides* y *Meloidogyne*.

Las intensidades y frecuencias de las poblaciones nematológicas fitoparásitas existentes en los suelos de la Huerta de Murcia, ponen de manifiesto focos importantes de infestación, que se deberán tener en cuenta en las normas de fertilización y controles fitosanitarios.

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

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ARIAS, M., JIMÉNEZ-MILLÁN, F. y LÓPEZ-PEDREGAL, J. M. 1963. Resultados previos del estudio fitonematológico de cultivos agrícolas de Sevilla. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (B), 61, 45-49.
- (2) CARPENA, O., GUILLÉN, M. G., ORTUÑO, A. y COL. 1963. Estudio edafológico y agrobiológico de la Huerta de Murcia. I. O. A. T. S. - C. E. B. A. S.
- (3) DROPKIN, V. H., MARTÍN, G. C. y JOHNSON, R. W. 1958. Effect of osmotic concentration on hatching of some plant parasitic nematodes. Nematologica, 3, 115-126.
- (4) GÓMEZ, A. y JIMÉNEZ-MILLÁN, F. 1967. Primeros estudios nematológicos en cultivos de la zona costera granadino-malagueña. Anal. Edaf. y Agrob., 26, 585-600.
- (5) JIMÉNEZ-MILLÁN, F. 1963. Interrelaciones de algunos nematodos fitoparásitos. Anal. Edaf. Agrob., 22, 509-515.
- (6) ORTUÑO, A., GÓMEZ, J. y CÁNOVAS, F. 1966. Acción nematicida de la urea contra *Tylenchulus semipenetrans* COBB. Anal. Edaf. Agrob., 25, 737-43.
- (7) ORTUÑO, A., GÓMEZ, J. y CÁNOVAS, F. 1968. Distribución de las poblaciones de *Tylenchulus semipenetrans* COBB en las plantaciones de Citrus de la Vega del Segura. (En curso.)
- (8) OTEIFA, B. A., ELGINDI, D. M. y DIAB, K. A. 1965. Cotton yield and population dynamics of the stunt nematode, *Tylenchorhynchus latus*, under mineral fertilization trials. Revista de la Potasa, 23, 1-7.
- (9) SEINHORST, J. W. 1956. Quantitative extraction of nematodes from soil. Nematológica, 1, 249-267.
- (10) VAN GUNDY, S. D. y MARTÍN, J. P. 1961. Soil factors in relationship to citrus-nematode. Calif. Citrograph, 46, 376-379.

Recibido para publicación: 10-I-69

ESTUDIO GENETICO DE ALGUNOS SUELOS DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

II. COMPOSICION MECANICA DE LOS SUELOS Y NATURALEZA DE LA MATERIA ORGANICA

por

A. HOYOS y J. GONZALEZ PARRA

SUMMARY

II. THE MECHANIC COMPOSITION OF THE SOIL AND NATURE OF THE ORGANIC MATTER

The influence of the mother rock, granite, is shown in the mechanic composition of the soil so that mineral quartz is practically unattackable, gathering on the thick fraction.

It is easy to see the influence that the acid pH and the diverse vegetation have on the organic matter to the effect of a greater accumulation and worse characteristics for the profile under the pine grove, as it may be seen owing to a lower value of the ratio, water retention/organic matter.

El desarrollo del suelo tiene en parte su expresión en la textura del suelo dada por el resultado del análisis mecánico (4). Un gran desarrollo supone un ataque químico intenso con desaparición de minerales atacables constitutivos del material original. Se incrementa de este modo la fracción arcilla resultante del ataque y descomposición de aquellos materiales y formación de nuevos compuestos minerales. La naturaleza de la roca madre tiene gran influencia en la composición mecánica del suelo. En el caso de los perfiles estudiados el ser la roca madre granito o rocas semejantes, con cuarzo como constituyente en gran abundancia, hace que los suelos sean arenosos, ya que este mineral es prácticamente inatacable y se acumula en la fracción arena.

Del estudio de la tabla I se pueden deducir algunos hechos interesantes. En primer lugar, y salvo en los perfiles M. 1 y M. 2, en que aumenta la proporción de arcilla hacia horizontes inferiores, existe una disminución de arcilla con la profundidad. Esto parece indicar un mayor ataque en los horizontes superiores originado por la materia orgánica

T A B L A 1

Perfil	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Arena total	T e x t u r a
M. 1 A ₁	68,00	26,07	2,95	2,95	94,07	Arenosa
B ₁	36,05	37,30	19,38	7,26	73,35	Franco-arenosa
B ₂	41,33	40,33	6,84	11,46	81,66	Franco-arenosa
C ₁	86,10	9,09	3,00	1,56	95,19	Arenosa
M. 2 A ₀	51,85	25,73	9,93	12,45	77,58	Franco-arenosa
A/B	83,27	5,62	6,58	4,51	88,89	Arenosa-franca
(B) C	59,69	20,92	8,91	10,42	80,61	Franco-arenosa
(B) ₂ C	36,90	24,03	25,18	13,87	60,93	Franca
M. 3 A ₀	39,84	31,78	12,36	16,10	71,62	Franco-arenosa
A ₁	49,03	27,13	13,84	10,04	76,16	Franco-arenosa
B	62,03	19,51	14,23	4,64	81,54	Arenosa-franca
M. 5 A ₂	23,96	27,71	37,78	10,55	51,67	Franca
A/C	59,78	23,71	14,30	2,67	83,49	Arenosa-franca
M. 6 A ₁	41,81	34,88	14,27	9,00	76,69	Franco-arenosa
A ₂	66,71	21,69	9,00	2,57	88,30	Arenosa-franca
M. 7 A	59,72	20,93	9,00	10,42	80,65	Franco-arenosa
A/B	51,79	27,82	16,82	4,08	79,61	Arenosa-franca
M. 8 A	46,07	26,36	13,10	14,45	72,43	Franco-arenosa
M. 9 A ₀	46,95	18,38	14,35	20,30	65,33	Franca
A ₁	57,31	17,03	7,58	17,89	74,34	Franco-arenosa
A ₂	57,71	16,50	13,25	12,00	74,21	Franco-arenosa
M. 10 A	51,70	14,57	17,16	17,16	65,67	Franca
A (B)	68,24	18,00	3,64	10,01	86,24	Franco-arenosa
M. 11 A ₁	39,83	29,83	17,43	13,78	69,66	Franco-arenosa
C ₁	45,11	23,76	19,08	12,62	68,87	Franco-arenosa
M. 12 A ₁	39,33	22,26	18,50	19,00	61,59	Franca
A ₂	42,65	29,57	14,50	14,50	72,22	Franco-arenosa
C ₁	37,15	27,67	20,75	11,75	64,82	Franco-arenosa
M. 13 A	44,98	13,60	23,75	18,00	58,58	Franca
A (B)	42,73	20,58	19,25	18,75	63,31	Franca
B	63,38	17,68	11,41	7,52	81,06	Franco-arenosa
M. 14 A ₀	25,85	38,41	18,97	16,85	64,26	Franca
A ₁	48,57	30,71	8,38	12,32	79,28	Franco-arenosa
M. 15 A _f	21,49	35,38	19,93	23,21	56,87	Franca
A _h	19,64	36,12	31,50	14,50	55,76	Franca
B ₁	20,25	37,27	27,55	14,66	57,52	Franca
B ₂	28,45	38,91	20,26	12,36	67,36	Franco-arenosa

y el carácter fuertemente ácido de los mismos. La influencia de la roca madre se haría notar también en los horizontes inferiores, como se manifiesta en que en general la cantidad total de arena aumenta cuando se profundiza.

La cantidad de arena gruesa es mayor o mucho mayor que la de arena fina. Esto supone que la desintegración física tampoco es demasiado acusada. De nuevo aquí se hace notar la influencia de la roca madre en el aumento de arena gruesa a medida que el horizonte es más próximo a aquella. Hace excepción el perfil M. 15 en que la arena fina predomina sobre la arena gruesa y cuyos valores totales de arena son mínimos. Esto se debe, indudablemente, a la distinta naturaleza del material original, en el cual en parte están ya preformados elementos más finos. Esta proporción de elementos más gruesos hace que la textura en estos hori-

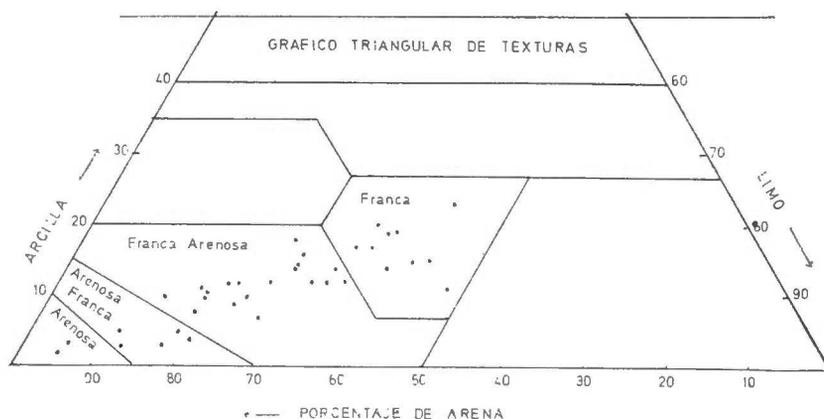


Fig. 1.—Gráfico triangular de texturas con la representación de cada horizonte.

zontes más profundos sea arenosa o arenosa-franca, según los casos, excepto en el perfil M. 2, que en el horizonte B₂C, existe mayor proporción de elementos finos, debido en parte a una eluviación mecánica de arcilla hacia horizontes inferiores, favorecidos por la textura muy arenosa del horizonte A/B. Por otra parte, ya en la descripción de este perfil se acusaba la fuerte alteración de la roca en estos horizontes inmediatos. Suelo muy arenoso, pero con bastante cantidad de arcilla en el horizonte A₀, debido probablemente al ataque químico producido por la materia orgánica.

El perfil M. 1 es el más arenoso, existiendo una eluviación mecánica de arcilla hacia horizontes inferiores que supone una acumulación en B₀.

En la tabla 2, media de los perfiles, se obtiene una textura franco-arenosa con algunas desviaciones a arenosa franca (M. 1, M. 6 y M. 7), pero al considerar cada horizonte en particular, se ve que algunos presentan textura franca y aun otros arenosa (fig. 1). La textura franca

coincide con los horizontes superficiales, presentándola todos los perfiles orientados al N. de la Sierra (M. 9 a M. 15, ambos inclusive). Luego estos perfiles son menos arenosos que los primeros, como se puede ver en la tabla I.

T A B L A I I

Análisis mecánico: Medias del perfil.

Perfil	Arena	Limo	Arcilla	Textura
1	86,06	8,04	5,93	Arenosa-franca
2	77,00	12,65	10,31	Franco-arenosa
3	76,44	13,47	10,26	Franco-arenosa
5	67,58	26,04	6,61	Franco-arenosa
6	82,50	16,63	5,78	Arenosa-franca
7	80,13	12,91	7,25	Arenosa-franca
8	72,43	13,10	14,45	Franco-arenosa
9	71,29	11,73	16,73	Franco-arenosa
10	75,95	10,40	13,58	Franco-arenosa
11	69,27	18,26	12,90	Franco-arenosa
12	66,21	17,92	14,92	Franco-arenosa
13	67,65	18,14	14,76	Franco-arenosa
14	71,77	13,67	14,58	Franco-arenosa
15	59,38	24,81	16,18	Franco-arenosa

De la tabla 3 se puede deducir (1, 2) que los valores de la razón arena : limo son bastantes altos, como corresponde a suelos con minerales muy poco atacables, y considerando valores medios, tienden a ser menores en los perfiles situados al N. de la Sierra. Los mayores valores de arena corresponden al perfil M. 1, lo que indica que aquí el ataque físico es relativamente amplio. Por otra parte, el que la razón arcilla : limo en este perfil sea baja, supone un ataque químico poco intenso. Disminuye la relación arena : arcilla en B_g debido tal vez a la eluviación de ésta. Al ser muy alta esta razón supone la existencia en el material original de minerales poco o nada atacables.

Los valores más bajos de la razón arena : arcilla los presenta el perfil M. 15 por la distinta naturaleza de la roca madre, lo que significa menor cantidad de minerales no atacables. También se pone de manifiesto en la gran cantidad de limo formado por desintegración física o en parte química.

Esta relación aumenta al profundizar en todos los perfiles (excep-

TABLA III

Perfil	Arena	Limo	Arcilla	Arena/ Arcilla
M. 1 A ₁	31,9	1	1,00	31,9
B ₁	3,7	1	0,37	10,0
B _f	11,8	1	1,70	7,0
C ₁	31,7	1	0,52	61,0
M. 2 A ₀	7,8	1	1,25	6,2
A/B	13,4	1	0,62	21,6
(B) C	9,0	1	1,17	7,7
(B) ₂ C	2,4	1	0,55	4,3
M. 3 A ₀	5,8	1	1,32	4,4
A ₁	5,5	1	0,72	7,5
B	5,7	1	0,32	17,8
M. 5 A ₂	1,3	1	0,27	4,8
A/C	5,8	1	0,18	32,2
M. 6 A ₁	5,3	1	0,62	8,5
A ₂	9,8	1	0,28	35,0
M. 7 A	8,9	1	1,15	7,7
A/B	4,7	1	0,24	19,6
M. 8 A	5,5	1	1,10	5,01
M. 9 A ₀	4,55	1	1,41	3,21
A ₁	9,80	1	2,36	4,10
A ₂ /C	5,60	1	0,90	6,18
M. 10 A	3,82	1	1,00	3,82
A (B)	23,69	1	2,75	8,61
M. 11 A	3,99	1	0,79	5,05
C ₁	3,59	1	0,62	5,72
M. 12 A ₁	3,3	1	1,02	3,2
A ₂	4,9	1	0,96	5,1
C ₁	3,1	1	0,56	5,5
M. 13 A	2,46	1	0,76	3,25
A (B)	3,28	1	0,97	3,37
B	7,10	1	0,66	10,70
M. 14 A ₀	3,3	1	0,88	3,18
A ₁	9,4	1	1,40	6,40
M. 15 A _f	2,85	1	1,16	2,4
A _h	1,77	1	0,46	3,8
B ₁	2,08	1	0,52	3,9
B ₂₀	3,32	1	0,61	5,4

to en M. 3, por el grado de atacabilidad) por su proximidad al material original. Sin embargo, en la serie M. 9 - M. 15 los valores son inferiores.

Los valores medios más altos de la razón arcilla : limo lo presentan los perfiles M. 9 y M. 10, lo que supondría una conversión de limo en arcilla más acusada que en otros perfiles. Estos suelos presentan un ataque físico y químico relativamente intenso, como se ve en la baja proporción de limo en los horizontes A_1 y A (B), respectivamente.

Los perfiles M. 3, M. 13 y M. 14, constituyentes del mismo tipo de suelo (tierra parda bajo melojar), presentan un mayor desarrollo que el M. 1 y M. 2 (tierras pardas meridionales), el ataque químico es más intenso, sobre todo en el horizonte superficial, o bien presentan menor razón arena : arcilla, o menor proporción de limo. Dentro de estos perfiles el M. 13 y M. 14 presentan un mayor desarrollo, por su mayor grado de humedad.

En los perfiles M. 5, M. 6, M. 7, M. 8, M. 9, M. 10 y M. 11, constituyentes del tipo Ranker, se diferencian los cuatro primeros de los restantes por su menor desarrollo, presentan una mayor razón arena : arcilla en el horizonte superficial, coincidiendo precisamente con su situación; éstos están localizados al S. de la Sierra.

El M. 9, M. 10 y M. 11 son suelos con un ataque químico y físico bastante intenso, sobre todo en los horizontes superficiales; en los horizontes inferiores se acusa la influencia de la roca madre en el carácter más arenoso.

Por último, el perfil M. 12 (transición ranker pardo-tierra parda) es un suelo algo más desarrollado que los anteriores; las razones arena : limo, arena : arcilla son inferiores.

Los valores de la cantidad de limo son bastante variables, así como los de arcilla, pero en general se presentan valores más altos para ambas fracciones en los perfiles M. 9 a M. 15, situados en la vertiente N. de la Sierra. Las acciones formadoras del suelo parecen más acusadas en esta vertiente que en la Sur.

En la tabla IV se presentan algunos resultados interesantes en relación con la materia orgánica, el pH y la retención de agua.

Por el estudio de estos datos se puede concluir que con respecto a la materia orgánica los perfiles que contienen mayor cantidad son el M. 10, M. 9, M. 12 y M. 5, y ya en proporción algo menor M. 13, M. 6 y M. 11 (5, 6, 7, 8). Los tres primeros presentan una vegetación de pinar y un pH fuertemente ácido. Esto da idea de una acumulación de materia orgánica de difícil descomposición y de malas características. Los perfiles cuyo pH es más elevado corresponden a una vegetación de distintas características, como se vio en otro trabajo anterior (3)

Un índice de la humificación de la materia orgánica es la retención de agua. Ahora bien, al hallar la relación retención de agua/materia orgánica son justamente aquellos perfiles los que retienen menor can-

T A B L A I V

Horizonte superficial (Datos analíticos).

Perfil	pH	Materia orgánica	Ret. agua	R. agua/Materia orgánica
M. 1	6,4	1,86	48,0	25,8
M. 2	5,7	4,39	63,2	14,4
M. 3	5,7	7,82	78,3	10,0
M. 5	4,2	11,51	40,5	3,5
M. 6	4,0	8,69	85,8	9,9
M. 7	4,1	4,60	58,2	12,4
M. 8	4,1	6,08	65,4	10,7
M. 9	4,4	13,98	59,20	4,2
M. 10	4,6	17,42	45,7	2,6
M. 11	5,6	8,47	84,7	10,0
M. 12	4,7	12,25	80,0	6,5
M. 13	5,2	9,39	92,8	9,9
M. 14	4,7	3,92	63,3	16,1
M. 15	5,0	3,76	81,5	22,4

tividad de agua, y por el orden siguiente: $10 < 5 < 9 < 12$, es decir, casi la misma secuencia que la de la cantidad de materia orgánica.

En esta relación de agua juega, por una parte, la cantidad de materia orgánica, en sentido de aumentarla, y el grado de humificación. Al ser mayor aquélla debía presentarse una mayor retención, y como sucede lo contrario hay que deducir que es la mala humificación de esta materia orgánica la que determina el escaso grado de retención de agua. Aun no siendo esta propiedad más que un índice, da una idea clara del grado de humificación. Los valores más altos para la razón indicada corresponden a los perfiles M. 1, M. 15, M. 14 y M. 2, situados a menor altitud y con vegetación de pastizal, robles o hayas.

Con excepción de la materia orgánica, de los otros materiales constitutivos del suelo, es la arcilla la que más puede influir en la retención de agua. Con objeto de tratar de poner de manifiesto ambos factores, materia orgánica y arcilla a la vez, hemos representado triangularmente en la figura 2 la acción conjunta. Para ello se suman retención de agua, materia orgánica y arcilla y se refiere a 100. En líneas generales se encuentran las mismas regularidades: baja retención de agua para los horizontes superiores de los perfiles M. 10, M. 9, M. 5 y M. 12, y muy alta para los M. 1, M. 6 y M. 11, correspondientes a vegetación de pastos.



Fig. 2.—Gráfico triangular con la representación conjunta de retención de agua, materia orgánica y arcilla.

CONCLUSIONES

La naturaleza de la roca madre, con gran abundancia de cuarzo en su constitución, hace que los suelos presenten una textura franco-arenosa, con algunas diferencias debidas a la influencia de otros factores formadores.

La existencia en el material original de minerales poco atacables hace que la relación arena/arcilla sea bastante alta. Por otra parte, la relación arena/limo es también alta, lo que indica pequeña desintegración física.

Suelos muy arenosos, en que las acciones químicas no son muy intensas, acusándose un predominio de éstas en los perfiles desarrollados al N. de la Sierra.

La cantidad de materia orgánica en el suelo depende fuertemente de la vegetación existente. De este modo existe una gran acumulación en los perfiles desarrollados bajo bosques de pinos y turbera, mientras que los suelos bajo pastos, o los desarrollados bajo bosques de hayas o robles, presentan menores valores, si bien el proceso acumulativo viene también influido por la altura, siendo superior para mayores altitudes.

La humificación de la materia orgánica es menor en aquellos suelos que se desarrollan bajo bosques de pinos, y se manifiesta en un pH fuertemente ácido y una retención de agua menor.

RESUMEN

Se demuestra la influencia de la roca madre, granito, en la composición mecánica del suelo, resultando suelos arenosos, por ser el cuarzo mineral prácticamente inatacable, acumulándose en la fracción gruesa.

Se ve la influencia que sobre la materia orgánica tienen el pH ácido y la diferente vegetación, en sentido de mayor acumulación y peores características, para los perfiles bajo pinar, como se pone de manifiesto por un menor valor de la relación retención de agua/materia orgánica.

*Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal.
Sección Génesis de Suelos. Madrid.*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) HOYOS, A. y BARCELÓ, G. Contribución al estudio de unos limos de Canarias. Sumario de Estudios Atlánticos, núm. X. Madrid, 1958.
- (2) HOYOS, A. y GONZÁLEZ, M. Estudios de suelos sobre peridotitas de la Serranía de Ronda. An. Ed. XXIII, 1964.
- (3) HOYOS, A. y GONZÁLEZ PARRA, J. Estudio genético de algunos suelos de la Sierra de Guadarrama. I. En prensa.
- (4) ROBINSON, G. W. A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions. J. Agric. Sci., 14, 625, 1925.
- (5) DUCHAFOUR, PH. Précis de Pédologie. Masson.
- (6) DUCHAFOUR, PH. y BONNEAU, M. Evolution du sol de forêt feuillue sur Terra fusca provoqué par une plantation de Douglas Pseudotsuga Douglasii d'une trentene d'années. R. F. F., 12, 793, 1961.
- (7) TYURIN, I. V. Soil organic matter. Kononova. Pergamon Press. Oxford, 1961.
- (8) ALBAREDA, J. M. y VELASCO, F. El humus en los suelos forestales españoles. I. An. Edaf. XXIV, I, 1965; II, *Ibid.* 23; III, *Ibid.* 39.

Recibido para publicación: 15-I-69

MÉTODOS DE REFERENCIA PARA LA DETERMINACION DE ELEMENTOS MINERALES EN VEGETALES

I. NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, SODIO, CALCIO Y MAGNESIO

por

Los laboratorios miembros del Comité Inter-Institutos para el estudio de Técnicas Analíticas de Diagnóstico Foliar (1)

1. ENCUESTAS DEL COMITÉ INTER-INSTITUTOS

1.1. *Introducción*

Cobediendo los deseos expuestos en el Coloquio sobre Nutrición Mineral de Abidjan, en 1959, algunos laboratorios de Institutos de Investigación especializados decidieron confrontar las técnicas analíticas, analizando una serie de plantas muy diversas. En 1961 eran publi-

-
- (1) Bouat y Crouzet, Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Montpellier.
Didier y Pinta, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Bondy.
Lefevre, Institut National de la Recherche Agronomique Amiens. Avignon.
Beley y Cuemji, Institut de Recherche Agronomique Tropicale et des Cultures Vivrières. Paris.
Bouychou, d'Auzac y Pau'et, Institut Français de Caoutchouc. Paris.
Institut de Recherche sur le Caoutchouc en Afrique. Paris.
Bonvalet y Servant, Institut de Recherche des Huiles et Oléagineux. Paris.
Lacoeuille y Marchal, Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer. Paris.
Ecrement, Société pour la Mise en Valeur de la Corse. Bastia.
Laporte y Kovakzik, Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône et du Languedoc. Nimes.
Mariée, Société d'Etudes Chimiques pour l'Industrie et l'Agriculture. Argenteuil.
Grenier y Simeon, Société Commerciale des Potasses et de l'Azote. Mulhouse.
Lévy y Pinet, Laboratoire Coopératif Agricole et Viticole. Montpellier.
Gautier y Chat, Société des Produits Chimiques Péchiney-Saint Gobain. Paris.
Cottenie, Van den Hende y d'Ydewalle, Faculté des Sciences Agronomiques. Gand.
Henry, Herman y Waegemans, Institut de Recherches Chimiques. Tervuren.
Trzcinski y Hanotiaux, Comité National pour l'Etude de la Culture Fruitière. Gembloux.
Van Schouwenburg, Centre Agricole National. Wageningen.
Chaves, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Sevilla.
Lachica, Estación Experimental dei Zaidín. Granada.

cados los primeros resultados de esta encuesta preliminar, obtenidos del análisis, en ocho laboratorios, de nueve plantas: cacahuete, plátano, café, algodón, caucho, maíz, olivo, palmera y arroz, en las que se determinaron los elementos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Se ponían así en evidencia, para cada determinación, los coeficientes de variación entre laboratorios, que eran más o menos importantes según los elementos, y que podían provenir, bien del proceso de mineralización de la planta, bien del método analítico aplicado. Los laboratorios decidieron, entonces, constituir un Comité que tuviera por objetivo estudiar las causas de error responsables de las divergencias encontradas.

El objetivo final es, en resumen, mejorar la exactitud y precisión de los resultados. El Comité Inter-Institutos, que agrupaba en 1959 ocho laboratorios, reúne hoy más de veinte, algunos dedicados a actividades particulares. Un equipo tal poseía enormes posibilidades y reconocía inmediatamente la utilidad, o la necesidad, de elaborar métodos de referencia para conseguir la unanimidad de los resultados. En consecuencia, se decidió proceder a un estudio metódico de todas las causas de error y buscar los medios de evitarlas; en otras palabras, se trataba de determinar las condiciones analíticas suficientemente exactas y que, ejecutadas por el conjunto de laboratorios, llevaran a resultados tan reproducibles como fuera posible, es decir, que presentaran desviaciones típicas y coeficientes de variación mínimos, al mismo tiempo que una exactitud máxima.

Se llegó así, descomponiendo las fases esenciales de cada determinación, a estudiar los siguientes estadios:

- a) Preparación de la muestra.
- b) Mineralización.
- c) Condiciones particulares en la determinación de cada uno de los elementos mayores.

Esta colaboración ha conducido, finalmente, a una reducción, notable en ocasiones, de los coeficientes de variación de los resultados entre laboratorios; es decir, a una mejora en la exactitud.

Las conclusiones que se presentan no tienen carácter absoluto; si tienen, después de varios años de trabajo, la pretensión de ser aceptables, son aún perfeccionables. Por otra parte, no se refieren más que a los elementos mayores principales (N, P, K, Ca, Mg, Na); sin embargo, los esfuerzos del Comité continúan dirigidos hacia otros elementos de importancia en la nutrición mineral: cloro, azufre, oligoelementos (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo).

1.2. Resultados

Aunque los resultados se dan elemento por elemento, conviene distinguir, sin embargo, el caso del nitrógeno, que requiere un método de

mineralización propia, ya que los elementos P, K, Na, Ca y Mg se determinan a partir de la misma solución.

1.2.1. *Nitrógeno*

Los laboratorios conservan el principio de Kjeldahl: Atacando el material vegetal con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador, el nitrógeno se transforma en sulfato amónico, $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$. El amoníaco se separa por destilación y se valora.

Esta determinación no presenta, de hecho, dificultades particulares. No siendo demasiado críticos los detalles operativos, no parece que se deba orientar hacia un método riguroso. Así, en la encuesta organizada en 1959, en la que participaron ocho laboratorios, el nitrógeno se determinó en nueve muestras de hoja. Se destacan, de un laboratorio a otro, diferencias sensibles como consecuencia de: *a*) las proporciones relativas de material vegetal y ácido sulfúrico, al que se adiciona, a veces, ácido salicílico, destinado a mejorar los resultados en presencia de nitratos; *b*) la naturaleza y cantidad de catalizador; *c*) la duración y marcha de la digestión; *d*) la destilación del amoníaco, y *e*) su valoración.

He aquí algunas de las principales diferencias operatorias:

Para 100 mg. de muestra, la cantidad de ácido sulfúrico variaba de 3 a 100 cc., la del sulfato de potasio, de 200 mg. a 1 g., el catalizador era selenio sólo o mezclado con sulfato de cobre, o selenito de mercurio; la duración de la digestión variaba de una a siete horas.

Los resultados, sin embargo, han sido satisfactorios, puesto que los coeficientes de variación para cada laboratorio (10 repeticiones) son inferiores al 3 % (tabla I). Por otra parte, los coeficientes de variación entre laboratorios (determinados a partir de los valores medios de cada uno) varían de 1,4 a 5, para las diversas plantas analizadas; algunos de estos resultados se dan en la tabla I. Destaca que uno de los laboratorios (número 5) da resultados bajos (cacahuete, arroz, maíz), perturbando el coeficiente de variación del análisis de estas tres plantas (nótese que el coeficiente de variación es mucho más bajo para el caucho (1.42), que no fue analizado por el laboratorio número 5).

Se puede pensar que la causa de esta dispersión proviene de la valoración final del amoníaco con ácido sulfúrico y, particularmente, de la valoración de la solución del ácido sulfúrico.

T A B L A I

Determinación de nitrógeno

Resultados obtenidos por los distintos laboratorios.
 Coeficientes de variación dentro de laboratorios (...)
 Medias generales.
 Coeficientes de variación entre laboratorios.

Laboratorios	Cacahuete	Caucho	Arroz	Maíz
N.º 1 N %	4,14 (1,01)	2,67 (0,89)	1,48 (1,46)	2,38 (0,67)
» 2 N %	4,13 —	2,74 —	1,57 —	2,44 —
» 3 N %	4,14 (1,55)	2,71 (2,54)	1,50 (2,21)	2,41 (1,37)
» 4 N %	4,21 (1,47)	2,76 (2,10)	1,57 (2,01)	2,46 (1,88)
» 5 N %	3,89 (0,67)	—	1,42 (1,48)	2,22 (2,09)
» 6 N %	4,14 (0,30)	2,73 (0,90)	1,50 (1,33)	2,41 (1,94)
» 7 N %	4,19 (0,46)	2,78	1,55 (2,04)	2,43 (1,29)
» 8 N %	4,12	—	1,50	2,48
Medias generales N %	4,12	2,73	1,51	2,40
Desv. típica	0,0979	0,0387	0,0688	0,0805
Coef. de variación ...	2,30	1,42	4,55	3,35

1.2.2. *Fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio*1.2.2.1. *Resultados obtenidos en 1960*

La encuesta de 1960 reveló una gran diversidad en los modos de mineralización (simple calcinación por elevación de temperatura hasta 450° C, calcinación directa a 450, 500 ó 550° C, calcinación doble a 450° C y después a 600° C, mineralización por vía húmeda con mezcla nitro-perclórica, con o sin insolubilización de la sílice) y, por otra parte, en los métodos de valoración del potasio, calcio y magnesio. Así, para determinar el potasio, todos los laboratorios emplean la fotometría de llama (mezcla previa o inyección directa; aire-acetileno, oxígeno-acetileno, oxígeno-hidrógeno). Para el calcio, la fotometría de llama (directa o después de separar) o la manganimetría; y, por último, para el magnesio, la fotometría de llama, la complexometría o la colorimetría.

Algunos de los resultados obtenidos en 1960 se dan en la tabla II; se han escogido de forma que aparezca la dispersión máxima entre laboratorios; se ven así coeficientes de variación que van de:

- 3,0 a 11,3 para el fósforo.
- 6,6 a 10,5 para el potasio.
- 4,4 a 13,2 para el calcio.
- 10,3 a 22,3 para el magnesio.

TABLA II

Resultados obtenidos por ocho laboratorios para el análisis de cuatro plantas

Valores medios entre laboratorios, desviaciones típicas y coeficientes de variación.
(Valores obtenidos en 1960 siguiendo los métodos propios de cada laboratorio.)

	F O S F O R O				P O T A S I O			
	Cacahuete	Caucho	Arroz	Maíz	Cacahuete	Caucho	Arroz	Maíz
%	0,232	0,289	0,232	0,136	2,49	0,81	1,79	1,71
Desviación típica	0,0262	0,0167	0,0169	0,004	0,164	0,085	0,140	0,122
Coefficiente de variación	11,3	5,8	7,3	3,0	6,6	10,5	7,8	7,1

	C A L C I O				M A G N E S I O			
	Cacahuete	Caucho	Arroz	Maíz	Cacahuete	Caucho	Arroz	Maíz
%	1,54	0,63	0,28	1,03	0,402	0,310	0,133	0,306
Desviación típica	0,093	0,040	0,037	0,045	0,055	0,069	0,029	0,032
Coefficiente de variación	6,1	6,3	13,2	4,4	13,6	22,3	22,0	10,3

Es difícil atribuir una causa precisa a la diversidad de los coeficientes de variación. La naturaleza de la planta no parece obligadamente responsable de los coeficientes elevados; así, en el arroz, es de 4,7 para el fósforo y 22 para el magnesio; parece más bien que se debe achacar a las formas de mineralización y valoración, diferentes, a menudo, de un laboratorio a otro. Con esta idea se ha buscado la unificación de cada una de las operaciones de determinación; para esto, el estudio se ha dirigido, de una parte, a los procedimientos de mineralización y, de otra, a la forma de valoración.

1.2.2.2. *Mineralización*

Las cualidades exigidas a un método operatorio de referencia son las siguientes:

Aplicación a todos los medios vegetales, o al menos para la mayor variedad posible.

Destrucción de la materia orgánica.

Conservación y solubilización de los elementos minerales: P, K, Na, Ca, Mg y eventualmente oligoelementos.

Eliminación de la sílice.

Reproducibilidad.

Simplicidad y seguridad en la ejecución.

Los procedimientos por vía húmeda no han sido recogidos; en efecto, el ataque nítrico-perclórico podría responder a las exigencias, si no fuese porque algunos consideran que presenta ciertos peligros; el ataque sulfo-nítrico es largo y conduce, con frecuencia, a resultados por defecto, careciendo a veces de reproducibilidad.

El Comité ha adoptado finalmente la calcinación seguida por un tratamiento clorhídrico de las cenizas; se trataba de determinar las condiciones de calcinación (tiempo de calentamiento, temperatura), separación de la sílice y solubilización; todo esto con vistas a obtener una óptima reproducibilidad, así como una buena precisión.

Algunos tipos de plantas, muy diferentes en cuanto a su composición química, se eligieron para esta puesta a punto. Así, se han elegido por sus características químicas diferentes:

El arroz, por su riqueza en sílice; los agrios, por sus altos contenidos en calcio; el maíz, por su pobreza en materias minerales, y, por último, el manzano. Por supuesto que otros tipos de plantas han servido, igualmente, para probar los métodos. De todo ello se ha deducido la necesidad de eliminar totalmente la sílice, y se ha revelado superior el procedimiento de la volatilización al de la insolubilización. La sílice, en efecto, puede formar silicatos insolubles (Ca) o retener oligoelementos por adsorción.

El método se describe en el párrafo 2.1.

Se advertirá que la volatilización de la sílice no se efectúa directamente sobre las cenizas, sino después de la solubilización de la mayor parte en ácido clorhídrico. Después de la volatilización de la sílice con ácido fluorhídrico, conviene eliminar todo el exceso de este último ácido.

El procedimiento descrito permite la valoración de los elementos P, K, Na, Ca y Mg, no solamente según los métodos de referencia descritos, sino igualmente según todos los otros métodos (colorimetría, espectrofotometría de emisión, espectrofotometría de absorción atómica...).

1.2.2.3. *Fósforo*

En nuestra primera encuesta (1960) entre laboratorios, el método de valoración era, en todos los casos, la colorimetría del fosfo-vanadomolibdato, pero la mineralización se realizaba según las técnicas propias de cada laboratorio. La uniformidad de la mineralización debía llevar a un reagrupamiento de los resultados; se comprobó que el error subsistente se debía, en parte, a la preparación de los patrones. Por tanto, el empleo de una solución patrón común a todos los laboratorios entrañó una baja muy sensible de los coeficientes de variación; es éste un hecho importante que debe subrayarse.

No ha parecido necesaria la unificación de la valoración propiamente dicha; las precauciones a tomar conciernen, esencialmente, a la solución patrón, que debe hacerse a partir de fosfato monopotásico ($\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$) puro, reactivo análisis, cuidadosamente secado antes de ser pesado y disuelto. Hay que advertir que el origen de fabricación del fosfato no es crítico; diversos fosfatos han dado resultados muy parecidos.

El método operatorio para la valoración del fósforo, que se da en el párrafo 2.3, puede utilizarse como método de referencia aunque el detalle de las operaciones no sea esencial.

La tabla III da los resultados obtenidos por 13 laboratorios, en 1957, con algunas de las plantas analizadas; los coeficientes de variación, relativamente bajos, prueban la validez del método y las mejoras aportadas desde 1960.

1.2.2.4. *Potasio*

Las causas de errores y divergencias de los resultados en la determinación de potasio son, esencialmente, la mineralización y las soluciones patrón del método de valoración; el principio de valoración adoptado por todos es la fotometría de llama. No parece necesario investigar condiciones particulares sobre los aparatos. Se recomienda una llama «fría» aire-propano.

TABLA III

Determinación de fósforo por 13 laboratorios según el método de referencia

P %

Laboratorios	Agrios	Maíz	Manzano	Arroz
1	0,120	0,320	0,180	0,115
2	0,122	0,311	—	0,103
3	0,125	0,317	0,172	0,116
4	0,134	0,306	0,175	0,122
5	0,121	0,312	0,161	0,117
6	0,122	0,313	0,174	0,117
7	0,123	0,312	0,168	0,112
8	0,127	0,328	0,176	0,119
9	0,127	—	0,172	—
10	0,123	0,311	0,168	0,112
11	0,127	0,307	0,174	—
12	0,129	0,308	0,173	—
13	0,123	0,313	0,172	0,111
Medias	0,125	0,316	0,170	0,113
Desv. típica	0,0039	0,0061	0,0048	0,0052
C. V.	3,1	1,95	2,8	4,6

En lo que concierne a la mineralización, se ha demostrado que es la calcinación el método más conveniente; no se debe pasar de 450° C, para no correr el riesgo de tener pérdidas de potasio. Las cenizas se tratan con un ácido de concentración bien determinada: ClH al 2 %; el mismo ácido se debe utilizar para la preparación de los patrones. Estos deben prepararse con el mayor cuidado. Se utiliza cloruro potásico, convenientemente secado a 100° C, para preparar las soluciones patrón. El origen del cloruro potásico no parece tener importancia.

La forma de operar, descrita en el párrafo 2.4, ha sido ensayada con varias plantas; algunos resultados se dan en la tabla IV: Se advierte una reducción de los coeficientes de variación en relación a los obtenidos en 1960; de todas formas, no se formularán conclusiones demasiado absolutas con estos resultados, ya que las plantas analizadas en 1960 no fueron las mismas que las analizadas en 1967 y, además, el número de laboratorios se ha modificado (ocho laboratorios en 1960 y de 13 a 15 en 1967).

Notemos, en fin, que estos resultados pueden y deben aún mejorarse, en particular el coeficiente de variación para el arroz es relativamente alto; la razón es, probablemente, la riqueza en sílice de esta planta.

TABLA IV

Determinación de potasio por 15 laboratorios según el método de referencia

K ‰

Laboratorios	Agrios	Maíz	Manzano	Arroz
1	0,98	2,01	1,28	1,98
2	1,09	2,11	1,38	2,31
3	1,01	2,24	1,32	2,26
4	0,98	1,91	1,25	—
5	1,12	2,13	1,35	2,52
6	1,08	2,19	1,36	2,37
7	1,08	2,08	1,36	2,26
8	1,07	2,26	1,41	2,53
9	0,98	2,08	1,22	2,15
10	1,05	2,08	1,32	2,12
11	1,07	1,90	1,26	1,95
12	1,12	2,17	1,38	—
13	1,06	2,22	1,34	2,30
14	1,06	2,14	1,36	2,33
15	0,95	1,97	1,26	2,37
Medias	1,046	2,099	1,323	2,265
Desv. típica	0,0541	0,1126	0,0566	0,1784
C. V.	5,16	5,36	4,28	7,88

1.2.2.5. Calcio

Las causas de la dispersión en los resultados obtenidos en 1960 (tabla II): Los coeficientes de variación que se escalonan de 4 a 13 son los siguientes: Preparación de la muestra, mineralización, método de valoración y preparación de la solución patrón. Todos estos factores han sido analizados. La uniformidad en la preparación de la muestra ha conducido a una reducción substancial de la dispersión. Quedaba entonces el método de valoración.

La elección parecía difícil entre la fotometría de llama, la complexometría, la gravimetría, la colorimetría..., métodos éstos utilizados en los distintos laboratorios; se trataba de lo que se ha dicho antes, seleccionar un método que llevase al agrupamiento de los resultados más que a un agrupamiento de los defensores partidarios de este método.

Finalmente, después de diversas investigaciones, el Comité Inter-Institutos —rechazando los métodos tradicionales por demasiado laboriosos, los métodos por fotometría de llama por demasiado dependientes del tipo de aparatos y demasiado sensibles a las interacciones y los

métodos colorimétricos por demasiado imprecisos— se ha inclinado por un método complexométrico; precisemos que el método finalmente adoptado no era utilizado, inicialmente, más que por un muy pequeño número de laboratorios.

Este método, descrito en el párrafo 2.5, es simple y aplicable a una gran variedad de vegetales; se dan algunos resultados en la tabla V.

TABLA V

Determinación de calcio por 19 laboratorios según el método de referencia

Laboratorios	Ca %			
	Agrios	Maiz	Manzano	Arroz
1	6,00	—	1,31	—
2	6,02	—	1,41	—
3	5,99	1,03	1,15	0,63
4	5,55	1,01	1,33	0,63
5	6,07	0,97	1,31	0,64
6	5,96	0,96	1,41	0,63
7	—	1,04	1,27	0,67
8	6,28	0,99	1,42	0,61
9	6,37	1,11	1,48	0,76
10	6,16	0,95	1,45	0,60
11	6,21	1,03	1,44	0,60
12	6,07	0,95	1,32	0,58
13	6,04	—	1,35	—
14	6,38	1,05	1,34	0,68
15	5,98	0,85	1,35	0,66
16	6,10	1,00	1,36	0,63
17	5,90	0,81	1,30	0,65
18	—	0,96	—	0,62
19	—	0,99	—	0,65
Medias	6,067	0,981	1,353	0,640
Desv. típica	0,1988	0,0720	0,0793	0,0410
C. V.	3,28	7,34	5,86	6,41

Los coeficientes de variación van de 3 a 7 sin que se les pueda atribuir una causa precisa; sólo una buena práctica del método conducirá a un mejor agrupamiento. Cualquier método, en particular si se trata de un método de referencia, debe ser ampliamente experimentado antes de ser puesto en marcha. De todas formas, los miembros del Comité Inter-Institutos estiman que los coeficientes de variación encontrados, son aceptables para la determinación del calcio en el medio vegetal y que el método utilizado puede constituir un buen método de referencia.

1.2.2.6. *Magnesio*

Es en la determinación del magnesio donde se obtienen los coeficientes de variación más elevados (10,3 a 22,3: Tabla II). Los métodos utilizados son variados. Se ha visto la influencia de la mineralización de la muestra, pero es en los métodos de valoración, propiamente dichos, donde se encuentra la mayor diversidad: Fotometría de emisión de llama bajo diversas formas, absorción atómica, complexometría con versenato, colorimetría con amarillo de titanio, colorimetría con oxina... Después de estudiar diversas formas de valoración, un método colorimétrico con amarillo de titanio es el que se ha elegido como método de referencia. De todas formas, el método clásico está sujeto a numerosas interferencias (P, Al, Fe, Ca, Cu, Mn...). En el método elegido se utiliza, para eliminar las interferencias debidas al calcio, a los fosfatos y a los metales pesados, el EGTA, y la trietanolamina, en una solución de compensación, conteniendo, además, manganeso ($\text{SO}_4\text{Mn} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), aluminio ($\text{Cl}_3\text{Al} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y magnesio en cantidades uniformes en las soluciones muestra y patrón. Respetando estas condiciones, la valoración del magnesio es suficientemente específica.

Es preciso señalar el papel de las soluciones patrón: En efecto, es esencial partir de una sal de magnesio de composición bien conocida, siendo el sulfato magnésico anhidro el que ofrece mayor garantía.

El método práctico está descrito en el párrafo 2.6. Algunos de los resultados obtenidos por 19 laboratorios se dan en la tabla VI.

Los coeficientes de variación parecen todavía bastante importantes (6,7 a 9,2), pero no hay que olvidar las dificultades de esta valoración, si bien con relación a los obtenidos en 1960 la mejora es evidente.

Por supuesto, un método tal de referencia no debe considerarse como definitivo. El desarrollo en los últimos años de la espectrofotometría de absorción atómica, utilizada, por otra parte, por varios laboratorios miembros del Comité Inter-Institutos, deberá próximamente permitir adoptar un nuevo método de referencia. El Comité Inter-Institutos ha preferido, de momento, mantener un método fundado en principios comprobados y susceptible de la mayor difusión.

2. MÉTODOS DE REFERENCIA

2.1. *Técnica de mineralización*

La forma de mineralización que se describe es utilizable para la determinación de P, K, Na, Ca, Mg y algunos oligoelementos.

TABLA VI

Determinación de magnesio por 19 laboratorios según el método de referencia (*)

Mg ‰

Laboratorios	Agrios	Maíz	Manzano	Arroz
1	0,250	—	0,280	—
2	0,281	0,326	0,266	0,140
3	0,256	0,279	0,275	0,154
4	0,230	0,312	0,280	0,159
5	0,244	0,331	0,261	0,185
6	0,248	0,255	0,281	0,155
7	0,280	0,341	0,350	0,192
8	0,241	0,291	0,270	0,164
9	0,221	0,289	0,263	0,152
10	0,234	0,352	0,265	0,181
11	0,251	0,325	0,318	0,169
12	0,265	0,309	0,284	0,164
13	0,231	—	0,263	—
14	—	0,314	—	0,163
15	0,240	0,278	0,300	0,164
16	0,252	0,292	0,295	0,172
17	0,246	0,299	0,239	0,194
18	—	0,309	—	0,170
19	—	0,271	—	0,155
Medias	0,248	0,304	0,281	0,166
Desv. típica	0,0166	0,0261	0,0260	0,0149
C. V.	6,72	8,58	9,25	9,03

(*) Se ha dado la tercera cifra decimal para respetar la forma habitual de presentar los resultados, si bien sólo se deben tomar dos decimales a la vista de la reproducibilidad obtenida.

Reactivos

Acido clorhídrico concentrado $d = 1,19$.

Acido fluorhídrico.

Agua destilada.

Técnica operatoria

Homogeneizar el polvo vegetal finamente molido y secar durante dieciséis horas a 70-80° C; enfriar en desecador.

Pesar 2 g. de muestra en cápsula de platino.

Colocar la cápsula en el horno frío, elevar la temperatura hasta 450° C en dos horas, mantenerlo a esta temperatura durante dos horas y enfriar. (Observación: Las cenizas obtenidas resultan generalmente claras.)

Humedecer las cenizas con 2 a 3 ml. de agua y 1 ml. de ácido clorhídrico concentrado, añadido lentamente.

Calentar sobre placa caliente hasta aparición de los primeros vapores, añadir algunos ml. de agua.

Filtrar sobre filtro sin cenizas, recogiendo el filtrado sobre un matraz aforado de 100 ml., lavando a continuación 3 ó 4 veces con agua tibia.

Incinerar el papel de filtro y su contenido durante una media hora a 550° C, como máximo, utilizando la misma cápsula de platino.

Agregar 5 ml. de FH.

Llevar a sequedad sobre placa caliente suave, o sobre baño María, sin pasar de 250° C.

Recoger el residuo con 1 ml. de ClH concentrado y lavar con agua tibia. Filtrar sobre el mismo matraz de 100 ml., completando hasta el enrase con agua destilada, después de fría la solución.

2.2. Determinación del nitrógeno (método de Kjeldahl)

Atacando el material vegetal con SO_4H_2 concentrado, a ebullición, en presencia de un catalizador, el nitrógeno se transforma en $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$. Se destila con un exceso de sosa y se valora el amoníaco destilado con SO_4H_2 N/14.

Reactivos

SO_4H_2 puro, reactivo análisis, $d = 1,84$.

Lejía de sosa cáustica 36 Bé (265 g/l. de NaOH, aproximadamente).

SO_4H_2 N/14.

Catalizador: 80 g. de SO_4K_2 , reactivo análisis. 20 g. de SO_4Cu anhidro, reactivo análisis (pulverizado). 2 g. de selenio puro.

Indicador: Una mezcla de volúmenes iguales de rojo de metilo (0,66 ‰) y verde de bromocresol (0,33 ‰) en alcohol etílico de 95°.

Acido bórico en solución al 2 % en agua.

Técnica operatoria

Introducir en un matraz de 150 ml. de 150 a 200 mg. de muestra vegetal (humedad comprendida entre 0 y 10 %), evitando que se depo-

site en el cuello del matraz, seguido de 5 ml. de SO_4H_2 concentrado ; dejar en contacto media hora.

Agregar unos 200 mg. de catalizador y, después de haber puesto dos o tres bolitas de vidrio, calentar algunos instantes, suavemente al principio, y después llevar a ebullición. La decoloración completa se obtiene generalmente en treinta minutos. Duración total del calentamiento: Una hora.

Enfriar y añadir, de una sola vez, 30 ml. de agua.

En el momento de destilar, añadir, de golpe, 25 ml. de la lejía de sosa y fijar el matraz al aparato de arrastre de vapor.

Recibir el destilado en un vaso de 250 ml. conteniendo 0,5 ml. de indicador y 10 ml. de ácido bórico, tocando la extremidad inferior del refrigerante el fondo del vaso. Duración de la destilación: Dos minutos y medio a tres minutos. Volumen recibido: 100 a 125 ml.

Valorar con ácido sulfúrico N/14 (viraje de verde a rojo).

Cálculo de resultados

Un ml. de solución N/14 corresponde a 1 mg. de N.

Si p es el peso en g. de muestra, n el volumen, en ml., de solución valorada gastados, el tanto por ciento de nitrógeno en materia seca viene dado por :

$$\text{N \%} = \frac{n}{10 \times p}$$

2.3. *Valoración del fósforo* (espectrofotometría de absorción)

Principio

En solución ácida, en presencia de iones V^{5+} y Mo^{6+} , el ácido fosfórico forma un complejo fosfovanadomolibdico amarillo, cuya densidad óptica se mide espectrofotométricamente a 430 $\mu\mu$.

Reactivos

Reactivo nitrovanadomolibdico preparado mezclando :

a) 100 ml. de molibdato amónico al 5 %.

b) 100 ml. de vanadato amónico al 2,5 % (disolver 25 g. de vanadato amónico en 500 ml. de agua caliente, añadir 20 ml. de NO_3H ($d = 1,33$). Después de enfriar, llevar a 1 litro).

c) 67 ml. de NO_3H ($d = 1,33$).

d) Agua, cantidad suficiente para llevar a 500 ml.

Solución patrón de P, de 1 mg. de P/ml.

Pesar 0,439 g. de fosfato monopotásico ($\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$), reactivo análisis, y disolverlo en 100 ml. de agua.

Solución de 20 μ g. de P/ml.: Diluir 50 veces la solución anterior.

Técnica operatoria

Poner de 5 a 10 ml. (según la concentración calculada de fósforo), de la solución de cenizas (párrafo 2.1.), en un matraz aforado de 25 ml.

Añadir 5 ml. de reactivo nitrovanadomolibdico.

Completar a volumen con agua desmineralizada.

Esperar una hora antes de medir con el espectrofotómetro.

Medir la densidad óptica a 430 $m\mu$.

La coloración es estable durante varias horas.

Observación

Es posible utilizar un fotocolorímetro con filtro azul (468 $m\mu$).

Solución patrón

Las lecturas se comparan con las obtenidas de una serie de soluciones patrón de fósforo tratadas de la misma forma anteriormente expuesta y que comprende, generalmente, los valores siguientes:

0-2-4-6-8-10-12 μ g de P/ml.

Cálculo de resultados

Si p es el peso g. de muestra, V el volumen de solución mineralizada, n la concentración de P en μ g/ml. en la solución fotometrada (10 ml. de la solución inicial llevados a 25 ml.), el contenido en fósforo, en % de materia seca, está determinado por:

$$P \% = \frac{n \times 25 \times V}{10^5 \times p}$$

2.4. Valoración de potasio y sodio (espectrofotometría de llama)

Principio

Las emisiones espectrales del potasio y sodio, obtenidas introduciendo la solución de cenizas vegetales en una llama, son comparadas a las obtenidas a partir de soluciones sintéticas de referencia.

Reactivos

Acido clorhídrico, $d = 1,19$.

Acido clorhídrico al 2 % (en volumen).

Agua destilada.

Solución base de potasio de 1 mg. de K/ml. (disolver 1,907 g. de ClK, reactivo análisis, secado durante una hora a 400° C, en 1 litro de ClH al 2 %).

Soluciones patrón de potasio: Preparar, a partir de la solución precedente, una serie conteniendo:

0-50-75-100-125-150-175-200 μ g de K/ml. en ClH al 2 %.

Observación

A veces, es necesario utilizar soluciones complejas, es decir, conteniendo, junto al potasio, concentraciones medias de otros elementos (Ca, Mg, P). Esto es particularmente importante cuando el potasio es bajo en relación a los otros elementos.

Solución base de sodio, de 1 mg. de Na/ml. (disolver 2,5413 g. de ClNa, químicamente puro, seco, en 1 litro de ClH al 1 %).

Soluciones patrón de sodio: Preparar, a partir de la solución precedente, una serie conteniendo:

0-10-25-50-75-100 μ g. de Na/ml. en ClH al 1 % y en presencia de concentraciones medias de K, Ca y Mg, correspondientes a la composición mineral del medio analizado.

Técnica operatoria

Medida espectrofotométrica del potasio

Diluir la solución de la muestra (párrafo 2.1) convenientemente (de 2 a 10 veces), para tener un contenido en K entre 50 y 200 μ g/ml. en ClH al 2 %.

Utilizar preferentemente un espectrofotómetro equipado con llama aire-propano (o aire-acetileno).

Ajustar la sensibilidad del espectrofotómetro para que con la emisión del K a 760 m μ se ocupe toda la amplitud de la escala, utilizando la solución patrón de 200 μ g. de K/ml. y el cero de la escala con agua destilada o el patrón de 50 μ g. de K/ml.

Fotometrar sucesivamente los patrones, las soluciones problema y de nuevo los patrones.

Cálculo de resultados

A partir de la curva patrón, el contenido en potasio en % de materia seca viene dado por :

$$\text{K \%} = \frac{n \times D \times V}{10^4 \times p},$$

siendo: n = μ g/ml. encontrados.

p = peso en g. de la muestra.

V = volumen de la solución de cenizas en ml.

D = dilución de la solución fotometrada.

Medida espectrofométrica del sodio

Utilizar la solución preparada (párrafo 2.1) sin diluir.

Ajustar la sensibilidad del espectrofotómetro sobre la línea del Na a 590 m μ para cubrir toda la escala con el patrón de Na de 100 μ g/ml. y el cero con agua destilada.

Fotometrar los patrones y las soluciones problema como para el potasio.

2.5. Valoración del calcio (método complexométrico)

Principio

Valoración complexométrica del calcio con EDTA, en presencia de hidroxí-2(hidroxí-2-sulfo-4 naftil azo)-1-naftoico-3 o HHSNN, como indicador.

Reactivos

Solución de EDTA 0,01 M : 3,72 g. de sal disódica del ácido etilendiamino-tetraacético, cristalizado con dos moléculas de agua, en 1 litro de agua.

Solución de ácido ascórbico al 5 %.

Agente enmascarante: Disolver, en agua, 3 g. de CNK, agregar 25 ml. de trietanolamina y llevar a 100 ml. con agua.

Solución de NaOH 2 N.

Indicador HHSNN: Mezclar y pulverizar íntimamente 0,500 g. de indicador y 100 g. de ClNa, reactivo análisis.

Solución de magnesio 0,05 M: 10,165 g. de $\text{Cl}_2\text{Mg} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ en 1 litro de agua.

Solución patrón de calcio 0,005 M: Disolver 0,500 g. de CO_3Ca , reactivo análisis, en 1 litro de ClH al 2 %.

Técnica operatoria

Valoración del EDTA

Poner, sucesivamente, en un vaso de 100 ml.:

5 ml. de solución patrón de Ca.

0,5 ml. de solución de magnesio.

50 ml. de agua.

3 gotas de ácido ascórbico.

1 ml. de agente enmascarante.

50 ml. de NaOH.

50 a 100 mg. de indicador.

Agregar la cantidad necesaria de EDTA para obtener el viraje a azul.

Poner en otros dos vasos de 100 ml.:

5 ml. de solución de calcio.

0,5 ml. de solución de magnesio.

50 ml. de agua.

3 gotas de ácido ascórbico.

1 ml. de agente enmascarante.

El 95 % del volumen de EDTA añadido antes.

5 ml. de hidróxido de sodio.

Agitar exactamente dos minutos en un agitador magnético.

Añadir 50-100 mg. de indicador y terminar la valoración, añadiendo la cantidad complementaria de EDTA, deteniéndose al primer viraje azul.

Determinación de calcio en la muestra

En un vaso de 100 ml. poner sucesivamente:

5 ml. de la solución a analizar (párrafo 2.1) o más, si el calcio es menor del 0,004 % de la materia seca.

1 ml. del agente enmascarante.

50 ml. de agua.

3 gotas de ácido ascórbico.

5 ml. de NaOH.

50-100 mg. de indicador.

Valorar con EDTA hasta el primer viraje a azul.

Poner en otros dos vasos de 100 ml. :

5 ml. de la solución a medir (o más si es necesario).

1 ml. del agente enmascarante.

50 ml. de agua.

3 gotas de ácido ascórbico.

El 95 % del volumen de EDTA añadido antes.

5 ml. de NaOH.

Agitar exactamente dos minutos en un agitador magnético.

Añadir 50-100 mg. de indicador y terminar la valoración con EDTA hasta el primer viraje a azul. El contenido en calcio se calcula a partir de la media de las dos últimas valoraciones, siendo la primera de ellas, generalmente, más alta.

Sea n el número de ml. de EDTA gastados (valor medio de las dos valoraciones).

Cálculo de resultados

Sea t la concentración del EDTA, valor vecino a 0,01 M, sabiendo que 1 ml. de EDTA 0,01 M corresponde a 2 ml. de calcio 0,005 M (0,0004008 g. de Ca).

Sea p el peso de muestra, en gramos, de materia seca, V el volumen en ml. de la solución de cenizas, v el valor en ml. de la alícuota destinada a la valoración.

El contenido de calcio en % de materia seca viene dado por :

$$\text{Ca \%} = \frac{n \times V \times t \times 4,008}{v \times p}$$

2.6. *Valoración del magnesio* (método espectrofotométrico con amarillo de titanio)

Principio

La absorción espectrofotométrica del complejo magnesio-amarillo de titanio permite una medida específica del magnesio a partir de soluciones vegetales, si los otros elementos presentes e interferentes (en particular el calcio) son complejados con el ácido etilen glicol bis-(B-amino-etil-éter)-N, N, N', N'-tetraacético (EGTA).

*Reactivos**a) Solución de compensación:*

Disolver 10 g. de EGTA en el volumen mínimo de KOH 6 N (alrededor de 11 ml.), y neutralizar con ClH N hasta pH 7.

Añadir seguidamente 20 ml. de trietanolamina,

0,0813 g. de $\text{SO}_4\text{Mn}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$,

0,0894 g. de $\text{Cl}_3\text{Al}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

(Estas sales se disuelven previamente en una pequeña cantidad de agua destilada) y 10 ml. de solución patrón de Mg.

Completar a un volumen de 400 ml.

Esta solución de compensación puede conservarse durante un mes.

b) Solución patrón de magnesio de 100 y 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$.

Disolver 0,495 g. de sulfato magnésico anhidro (SO_4Mg) en agua destilada y llevar a 1.000 ml.

Diluir 10 veces esta solución para obtener una de 10 μg de Mg/ml.

Observación

El sulfato magnésico anhidro se prepara calentando en horno, a 600° C durante cuatro horas, el sulfato magnésico hidratado ($\text{SO}_4\text{Mg}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$); la temperatura debe subirse lentamente hasta 250° C (100° C por hora).

c) Añadir a 10 ml. de una solución acuosa al 0,1 % de amarillo de titano, 5 ml. de alcohol polivinílico al 1 % en agua destilada, seguido de 25 ml. de una solución acuosa al 1,75 % de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ y 50 ml. de glicerina. Llevar a 100 ml.; esta solución se debe preparar a diario.

d) Mezcla de reactivos.

Mezclar el reactivo *c* con un volumen igual de la solución de compensación *a*.

e) Hidróxido potásico 6 N: 33,66 g. de KOH en 100 ml.

f) Hidróxido sódico 4 N: 16,00 g. de NaOH en 100 ml.

Técnica operatoria

La solución vegetal preparada según el método descrito en el párrafo 2.1 se diluye 5 veces con agua destilada (2 ml. de solución y 8 ml. de agua); esta dilución es adecuada para contenidos en magnesio entre 0 y 0,5 % de material vegetal.

La solución a medir en el espectrofotómetro se prepara así:

Tomar una alícuota de 2 ml. de la solución precedente.

Añadir 2 ml. de la mezcla de reactivos (d) y 1 ml. de NaOH 4 N, agitando después de cada adición.

Mantener la solución una hora en la oscuridad.

Medir a 550 m μ y comparar la densidad óptica con una serie patrón.

Curva patrón

A partir de la solución patrón de 10 μ g de Mg/ml., tomar: 0-4-8-12-20 μ g de Mg, o sea 0-0, 4-0, 8-1, 2-1, 6-2 ml. Llevar cada patrón a 2 ml. con agua destilada.

Agregar los reactivos como para las soluciones problema, medir en el espectrofotómetro y trazar la curva patrón: Densidad óptica a 550 m μ en función de la cantidad de magnesio.

Observaciones

En general, el patrón cero presenta una absorbancia de 0,250 a 0,280, en relación al agua destilada.

Ciertas marcas de EGTA están contaminadas con Mg. Se debe adaptar la cantidad de Mg puesta en la solución de compensación, de tal forma que la extinción del patrón cero llegue a 0,25-0,28 en relación al agua destilada.

Cálculo de resultados

Siendo p el peso de material vegetal en gramos, V el volumen de solución mineralizada en ml., n la cantidad de magnesio en μ g del patrón fotometrado, el contenido de magnesio en % de materia seca viene dado por:

$$\text{Mg \%} = \frac{n \times V}{4.000 \times p}$$

3. CONCLUSIONES

La aplicación de los métodos presentados y el examen de las tablas de resultados hacen prever que pueden aún perfeccionarse. Es, probablemente, la principal conclusión que puede sacarse; indudablemente, se pueden esperar grandes mejoras como consecuencia, simplemente, de una mayor experiencia con el método o, incluso, con la utilización de

nuevas técnicas: Absorción atómica, fluorescencia atómica, fluorescencia de rayos X, polarografía, radioactividad... Ahora bien, se han elaborado estos métodos con la finalidad esencial de disponer de un control de la nutrición mineral. Corresponde ahora a los usuarios dar su opinión. Los métodos de referencia, permitiendo comparaciones entre laboratorios, facilitarán el desarrollo de los resultados; es, en un segundo estadio, cuando podrán aparecer nuevas exigencias.

Los miembros del Comité Inter-Institutos, conscientes de su responsabilidad, prosiguen sus estudios para conseguir nuevas reducciones de los coeficientes de variación de los resultados analíticos, sobre todo para la adaptación de nuevos métodos.

Desde ahora los laboratorios del Comité trabajan en la preparación de métodos de referencia para el azufre y el cloro, así como para los oligoelementos hierro, manganeso, cobre y zinc.

El Comité Inter-Institutos para el Estudio de Técnicas Analíticas de Diagnóstico Foliar está dispuesto a recibir toda nueva colaboración, tanto en lo que concierne a los productos analizados como a los métodos de análisis.

Esta comunicación fue presentada al II Coloquio Europeo y Mediterráneo sobre el Control de la Alimentación de las Plantas Cultivadas (Viticultura, arboricultura, cultivos mediterráneos), celebrado en Sevilla en septiembre de 1968.

Recibido para publicación: 19-6-69

NOTAS

RENOVACION DE LA JUNTA DE GOBIERNO DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

De acuerdo con las disposiciones vigentes corresponde cesar a la mitad de los vocales de la Junta de Gobierno, por grupos de origen o procedencia. Tras el oportuno sorteo corresponde cesar a los señores siguientes:

Grupo de Directores de Centros:

Excmo. Sr. D. Felipe Lucena Conde, Director del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

Excmo. Sr. D. José Manuel Casas Torres, Director del Instituto de Geografía Aplicada.

Grupo de Investigadores:

Excmo. Sr. D. Valentín Hernando Fernández, Vicedirector e Investigador del Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid.

Excmo. Sr. D. Vicente Callao Fabregat, Profesor de la Estación Experimental del Zaidín de Granada.

Grupo de personalidades:

Excmo. Sr. D. Tomás Allende y García-Baxter, Subcomisario del Plan de Desarrollo Económico y Social.

Excmo. Sr. D. José García Gutiérrez, Director general de Extensión y Capacitación Agraria.

Para sustituirlos, por el procedimiento de elección, se nombran a los siguientes señores:

Grupo de Directores de Centros:

Excmo. Sr. D. Luis Recalde Martínez, Director de la Estación Experimental del Zaidín de Granada.

Excmo. Sr. D. Gaspar González González, Director del Instituto de Alimentación y Productividad Animal.

Grupo de Investigadores:

Excmo. Sr. D. Antonio García Rodríguez, Investigador Científico y Vicedirector del Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.

Excmo. Sr. D. Joaquín Templado Castaño, Investigador Científico y Jefe de la Sección de Entomología del Instituto Español de Entomología.

Grupo de personalidades:

Excelentísimo Sr. D. Luis Solé Sabarís, Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona.

Excmo. Sr. D. Daniel Pagés Raventós, Vocal del Consejo Técnico-Asesor del Patronato.

En consecuencia, la Junta de Gobierno del Patronato quedará constituida a partir del día 15 de julio por los señores siguientes:

Excmos. Sres. Presidente D. Ramón Esteruelas Ro'ando; Vicepresidente D. Francisco González García; Vocales D. Octavio Carpena Artés, D. Salvador Rivas Goday, D. José M.^a Fuster Casas, D. Joaquín Herrero Catalina, D. José Ferrer Fornes, D. Francisco Badía Serra, D. Luis Recalde Martínez, D. Gaspar González González, D. Antonio García Rodríguez, D. Joaquín Templado Castaño, D. Luis Solé Sabarís, D. Daniel Fagés Raventós; Secretario D. Angel Hoyos de Castro, y Secretario Adjunto D. Gonzalo Bilbao Agejas.

PREMIO JOSE MARIA ALBAREDA

El Premio «José M.^a Albareda», creado por el C. S. I. C. en memoria y recuerdo de la egregia figura del Prof. Albareda, ha sido concedido por el Ejecutivo de dicho organismo a D. Enrique Gutiérrez Ríos, por su trabajo «Una época de la cultura española», con fecha 25 de marzo de 1969.

Igualmente dicho organismo ha concedido un accésit a los señores don Mariano Tomeo Lacrue y don Adolfo Castillo Genzor, por su obra «Albareda. Biografía crítica de un gran español».

PREMIOS DEL C. S. I. C.

Los premios creados por el C. S. I. C. han sido otorgados, por lo que se refiere al año 1968, de la siguiente forma:

Premio «Francisco Franco» de Ciencias (individual): D. José Pascual Vila.

Premio «Francisco Franco» de Investigación Técnica (individual): Don Juan Francisco García de la Banda.

Premio «Francisco Franco» de Investigación Técnica (por equipos): Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.

Premio «Alonso de Herrera»: D. Maximiano Rodríguez López (Influencia del nitrógeno nítrico y amoniacal sobre ellas y modificaciones morfológicas y estructurales inducidas por los carbohidratos en el alga).

Premio «Antonio José de Cavanilles»: D. Jesús Fernández González (Estudio radioquímico del comportamiento del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético (2, 4-D) en suelos y su absorción por plantas).

TRASLADOS DE PROFESORES

Los Profesores que a continuación se indican, todos pertenecientes al Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología, han pasado a ocupar, por concurso de traslado, las Cátedras de las Universidades que se señalan:

D. Luis Josafat Alías Pérez, Catedrático de Geología, pasa de Badajoz a Murcia.

D. Julio Rodríguez Martínez, Catedrático de Geología, pasa de Pamplona a Madrid.

D. Oriol Riba Arderiu, Catedrático de Estratigrafía, pasa de Zaragoza a Barcelona.

NUEVOS PROFESORES

Ha sido nombrado Profesor Agregado de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de Barcelona el Ayudante Científico adscrito al Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca, don Gregorio Nicolás Rodrigo.

NOMBRAMIENTOS

Don Agustín Cotorruelo Sendagorta, Subcomisario del Plan de Desarrollo Económico y Social, y don Octavio Carpena Artés, han sido designados respectivamente Presidente y Gerente de la Comisión para el desarrollo socio-económico de la Cuenca del Segura.

INAUGURACIONES EN LA FINCA «LA MAYORA»

Ha tenido lugar el día 15 de mayo la inauguración de varios edificios en la Estación Experimental de «La Mayora», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Asistieron al acto, junto al Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, don Manuel Lora Tamaño; el Embajador de la República Federal de Alemania, doctor Herman Lindember; Director general de Agricultura y Presidente del Patronato «Alonso de Herrera», don Ramón Esteruelas; Secretario general del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, D. Angel González Alvarez; el Prof. y parlamentario alemán, señor Baade; el gobernador civil y jefe provincial del Movimiento de Málaga, D. Ramón Castilla

Pérez, y otras eminentes personalidades de la vida científica nacional. Entre ellas los Directores de Centros del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología, D. Francisco González García, D. Angel Hoyos de Castro, D. Luis Recalde, D. Gaspar González y D. Francisco Sobrino; autoridades provinciales y locales, Director de «La Mayora», doctor Dieter Wiemberg, junto con los profesores alemanes y españoles que forman parte del citado Centro experimental.

Los edificios inaugurados son los siguientes:

Un bloque central de 28 habitaciones con dos laboratorios para estudio de nematología y edafología, servicios y oficinas.

Una residencia de seis apartamentos para matrimonios y seis individuales, con salón comedor y cocina comunes.

Un almacén-taller y garaje para vehículos.

Dos chalets para viviendas del Director y Secretario del Centro.

Abrió el acto el Director de «La Mayora», que dirigió a los presentes unas palabras de salutación y bienvenida.

Seguidamente, el Director general de Agricultura, en representación del Ministro del Departamento, pronunció unas palabras para anunciar que «La Mayora» marca el signo de la cooperación hispanoalemana y que está al servicio del progreso de la agricultura andaluza.

El Profesor Baade, que habló a continuación, hizo un poco de historia sobre «La Mayora», a la que calificó como una de las mayores realizaciones de la colaboración alemana en el extranjero.

El embajador alemán, que intervino seguidamente, destacó la importancia que los Gobiernos alemán y español dan a esta colaboración para la ciencia, ya que se trata de un modelo de cooperación a nivel internacional.

Finalmente, el señor Lora Tamayo cerró el acto, excusó la asistencia del Ministro de Educación y Ciencia, que se encontraba en París, y rindió tributo del Profesor Albareda, recordando los años de común ilusión por la investigación científica en nuestro país.

Terminó haciendo votos porque «La Mayora» suponga un avance para el desarrollo de la agricultura en todo el Sur de España.

REESTRUCTURACION DEL CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DEL SEGURA

Ha sido reorganizado el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura de acuerdo con la propuesta del mismo, según el siguiente esquema orgánico:

Departamento de Edafología:

- Sección de Génesis y Tipología de Suelos.
- Sección de Cartografía y Sistemática de Suelos.
- Laboratorio de Física del Suelo.
- Laboratorio de Hidrogeología.

Departamento de Biología:

Sección de Fisiología Vegetal.
 Sección de Bioquímica Vegetal.
 Laboratorio de Microbiología.
 Laboratorio de Nutrición Animal.
 Laboratorio de Horticultura.
 Laboratorio de Citricultura.
 Laboratorio de Frunicultura.

Departamento de Química Agrícola:

Sección de Industrias Agrícolas.
 Sección de Radioisotopía.
 Laboratorio de Química del Suelo.
 Laboratorio de Química Vegetal.
 Laboratorio de Macronutrientes.
 Laboratorio de Oligoelementos.

Departamento de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal:

Sección de Química Analítica.
 Sección de Fertilidad de Suelos.
 Laboratorio de Salinidad.

Departamento de Economía Agrícola:

Sección de Economía Regional.
 Laboratorio de Economía de la Empresa y del Comercio.

Departamento de Orientación y Asistencia Técnica:

Servicios: Suelos.—Horticultura.—Citricultura.—Frunicultura.—Protección Vegetal.—Climatología.—Conservas Vegetales.—Estudios y Proyectos.—Estadística.

REESTRUCTURACION DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN

La Estación Experimental del Zaidín ha quedado reestructurada, según propuesta de su Junta de Gobierno, en los Departamentos, Secciones, Laboratorios y Servicios que se señalan:

Departamento de Nutrición Vegetal: Jefe, D. Luis Recalde Martínez.
 Sección de Fisiología Vegetal: Jefe, D. Luis Recalde Martínez.

Laboratorio de Ecología Vegetal: Jefe, D. Fernando Esteve Sueca.
 Sección de Química Agrícola: Jefe, D. Eduardo Esteban Velasco.
 Sección de Química Analítica: Jefe, D. Manuel Lachica Garrido.
 Laboratorio de Análisis en Serie: Jefe, D. Antonio Aguilar Villalvilla.

Sección de Físico-Química y Minerología de Arcillas: Jefe, D. Salvador González García.

Sección de Microbiología y Fitopatología: Jefe, D. Vicente Callao Fabregat.

Sección de Génesis, Clasificación y Cartografía de Suelos: Jefe, don Miguel Delgado Rodríguez.

Sección de Fisiología Animal y Ganadera: Jefe, D. Gregorio Varela Mosquera

Sección de Estadística: Jefe, D. Alfonso Guizanm Martín.

Sección de Bioquímica: Jefe, D. Federico Mayor Zaragoza.

Laboratorio de Agrobiometeorología: Jefe, D. José Cabellos Jiménez.

INSTITUTO «JAIME ALMERA»

El Departamento de Sedimentología y Suelos de Zaragoza se ha incorporado al Instituto «Jaime Almera» de Investigaciones Geológicas, por haber pasado el Profesor D. Oriol Riba Arderiu como Catedrático a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona. La incorporación se ha hecho como Sección de Estratigrafía y Sedimentología, continuando el Prof. Riba como Jefe de la misma Sección.

COMISION PARA EL DESARROLLO SOCIO-ECONOMICO DE LA CUENCA DEL SEGURA

Ha quedado constituida en Murcia la Comisión para el desarrollo socioeconómico de dicha zona

El Ministro Comisario del Plan de Desarrollo, don Laureano López Rodó, ha dado posesión en solemne acto celebrado el día 21 de mayo a los miembros de la Comisión para el desarrollo socioeconómico de la cuenca del Segura, creada por orden ministerial, en el curso de un acto al que asistieron los Directores generales de Obras Hidráulicas, Colonización, Administración Local y Agricultura, y los gobernadores civiles de Murcia, Alicante, Almería y Albacete.

Asistieron también los vocales natos de la Comisión y otras autoridades y representaciones de las cuatro provincias que integran el Sudeste español: Murcia, Alicante, Almería y Albacete.

El gerente de la Comisión, Prof. don Octavio Carpena Artés, pronunció unas palabras para agradecer al Ministro su visita al Centro de Edafología y al Instituto de Orientación y Asistencia Técnica del Sudeste, donde el acto se celebraba. Resaltó luego el incremento y disponibilidades que con el acueducto Tajo-Segura alcanzará el Sudeste y expu-

so las investigaciones científicas desarrolladas y el desarrollo también, a todos los niveles, que se llevan a cabo para lograr los cultivos mediante la ciencia.

Después, el Presidente de la Comisión y Subcomisario del Plan de Desarrollo, don Agustín Cotorruelo Sendagorta, resaltó el interés del Gobierno por el desarrollo económico del Sudeste de España. Hizo también historia del trasvase y expuso la extraordinaria rentabilidad que supondrá el mismo, y habló de la renta «per capita» de las cuatro provincias del Sudeste y de la evolución obtenida por las mismas desde 1967. Subrayó luego que, con el trasvase, el crecimiento de esta cuenca supondrá una gran evolución que pasará de los trescientos dólares «per capita» a los dos mil quinientos, a la vez que se contará con unas industrias y servicios potentes y una expresión extraordinaria en regadío que, junto a la expansión de otros sectores, alcanzará una importancia superior a la que representan actualmente en el Sudeste los regadíos.

Palabras del señor López Rodó

Cerró el acto el señor López Rodó con unas palabras de satisfacción por constituir hoy esta Comisión dentro del citado Instituto, que cuenta con un equipo de 130 colaboradores, de ellos 40 Doctores que han obtenido por dos veces el Premio Nacional «Francisco Franco». Habló más tarde el Ministro del futuro prometedor del Sudeste, ya que se ha de elevar el nivel de vida de las zonas que más lo necesiten, y señaló que esta región de España, en su problemática, contará con futuras iniciativas, como son la gran potencialidad de desarrollo en todas sus facetas, pero también con otros factores negativos, ya que es escasa la industrialización en algunas de sus zonas. Este área del Sudeste de España —añadió— está necesitada de este gran desarrollo.

Señaló después que, cuando se disponga de los recursos hidráulicos, el auge que alcanzará el Sudeste será extraordinario, pero para ello hay que contar con una planificación de alto alcance y determinar las previsiones, el agua, las transformaciones de regadío y la ordenación de cultivos, estableciéndose asimismo las zonas de carácter agrario para atender al mercado, que será mucho más potente. Dijo que esta tarea de estudio a cumplir por la Comisión quedará determinada antes de que lleguen las aguas. Subrayó que se hará una programación agraria de los cultivos, y señaló también la orientación que han de tomar estas zonas de regadío, con el que se creará una auténtica política de desarrollo regional adaptada al potencial europeo.

Finalmente, puso de relieve el señor López Rodó la trascendencia de la obra a acometer, que alcanzará la máxima transformación con la realización de los estudios que serán llevados a cabo con la mayor alteza de miras, ya que en esta zona se van a alumbrar fuentes de riqueza en todos sus sectores, pero sin egoísmos ni localismos, y sólo con miras al interés superior general.

NUEVO VOCAL DEL CONSEJO TECNICO ASESOR DEL PATRONATO «ALONSO DE HERRERA»

A propuesta de la Junta de Gobierno del Patronato «Alonso de Herrera» el Consejo Ejecutivo del C. S. I. C. ha nombrado Vocal del Consejo Técnico Asesor del Patronato «Alonso de Herrera» al excelentísimo señor don José M.^a Sanz Pastor y Fernández de Piérola, Doctor Ingeniero de Montes, Presidente de COES, Agricultor y antiguo colaborador de don José M.^a Albareda (q. e. p. d.) en la planificación de Centros de Asistencia Técnica regionales.

CENTRO DE EDAFOLOGIA Y BIOLOGIA APLICADA DE SALAMANCA

Teniendo en cuenta la importancia que para el desarrollo regional tiene la práticamente en Salamanca, se ha tomado el acuerdo de transformar el Laboratorio de Práticamente del Centro citado en Sección, nombrando Jefe de la misma a D. José Manuel Gómez Gutiérrez, Ayudante Científico, que ostentaba ya la Jefatura del Laboratorio.

ESTACION BIOLOGICA DE DOÑANA

El Director de esta Estación, Dr. Valverde, ha dado cuenta de la compra de 3.200 Ha. de terreno de las Marismas de Guadamar, S. A., financiada por la World Wildlife Fund.

DISTINCION A LA ESTACION EXPERIMENTAL DEL ZAIDIN Y AL DR. OLIVARES

La citada estación ha recibido una comunicación del Secretario general del X International Cancer Congress, que se celebrará en Houston (Texas), USA, en mayo del próximo año, invitando al Dr. Olivares Pascual, Colaborador Científico de dicho Centro, a participar en dicha reunión, nombrándole Speaker del Panel número 27, titulado «Biochemical Effects of Tumor Growth on the Host».

CONFERENCIAS DEL PROF. SWEATMAN

En el Instituto de Edafología y Biología Vegetal de Madrid ha pronunciado un ciclo de conferencias el Dr. T. R. Sweatman, del C. S. I. R. O., División de Suelos (Australia), los días 12, 13 y 14 de mayo en el Salón de Actos del Instituto, bajo los títulos:

«A Review of Electron - probe Microanalysis and its Applications».
«The Theory and Practice of Quantitative Electron - probe Microanalysis». Part I: *Theory*. Part II: *Practice*.

CONFERENCIAS DEL PROF. JOHNS

El Instituto de Edafología y Biología Vegetal del C. S. I. C. y la Comisión de Intercambio Cultural entre España y los Estados Unidos, han organizado un ciclo de conferencias a cargo del Prof. W. D. Johns, de la «Washington University», St. Louis, Missouri, que ha tenido lugar durante los días 26 al 30 de mayo, de acuerdo con el siguiente programa:

Día 26 de mayo, en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, C. S. I. C., *Cation-dipole interactions on organic-montmorillonite complexes.*

Día 27 de mayo, en el Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias, *X-ray structural and infrared studies of alkyl ammonium vermiculite complexes.*

Día 29 de mayo, en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias, *Fatty acid-hydrocarbon distribution on argillaceous sediments. Role of clay catalysis in origin of hidrocarbons from fatty acids.*

Día 30 de mayo, en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, C. S. I. C., *Characterization of mica and montmorillonite layers in regularly and randomly stratified mixed-layer minerals.*

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIENCIA DEL SUELO

La Sociedad Española de Ciencia del Suelo ha celebrado una reunión científica en la que, sobre el tema «Estudio de Suelos con Microscopía Electrónica», el Dr. J. Alonso Pacual pronunció una conferencia en el Salón de Actos del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, el día 21 de mayo.

VIAJE DEL DR. PANEQUE A ALEMANIA

El Dr. D. Antonio Paneque, Jefe de la Sección de Bioquímica Vegetal del Departamento de Morfología y Fisiología del C. S. I. C. (Sevilla), ha visitado las Universidades de Göttingen, Würzburg y Erlangen, en Alemania, especialmente invitado por los Profesores Trebst, Simonis y Kessler, respectivamente.

El Dr. Paneque pronunció tres conferencias sobre los trabajos de investigación que se realizan en el citado Departamento del Consejo. Los resultados presentados fueron acogidos con interés por los colegas alemanes, quienes felicitaron al conferenciante. En la Universidad de Göttingen, el Dr. Paneque participó en la realización de diversos experimentos sobre asimilación del nitrato por algas y fue amablemente atendido en su visita a la Colección de Cultivos de Algas por el Doctor Koch, Director de la Colección.

I CONGRESO INTERNACIONAL DE PATOLOGÍA DE PLANTAS

Se celebró en Londres el I Congreso Internacional de Patología de Plantas. Asistieron más de mil trescientos delegados de todo el mundo. Las sesiones estuvieron divididas en las materias siguientes: Hongos patógenos, bacterias, virus y genética de plantas resistentes. Sobre cada materia se celebraron numerosos simposios. Por España asistieron D. Miguel Rubio Huertos, Investigador Científico del Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología, y D. Antonio Gómez Barcina, Ayudante Científico del Centro Experimental Económico-Agrario «La Mayoría». El Dr. Rubio Huertos presidió un Simposio sobre «Ultraestructura de células infectadas por virus», e intervino activamente en las discusiones.

Los asistentes realizaron un viaje a la Estación Experimental de Tothamsted, en Harpenden, visitando la granja y los laboratorios en sus diferentes secciones, en especial el Departamento de nematología, pudiendo observar el avanzado estado en que se encuentra esta rama de la ciencia en el Reino Unido. También tuvieron la oportunidad de visitar el Commonwealth Bureau of Helminthology, en St. Albans, Herts, y cambiar impresiones con su Director, Dr. Sheila Willmott.

SIMPOSIO SOBRE EL EMPLEO DE ISOTOPOS Y DE RADIACIONES EN LOS ESTUDIOS SOBRE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

En la Sede del Organismo Internacional de Energía Atómica de Viena se celebró un Simposio sobre el Empleo de Isótopos y de Radiaciones en los Estudios sobre la Materia Orgánica del Suelo, patrocinado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Concurrieron representaciones de Canadá, Estados Unidos, República Federal Alemana, Austria, Francia, Reino Unido, Unión Soviética, España, India, Israel, Turquía, Bélgica, Suecia y Argentina. España estuvo representada por D. Francisco Velasco de Pedro, Colaborador Científico del Instituto de Edafología; D. Carlos Bautista Ortega Sánchez, del Instituto de Edafología, y D. Francisco Costa Yagüe, Colaborador Científico del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura de Murcia.

El Simposio incluyó los siguientes temas: Importancia de la materia orgánica del suelo en la producción mundial de alimentos. Influencia de la materia orgánica sobre la disponibilidad de sustancias nutrientes del suelo. Efectos de los distintos elementos constitutivos de la materia orgánica sobre la microflora del suelo y sobre el crecimiento de las plantas. Síntesis y degradación de la materia orgánica en el suelo. Propiedades físicas y químicas de las sustancias húmicas. Sustancias citotóxicas y citoestimulantes del suelo resultantes de la adición o de la transformación de la materia orgánica. Aprovechamiento económico

y métodos de cultivo en relación con la materia orgánica del suelo. Técnicas experimentales de empleo de isótopos y de radiaciones en los estudios sobre la materia orgánica del suelo. Los isótopos y las radiaciones en las futuras investigaciones sobre la materia orgánica del suelo.

El Instituto de Edafología y Biología Vegetal del C. S. I. C. (Madrid) presentó dos comunicaciones y la Junta de Energía Nuclear presentó otra en colaboración con el Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (Murcia).

En todas las sesiones se celebraron coloquios.

SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE BIOSÍNTESIS DE PROTEÍNAS

Sobre «Biosíntesis de proteínas» se celebró en Olsztyn (Polonia) un Simposio Internacional. La Ciudad Universitaria de Kortowo, a tres kilómetros de Olsztyn, fue la sede de las reuniones. Simultáneamente se desarrollaron las sesiones del VI Congreso de la Sociedad Polaca de Bioquímica y las reuniones de este Simposio Internacional, subvencionados ambos por la Academia Polaca de Ciencias y por la UNESCO. El Comité organizador del Simposio estaba formado por los Profesores Szafranski, Zakrewsky y Zielinska, y por los Doctores Angielski, Fitko, Klita y Maslowski.

Se pronunciaron quince conferencias sobre distintos temas de la especialidad. España estuvo representada por el Dr. David Vázquez Martínez, Director del Instituto de Biología Celular, que presentó una comunicación sobre «Inhibidores de formación de enlace peptídico a nivel del ribosoma», trabajo realizado en colaboración con el Dr. R. E. Monro, perteneciente también al Instituto de Biología Celular.

Aparte de las conferencias principales, se leyeron comunicaciones libres sobre distintas materias de la Bioquímica.

XVII CONGRESO INTERNACIONAL DE LIMNOLOGIA TEORICA Y APLICADA

En la Universidad de Jerusalén, y organizado por la Asociación Internacional de Limnología Teórica y Aplicada, se ha celebrado el XVII Congreso Internacional de Limnología Teórica y Aplicada. Asistieron más de cuatrocientos participantes de treinta y ocho países. Las dos representaciones más numerosas fueron la israelí, con ciento treinta delegados, y la de Estados Unidos, con setenta y cinco. Entre los varios simposios plenarios merece destacarse los dedicados a aguas salobres, lagos tropicales y piscicultura en estanques. Las secciones más importantes fueron las de Limnología Física y Química, Productividad, Citoplancton y Zooplancton, Organismos bénticos, Ictiología y Bacteriología.

Por España asistió D. Antonio Vidal Celma, del Centro Pirenaico de Biología Experimental, de Jaca, que leyó una comunicación titulada

«Evolution d'un lac de barrage dans le NE de l'Espagne pendant les quatre premières années de service», en la que se sintetizan los principales resultados del estudio periódico realizado en el embalse de Sau. (Barcelona), de gran interés para la Dirección Técnica del nuevo abastecimiento de agua a Barcelona.

XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE ENTOMOLOGIA

En Moscú se reunió el XIII Congreso Internacional de Entomología, el más importante de los celebrados hasta esta fecha sobre dicha especialidad, ya que concurrieron a él tres mil ochocientos entomólogos representando a setenta y dos naciones. Fue escenario de los actos el edificio de la Universidad de Moscú.

La Delegación española estuvo compuesta por el Dr. D. Ramón Agenjo Cecilia, Director del Instituto Español de Entomología; la Doctora Dña. Dolores Selga Serra, Secretario del Instituto Español de Entomología; D. Salvador Vicente Feris, D. Arturo Compte Sart, Doña Elvira Mingo Pérez y Dña. Vicenta Llorente del Moral, todos ellos pertenecientes al Instituto Español de Entomología, y el Profesor don Adolfo Rupérez, Jefe de la Sección de Patología de Insectos.

La sesión inaugural del Congreso, en el Palacio de los Congresos del Kremlin, en el que se celebran habitualmente las grandes reuniones internacionales organizadas por la URSS, fue presidida por un representante del Ministro de Sanidad, Alcalde de la ciudad y Presidente del Congreso, entre otras personalidades.

El Congreso estuvo dividido en trece sesiones: Sistemática, Faunística y Distribución geográfica, Morfología, Filogenia y Paleontología, Genética y Citología, Fisiología y Bioquímica, Ecología, Biocenología y Conservación de la naturaleza, Biofísica y Mecanismos morfo-fisiológicos de los insectos, Patología de los insectos y Acarina, Control biológico, Control químico y Toxicología, Entomología Agrícola y Acarología, Entomología Forestal, Entomología médica y veterinaria e Insectos beneficiosos.

La Delegación española presentó las siguientes comunicaciones: Doctor Agenjo: «Gute Merkmale zur Bestimmung der Arten und andere höhere systematische Kategorien bei den Lepidoptera». Don Arturo Compte Sart: «On the nature of the infraespecific division». Doctora Mingo: «Chrysididae Iberiiskogo poluostrova». Doctor Rupérez: «Microbial control of the Gypsy Moth». Doctora Selga: «Influence des facteurs environnementaux et pédologiques sur la faune du sol».

La clausura de los actos se realizó en el Atrium de la Universidad. Se acordó que el próximo tenga lugar en Australia, el año 1972.

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE LAS ROYAS DE LOS CEREALES

Una Conferencia Internacional sobre las Royas de los Cereales se celebró en Oeiras (Portugal), en los edificios de la Estação Agronomica Nacional.

Asistieron sesenta y ocho congresistas pertenecientes a veintiún países. La representación española estuvo constituida por el Ingeniero Técnico don Luis María Villena Martín, de la Estación Experimental de «Aula Dei», de Zaragoza, y por los Ingenieros D. J. Salazar y D. M. Brañas, ambos del Centro de Cerealicultura de Madrid.

La Conferencia abarcó nueve sesiones, en las cuales se estudiaron los siguientes temas: Importancia económica de las Royas de los Cereales, Problemas nacionales e internacionales de epidemiología, Gramíneas espontáneas, Variabilidad sexual y asexual en las Royas de los Cereales, Ecología y Fisiología, Problemas de identificación de razas, Genética y relaciones entre huésped-parásito, Progresos en el control de las Royas y Problemas sobre la coordinación y organización internacionales.

Los puntos estudiados fueron: Epidemiología, Fisiología, Especialización fisiológica, Mejora de la resistencia y Organización y cooperación internacional.

Fueron leídas y discutidas seis comunicaciones españolas sobre los siguientes temas: Observaciones epidemiológicas sobre la Roya del tallo en España, Reacción de *aegilops* spp. contra varias razas de la Roya de la hoja y del tallo del trigo, Especialización fisiológica de la Roya de la hoja en España, Especialización fisiológica del *P. graminis* f. sp. *tritici* en España, Variedades de trigo resistentes a la Roya del tallo y Variedades de trigo resistentes a la Roya de la hoja.

CONFERENCIA INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE LAS BASES CIENTIFICAS DE LA UTILIZACION RACIONAL Y LA CONSERVACION DE LOS RECURSOS DE LA BIOSFERA

En la sede de la UNESCO, en París, se ha celebrado la Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre las Bases Científicas de la Utilización Racional y la Conservación de los Recursos de la Biosfera, organizada en cumplimiento de la resolución aprobada por la Conferencia General de la UNESCO en su catorce reunión.

Ya con anterioridad se habían celebrado en Madrid cinco reuniones presididas por el Dr. D. Andrés Pérez Masiá, Secretario General Adjunto del C. S. I. C., en las que participaron expertos designados por el Patronato de Biología Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Dirección General de Sanidad y Ministerio de Educación. El objetivo fundamental de estas reuniones fue la preparación del informe de la Delegación española y la designación de los científicos que acudirían a la Conferencia.

Los miembros de la Delegación española fueron los siguientes: Doctor D. Enrique Balcells Rocamora, Director del Centro Pirenáico de Biología Experimental de Jaca, Presidente de la Delegación; Doctor D. Fernando González Bernáldez, Jefe de la Sección de Ecofisiología del Instituto de Edafología, Secretario de la Delegación; D. Arturo Compte Sart, del Instituto Español de Entomología, Secretario de la Comisión de Protección de la Naturaleza; Dr. D. Emilio Fernández Galiano, Jefe de Sección del Centro de Edafología del Cuarto y Catedrático de la Universidad de Sevilla; Dr. D. R. Margalef, Catedrático de la Universidad de Barcelona y miembro del Instituto de Investigaciones Pesqueras, del C. S. I. C.; Dr. D. C. Gómez Campos, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos; Dr. D. Valentín Hernando Fernández, Vicedirector del Instituto de Edafología y Biología Vegetal, del C. S. I. C.; Dr. D. Jacinto Nadal Puigdefábregas, del Centro Pirenáico de Biología Experimental, de Jaca; Doctor D. L. Nájera Angulo, Secretario Técnico de la Dirección General de Sanidad; Dr. D. J. L. Sotillo Ramos, Jefe de Sección del Patronato de Biología Animal, y Dr. D. J. A. Valverde Gómez, Director de la Estación Biológica de Doñana, del C. S. I. C.

La Sesión inaugural fue abierta por el Sr. Malcolm S. Adiseshiah, Director General Adjunto de la UNESCO, en presencia de los Directores Generales de la FAO, OMS, Representante del Secretario General de la ONU, y Presidente de la UICN y PBI. Se procedió a la elección, como Presidente de la Conferencia, del Dr. F. Bourlière, representante de Francia. A continuación se aprobó el reglamento de la conferencia, que estipulaba la constitución de tres comisiones: Comisión de Investigación, Comisión de Educación y Comisión de Políticas y Estructuras Científicas.

La mayor parte de la actividad de la Conferencia se desarrolló en las tres Comisiones citadas, cuyas sesiones fueron separadas y simultáneas. El resumen de estas actividades y sus conclusiones se examinaron y elevaron a definitivas en la Sesión de Clausura.

Estuvieron representados en la Conferencia sesenta y dos Estados Miembros, y un Estado no Miembro: La Santa Sede.

El Embajador permanente de España en la UNESCO, Sr. Garrigues, prestó una ayuda importantísima a la Delegación española.

NORMAS PARA LA COLABORACION EN «ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA»

1.ª *Envío*.—Los trabajos que se remitan para su publicación en ANALES DE EDAFOLOGÍA tendrán que ceñirse exactamente a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo ser enviados a la Secretaría de la REVISTA para su registro. Se devolverán todos los recibidos que no cumplan los requisitos ordenados.

2.ª *Título*. El título de los trabajos deberá ser muy claro y preciso, reflejando claramente su contenido. Seguidamente se indicará nombre y apellidos de los autores, Centro donde ha sido realizado y fecha de envío a la REVISTA.

3.ª *Resumen*.—Obligatoriamente los artículos deberán ir acompañados por un resumen, que con toda claridad señale el objeto del trabajo realizado, algún detalle experimental, si es fundamental para la correcta interpretación de los resultados, y las conclusiones obtenidas. Este resumen debe efectuarse en castellano, y añadirse la traducción al inglés. Además, si se desea, podrá incluirse la versión del mismo en francés, italiano o alemán.

4.ª *Redacción del texto y presentación*.—Se procurará que la redacción sea lo más concisa posible. Los trabajos deberán escribirse a máquina en doble espacio y por una sola cara, no sobrepasándose en extensión las 20 holandesas. Los autores podrán indicar, por si puede atenderse, el tamaño de la letra en la que crean conveniente se realice la impresión.

5.ª *Bibliografía*.—La bibliografía deberá reducirse a la verdaderamente indispensable, que tenga relación directa con la investigación efectuada, evitándose los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.

Dichas referencias se incluirán siempre a la terminación del trabajo, numeradas correlativamente y ordenadas por orden alfabético de apellidos de autores. En cada cita se consignarán, en este orden, los datos siguientes:

Apellidos e iniciales del autor. Año de la publicación a que se refiere la cita-título del trabajo citado. Título del trabajo. Nombre de la publicación —abreviada de acuerdo con las normas internacionales—, en cursiva, y tomo y página a que se refiera la nota.

Para efectuar la referencia de un libro se indicarán los siguientes datos: Apellido e iniciales del autor. Año de la edición. Título en idioma original. Tomo. Edición. Población (todo ello en forma similar a las citas de revistas).

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

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

El número de fotografías deberá igualmente limitarse, enviando sólo las que realmente —teniendo en cuenta la reproducción— sean útiles, claras e ilustrativas.

Los gráficos y dibujos vendrán dibujados sobre papel vegetal y con tinta china. En la publicación tendrán una anchura de 12 o de 6 cm., o sea, la correspondiente a una o media anchura de plana de nuestra publicación. Los autores deben señalar el tamaño que desean para sus gráficos o dibujos, y tener en cuenta que las escalas de reducción más convenientes son de 2 a 1 y de 3 a 1. Los rótulos y signos de los mismos deberán ser de tal tamaño que su altura, una vez reducida, no sea inferior a 1,5 mm.

Cada gráfico deberá acompañarse de un número de orden, reproducido en el texto. En éste, se indicará el lugar aproximado de colocación de cada uno. Los pies de gráficos y dibujos, escritos a máquina, se enviarán en papel aparte.

Para las fotografías servirán observaciones similares.

7.ª *Fórmulas y expresiones matemáticas.*—En unas y otras debe procurarse la máxima claridad en su escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio, siempre que ello no entrañe riesgo de incomprensión.

8.ª *Caracteres de imprenta.*—Se ruega a los autores señalen en sus originales los estilos de los caracteres de imprenta que deban emplearse, de la manera siguiente:

Subrayar con una línea — las palabras en *cursiva*.

Subrayar con dos líneas = las palabras en **VERSALITAS**.

Subrayar con tres líneas ≡ las palabras en **VERSALES**.

Subrayar con una línea ~ las palabras en **negrita**.

Subrayar con una línea discontinua - - - las palabras **e s p a c i a d a s**.

9.ª *Pruebas.*—Deberán devolverse, debidamente corregidas, junto con el trabajo original, en el plazo de ocho días, a partir de la fecha de envío. Pasado este plazo sin recibirse, el trabajo perderá su turno de publicación. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original. Si el autor desea hacer alguna alteración del texto original que suponga gastos adicionales de impresión, éstos le serán facturados a precio de coste.

10. *Separatas.*—De cada trabajo se entregarán gratuitamente al autor 25 separatas. A petición de éste —hecha constar por escrito en la cubierta del original— podrán servirsele, a su cargo, las que desee.

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

ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA

Publicados por el INSTITUTO NACIONAL DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA «JOSÉ M.^a ALBAREDA», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Integrado por los Centros:

Instituto de Edafología y Biología Vegetal. Madrid.	Departamento de Economía Agraria. Madrid.
Departamento de Edafología de Barcelona.	Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza.
Centro de Edafología de Tenerife.	Instituto de Aclimatación. Almería.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia.	Instituto de Alimentación y Productividad Animal. Madrid.
Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla.	Instituto «Jaime Ferrán» de Microbiología. Madrid.
Estación Experimental del Zaidín. Granada.	Estación Agrícola Experimental. León.
Instituto de Investigaciones Geológicas, Edafológicas y Agrobiológicas de Galicia. Santiago de Compostela.	Instituto de Biología Celular. Madrid.
Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca.	Centro Experimental Económico-Agrario La Mayora, Málaga.
Departamento de Zootecnia de Córdoba.	Estación Experimental y de Enseñanza La Poveda, Madrid.
	Centro Pirenaico de Biología Experimental de Jaca. Huesca.

Con la Colaboración de los Organismos siguientes:

Instituto de Biología del Tabaco. Sevilla.	Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.
Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.	Sociedad Española de Ciencia del Suelo.
Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas).	Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones.

ESPAÑA:

Suscripción anual	430 ptas.
Volumen suelto	80 »

EXTRANJERO:

Suscripción anual	540 ptas.
Volumen suelto	100 »

Cada volumen contiene dos números.

Toda la correspondencia a

ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGIA
SERRANO, 113. MADRID-6 (ESPAÑA)

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

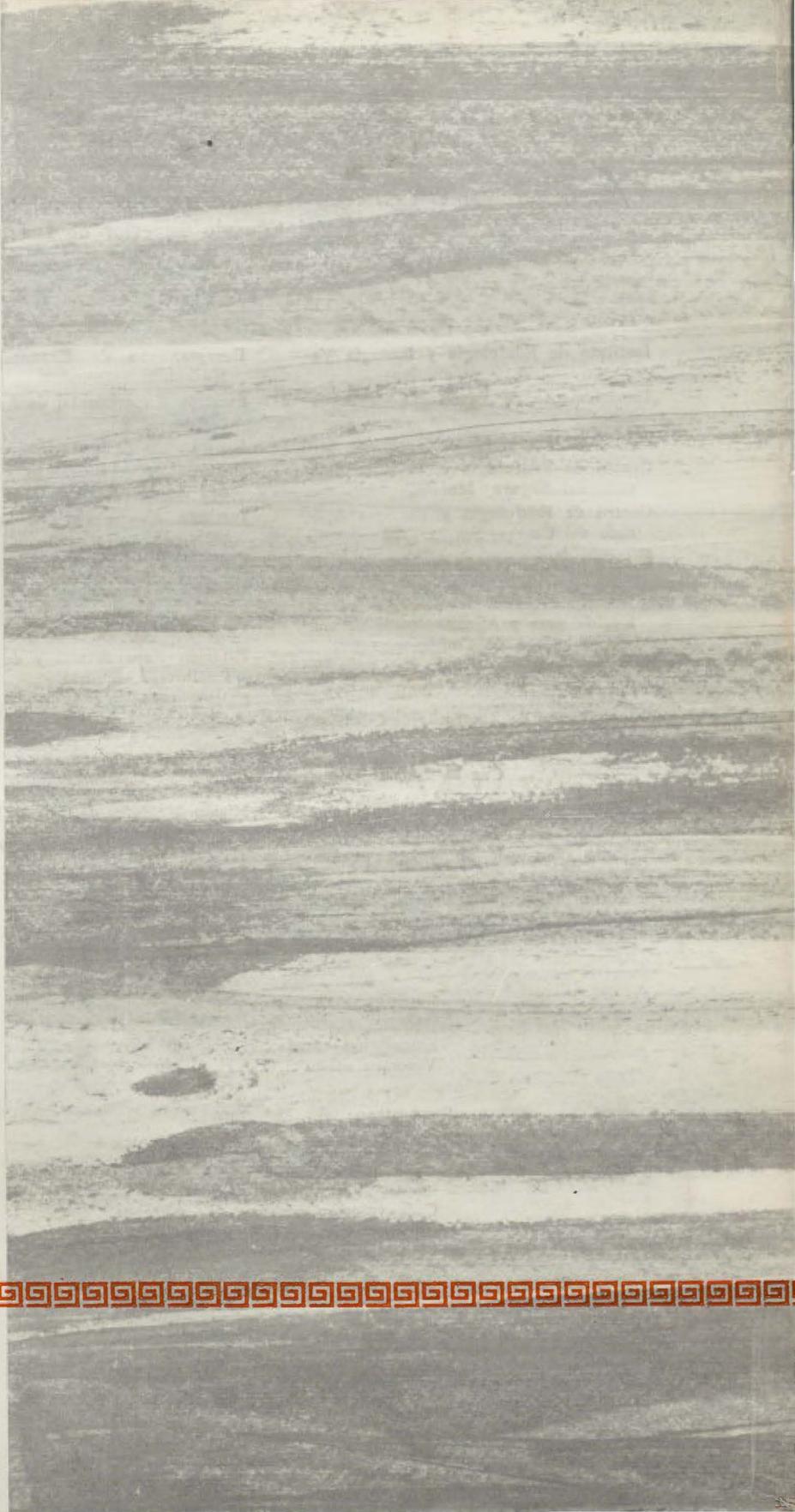
1974

1975

1976

1977

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
ANALES DE EDAFOLOGÍA Y AGROBIOLOGÍA



TOMO XVIII. NÚMS. 5-6

ANALES DE FLOGLA Y AGRICOLA

Mayo-Junio 1969



FEA