

ESTUDIO QUÍMICO DE LOS PASTOS LEONESES

(Fertilidad del suelo y composición mineral de la hierba)

Por M.^a Concepción Carpintero Gigosos

INTRODUCCION

En un trabajo previo realizado por el Centro de Edafología de Salamanca, se ha estudiado la Fertilidad Química de los suelos de la Provincia de León.³ Por la amplitud geográfica de la zona considerada, este estudio no abordó con cierta profundidad el problema de una región de gran importancia: la zona norte, de pasto natural, cuya fertilidad química natural tiene interés científico y técnico por el hecho de ser terrenos escasamente sometidos a fertilización mineral.

En esta Memoria se aborda este problema siendo varios los aspectos que preferentemente se consideran: composición química de los suelos, con especial atención a los factores que regulan su fertilidad (pH, Materia Orgánica, Nitrógeno, Fósforo asimilable, Potasio asimilable, Calcio, Magnesio), la composición química del forraje que sobre ellos crece, la relación composición del suelo/composición de la planta y el valor nutritivo de dicho forraje. La relación suelo/planta fue objeto de especial atención mediante una técnica especial: tomar conjuntamente el suelo y el pasto que sobre él crece. Se intentó utilizar simultáneamente esta relación suelo/planta como medio de conocer el método de análisis de fósforo y potasio asimilable más adecuado en esta región y vegetación, de forma análoga a lo realizado en Holanda, por VAN DER PAAUW.⁴⁷ Los resultados, sin embargo, no fueron concluyentes.

FERTILIDAD QUIMICA NATURAL DE LOS SUELOS

I. CARACTERISTICAS GENERALES

La zona estudiada en el presente trabajo comprende todo el N. y NO. de la provincia.

El rasgo preponderante de esta región, es su carácter forestal y la presencia de magníficos prados naturales, favorecido su desarrollo por unas condiciones climatológicas especiales.

Topográficamente corresponde a una región de montaña con grandes diferencias de altitud y pendiente, con dos unidades netamente diferenciadas: laderas y valles.

Clima.—Respecto al clima, toda la zona montañosa recibe cantidades de lluvia superiores a 1.500 mm anuales, gran parte en forma de nieve.

Considerando como año agrícola el intervalo entre dos recolecciones, los datos obtenidos por el Servicio Meteorológico⁴ para los años 1959-1960 y 1960-1961, en que se realizó la toma de muestras fueron de 1823.8 mm y 1341.7 mm. respectivamente de lluvia.

En el gráfico (II) vienen expresados estos datos en función de las medias de temperatura mensuales.

La cantidad de agua caída durante el segundo año fue bastante más pequeña que en el primero, con un área sensiblemente desplazada hacia los meses del otoño anterior, alcanzando un máximo en el mes de octubre y el mínimo en el de marzo. Se le puede considerar en esta zona como un año relativamente seco. El área de lluvia para el primer año, se encuentra más desplazada hacia los meses de noviembre y diciembre, siendo más elevada también para los meses de febrero, marzo y abril. Como la curva de temperaturas medias, es prácticamente igual, podemos considerar este primer año climatológicamente mejor para el desarrollo de la planta que el segundo año.

MAPA GEOLÓGICO SITUACIÓN DE LAS MUESTRAS

Escala 1:400.000

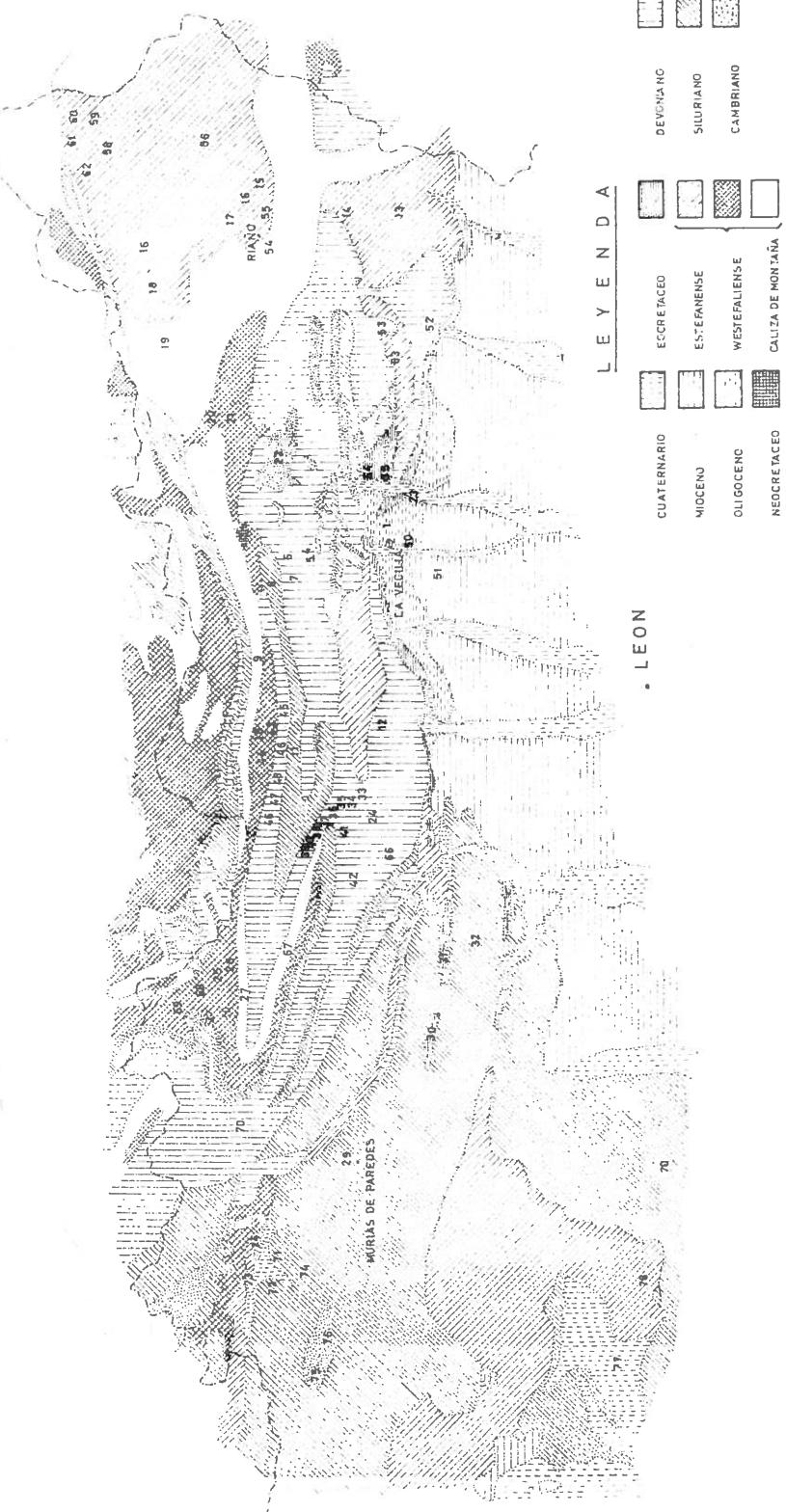
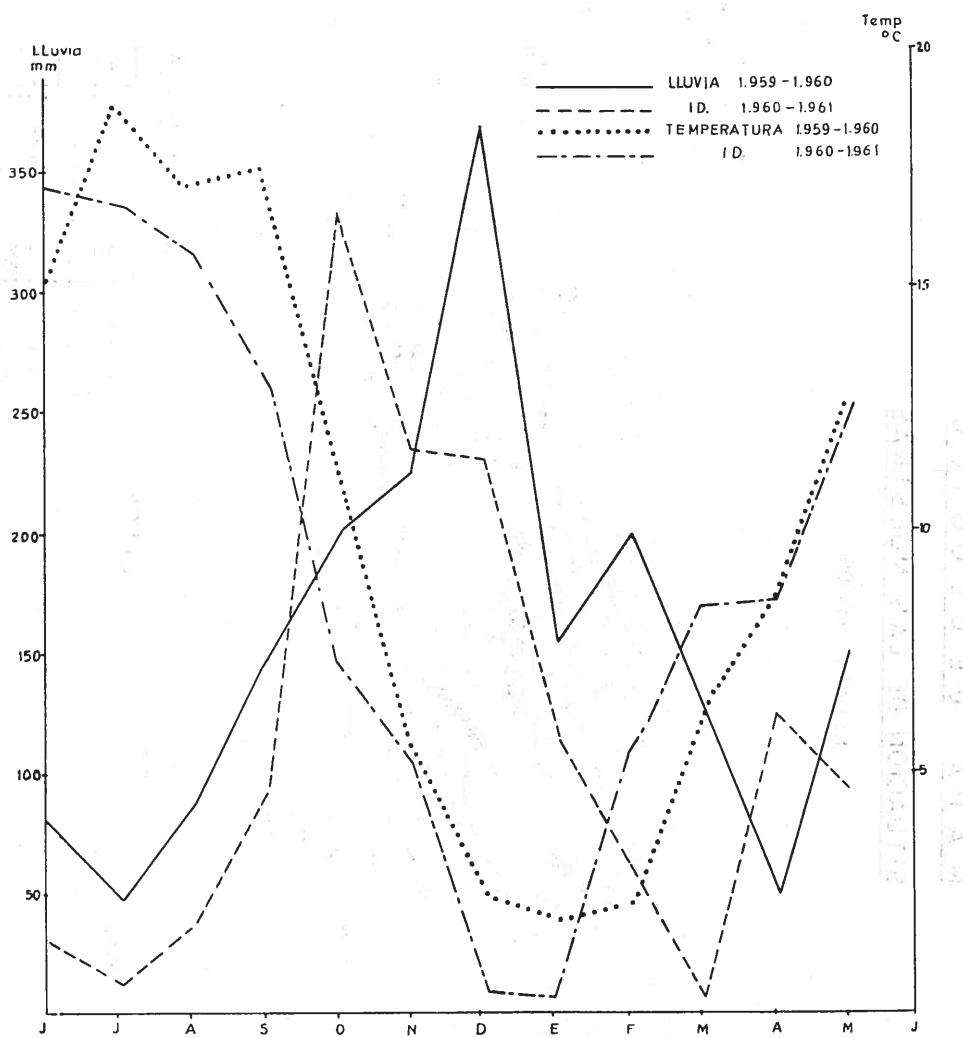


Gráfico II



Geología.—La composición de los suelos de estas regiones es muy variada debido a la diversidad de facies geológicas con roquedo diferente. En efecto, se encuentran, en la región estudiada, terrenos del Paleozoico, Secundario, Terciario y Cuaternario. Las rocas que caracterizan cada sistema son las siguientes:

Cambriano:	Pizarras y calizas.
Siluriano:	Pizarras y cuarcitas, ocasionalmente calizas.
Paleozoico	Devoniano: Pizarras, calizas y areniscas rojas.
	Carbonífero: Inferior: Calizas.
	Superior: Pizarras y conglomerados.
Secundario	Cretácico: Arenas, margas abigarradas y calizas.
	Oligoceno: Areniscas y conglomerados calizos.
Terciario	Mioceno: Arcillas con lechos calizos o sin ellos, areniscas, gravas.
	Diluvial: Graveras cuarcitas y arcillas.
Cuaternario	Aluvial: Materiales heterogéneos relacionados con los de las cumbres y laderas próximas.

Suelos.—A pesar de existir una gran complejidad litológica, los suelos muestran a lo largo de perfil, cierta semejanza en la naturaleza y disposición de los horizontes edáficos, debido a que la intensa actividad climatológica, pluviosidad media anual, superior a 1.500 mm., ha limitado en gran parte la influencia del material de partida. No obstante se encuentran tipos de suelos diferentes y variaciones marcadas dentro de un mismo tipo debidas a influencias del relieve, vegetación, clima local y naturalmente, roca madre.

El tipo de suelo que cubre superficies más amplias es la tierra parda húmeda, con numerosos subtipos y variedades que resumimos a continuación:

Tierra parda húmeda	Sobre rocas silíceas	bajo césped y robledal: moderadamente ácidas hasta ácidas
	bajo brezal: ácidas, podsolizadas	bajo brezal: ácidas, podsolizadas
	Sobre roca caliza	bajo hayedo y césped; eutróficas hasta mesotróficas
		bajo robledal y césped: mesotróficas hasta oligotróficas
Nota	Las tierras pardas podsolizadas son frecuentes en la montaña berciana pero, dentro de las superficies de pastos, no forman superficies continuas para considerarlas como tipo frecuente.	Las tierras pardas podsolizadas son frecuentes en la montaña berciana pero, dentro de las superficies de pastos, no forman superficies continuas para considerarlas como tipo frecuente.

Otros tipos de suelos que cubren superficies apreciables y se desarrollan sobre rocas calizas son los siguientes:

Bajo hayedo y césped: Tierra fusca típica.

Bajo césped en las superficies suaves en niveles altos: Rendsinas pardas y rojas.

A lo largo de los ríos: suelos aluviales, generalmente vegas pardas.

En áreas sometidas a encarcamiento duradero: Gley, anmor y suelos semiturbosos.

Respecto a su *textura* resulta difícil de determinar debido al elevado porcentaje de materia orgánica y al predominio de materiales finos: arenas finas y limos; no obstante se aprecia una clara frecuencia de las texturas limo-arenosa, arenolimosa y limosa, entendiendo que la fracción arena está constituida, en un elevado porcentaje por arena fina.

II. CARACTERES QUÍMICOS

En la elección de suelos se ha tenido en cuenta el que sean representativos, no excepcionales, buenos y malos, ácidos y calizos pero siempre suelos naturales que no hayan sido abonados con abonos minerales y sólo excepcionalmente algunos con pequeñas dosis de abono natural. Generalmente sin riego artificial y sobre distintos materiales geológicos. La composición florística es similar en todos ellos.

Toma de muestras.—Se hizo, como indica VAN DER PAAUW,¹⁷ señalando sobre el suelo del prado un cuadro de 0,50 metros de lado. Se cortaron las plantas de dicho cuadro para el análisis foliar y entonces se tomó la muestra de suelo en una capa de cero a cinco centímetros de profundidad. Ambas muestras, de planta y suelo, una vez en el laboratorio, se desecaron al aire.

En las muestras de tierra, se procedió a la separación de todas las raíces posibles pasándola a través de un tamiz de malla fina, sacrificando de esta forma quizás, parte de la arena gruesa, pero eliminando casi totalmente las pequeñas raíces unidas a tierra.

La primera recogida se realizó los primeros días de junio de 1960, tomando treinta y dos muestras repartidas por toda la zona, de las cuales, un 15,6 por 100 de ellas daban efervescencia con ácido clorhídrico 1 : 1.

La segunda se realizó en junio de 1961 recogiendo cuarenta y siete, de las cuales, un 32 por 100 de ellas eran calizas. De éstas, treinta y dos pertenecen a valles y quince a laderas.

Las características determinadas sobre estos suelos se resumen en la tabla I y los histogramas de frecuencias en el gráfico III.

Sobre las muestras preparadas se determinó el contenido en el suelo de fósforo, potasio, magnesio, y calcio por varios métodos muy diferentes, así como otros factores, que, sin ser objeto directo de estudio, pueden influir en él como textura, litología, pH, materia orgánica, nitrógeno total y mineralizable.

TABLA I

Composición química de los suelos estudiados

N.º	Textura	pH		CO ₂ %	M. O. %	C %	N %	C/N %	NO ₃ p. p. m.
		H ₂ O	ClK						
1	Areno-limosa	6,1	5,5	—	5,1	2,97	0,44	6,8	1,1
2	" "	7,5	6,9	0,9	6,7	3,91	0,33	11,8	2,5
3	" "	5,9	5,1	—	11,0	6,4	0,70	9,1	0,7
4	" "	5,5	4,7	—	3,64	2,11	0,36	5,8	0,1
5	" "	5,6	4,9	—	12,1	7,0	0,74	9,6	2,0
6	" "	6,5	5,7	—	10,1	5,9	0,62	9,5	1,8
7	" "	5,7	4,9	—	10,6	6,2	0,70	8,8	1,8
8	Limosa	5,9	5,0	—	9,4	5,4	0,89	6,1	3,5
9	Limo-arenosa	6,7	6,1	—	10,4	6,1	0,74	8,2	0,4
10	" "	6,7	5,8	—	11,7	6,8	0,67	10,1	0,8
11	Arcillosa	7,3	6,7	—	10,0	5,8	0,64	9,2	1,0
12	Limo-arenosa	7,2	6,5	27,7	10,0	5,7	0,58	9,8	5,0
13	" "	6,0	5,5	—	4,83	2,80	0,31	9,1	1,3
14	" "	5,3	4,9	—	17,9	10,4	0,64	16,3	1,9
15	" "	5,7	5,3	—	24,8	14,4	0,98	14,7	2,8
16	" "	5,9	5,5	—	22,0	12,8	0,80	15,9	16,5
17	" "	5,8	5,4	—	19,8	11,9	0,76	15,1	2,8
18	" "	5,5	5,1	—	12,7	7,4	0,59	12,4	4,2
19	Areno-Limosa	5,1	4,6	—	6,4	3,72	0,33	11,3	0,9
20	Limo-Arenosa	5,8	5,2	—	19,9	11,5	0,73	15,9	1,3

TABLA I (continuación)

N.º	Textura	pH		CO ₂ % _o	M. O. % _o	C % _o	N % _o	C/N p. p. m.	NO ₃ p. p. m.
		H ₂ O	ClK						
21	Limo-arenosa	5,8	5,3	—	25,4	14,7	0,76	19,4	1,5
22	" "	6,1	5,6	—	7,5	4,34	0,22	19,7	2,4
23	Limo-arcill.	6,4	6,0	—	4,22	2,45	0,23	10,6	1,1
24	Limo-arenosa	7,1	6,7	1,0	13,0	7,6	0,74	10,3	1,5
25	" "	6,8	6,0	—	19,1	11,0	0,88	12,9	1,4
26	" "	6,4	5,6	—	9,8	5,7	0,59	9,7	0,8
27	" "	7,1	6,4	0,5	13,1	7,6	0,55	13,8	1,2
28	" "	6,5	5,5	—	10,0	5,8	0,53	11,1	0,8
29	" "	6,3	5,5	—	11,9	6,9	0,69	10,0	1,2
30	" "	5,7	4,6	—	8,0	4,63	0,45	10,3	0,6
31	" "	5,6	4,8	—	8,4	4,89	0,53	9,3	1,1
32	Limosa	5,4	4,7	—	9,4	5,4	0,47	11,5	0,4
33	Limo-arenosa	7,2	6,4	0,2	7,5	4,33	0,32	13,5	1,4
34	" "	7,2	6,5	18,4	2,92	1,70	0,20	8,5	1,2
35	" "	6,9	6,1	—	9,0	5,2	0,34	15,4	1,2
36	" "	6,8	6,0	—	5,4	3,12	0,23	13,5	2,1
37	" "	7,2	6,3	0,2	12,1	7,1	0,52	13,6	2,0
38	" "	6,8	6,1	—	11,7	6,8	0,48	14,2	2,9
39	" "	6,2	5,3	—	11,2	6,6	0,45	14,5	4,0
40	" "	6,0	5,3	—	12,9	7,5	0,65	11,5	2,5
41	" "	7,3	6,6	3,6	9,4	5,5	0,35	15,5	2,3
42	" "	7,1	6,3	0,6	12,2	7,1	0,65	10,9	2,4
43	Limosa	6,6	5,5	—	17,6	10,2	0,69	14,8	2,3
44	Areno-limosa	7,1	6,7	0,2	7,7	4,48	0,40	11,2	9,8
45	Limo-arenosa	6,4	5,5	—	12,4	7,2	0,68	10,6	1,3
46	" "	6,7	5,8	—	12,7	7,4	0,59	12,5	2,5
47	" "	5,7	4,9	—	15,6	9,1	0,68	13,3	1,5
48	" "	6,0	5,1	—	9,4	5,5	0,50	10,9	1,5
49	Limosa	6,4	5,4	—	12,3	7,1	0,62	11,5	1,1
50	Limo-arenosa	6,6	5,7	—	10,1	5,9	0,55	10,7	1,4
51	Areno-limosa	7,5	6,8	0,6	5,7	3,32	0,72	4,6	4,8
52	Arc.-arenosa	7,5	6,8	0,8	4,57	2,65	0,39	6,7	0,4
53	" "	7,5	6,6	0,3	4,18	2,42	0,48	5,0	2,1
54	Limo-arenosa	6,4	5,8	—	8,1	4,68	0,30	15,6	2,3
55	" "	6,2	5,4	—	7,9	4,56	0,29	15,7	2,4
56	" "	5,8	4,9	—	17,8	10,3	0,36	29,0	2,1
57	" "			0,2	11,1	6,4	0,46	14,0	4,0
58	" "	6,7	5,9	—	8,9	5,1	0,44	11,7	1,8

TABLA I (continuación)

N.º	Textura	pH		CO ₂ % _o	M. O. % _o	C % _o	N % _o	C/N p. p. m.	NO ₃ p. p. m.
		H ₂ O	ClK						
59	Limo-arenosa	6,2	5,5	—	9,4	5,4	0,57	9,0	1,6
60	" "	6,8	6,0	—	8,7	5,0	0,39	12,1	1,7
61	Limosa	6,9	6,3	—	10,5	6,1	0,65	9,4	1,2
62	" "	6,5	5,6	—	10,5	6,1	0,58	10,6	0,4
63	" "	6,8	5,9	—	11,5	6,7	0,54	12,4	8,2
64	Limo-arenosa	7,3	6,1	1,0	5,9	3,43	0,30	11,4	5,5
65	" "	7,3	6,6	0,4	7,1	4,10	0,30	13,6	1,1
66	" "	7,2	6,4	0,3	12,9	7,5	0,67	11,2	1,1
67	" "	7,1	6,3	4,4	9,0	5,2	0,41	12,8	1,5
68	" "	7,2	6,7	3,0	9,8	5,7	0,49	11,6	1,0
69	" "	6,5	6,9	—	10,4	6,1	0,49	12,3	0,4
70	" "	6,9	6,0	—	10,4	6,1	0,45	13,5	1,7
71	Areno-Limosa	6,6	5,8	—	9,8	5,7	0,45	12,5	2,0
72	Limo-arenosa	6,3	5,4	—	9,2	5,3	0,43	11,4	1,0
73	" "	6,1	5,1	—	10,8	6,3	0,42	11,9	0,4
74	Limosa	6,8	5,9	—	11,5	6,7	0,35	19,0	8,8
75	Limo-Arenosa	5,6	4,9	—	13,3	7,7	0,42	18,3	0,5
76	" "	5,8	5,0	—	11,7	6,8	0,36	18,8	0,4
77	Arc-arenosa	6,7	5,8	—	5,7	3,32	0,27	12,2	—
78	Limosa	6,3	5,5	—	9,8	5,7	0,45	12,5	0,5
79	Limo-Arenosa	5,3	4,3	—	4,91	2,85	0,20	13,5	—

A.—pH, MATERIA ORGÁNICA Y NITROGENO.

a) pH.

La amplitud de los valores del pH oscila entre 5,0 y 7,5 con una distribución muy regular entre 5,5 y 7,5; muestras fuertemente ácidas sólo pueden considerarse el 7,5 por 100; predominan los suelos cercanos a la neutralidad, 47 por 100 de las muestras, y los moderadamente ácidos, 45 por 100 de las muestras. Los valores medios son 6,4 en agua y 5,7 en cloruro potásico; la diferencia es, pues, de 0,7, siendo próxima a la unidad en suelos laborables en la misma zona, lo que nos indica un mayor poder de amortiguación debido, sin duda, a los niveles elevados de materia orgánica y al grado de evolución de la misma.

De las muestras estudiadas, diecinueve tienen carbonatos libres, pero sólo siete tienen valores superiores al uno por ciento y cinco de las siete sobrepasan el dos por ciento, todas ellas pertenecientes a suelos desarrollados sobre calizas; las dos muestras con valores más altos, superiores al 15 por 100, se hallan situadas en Pola de Gordón.

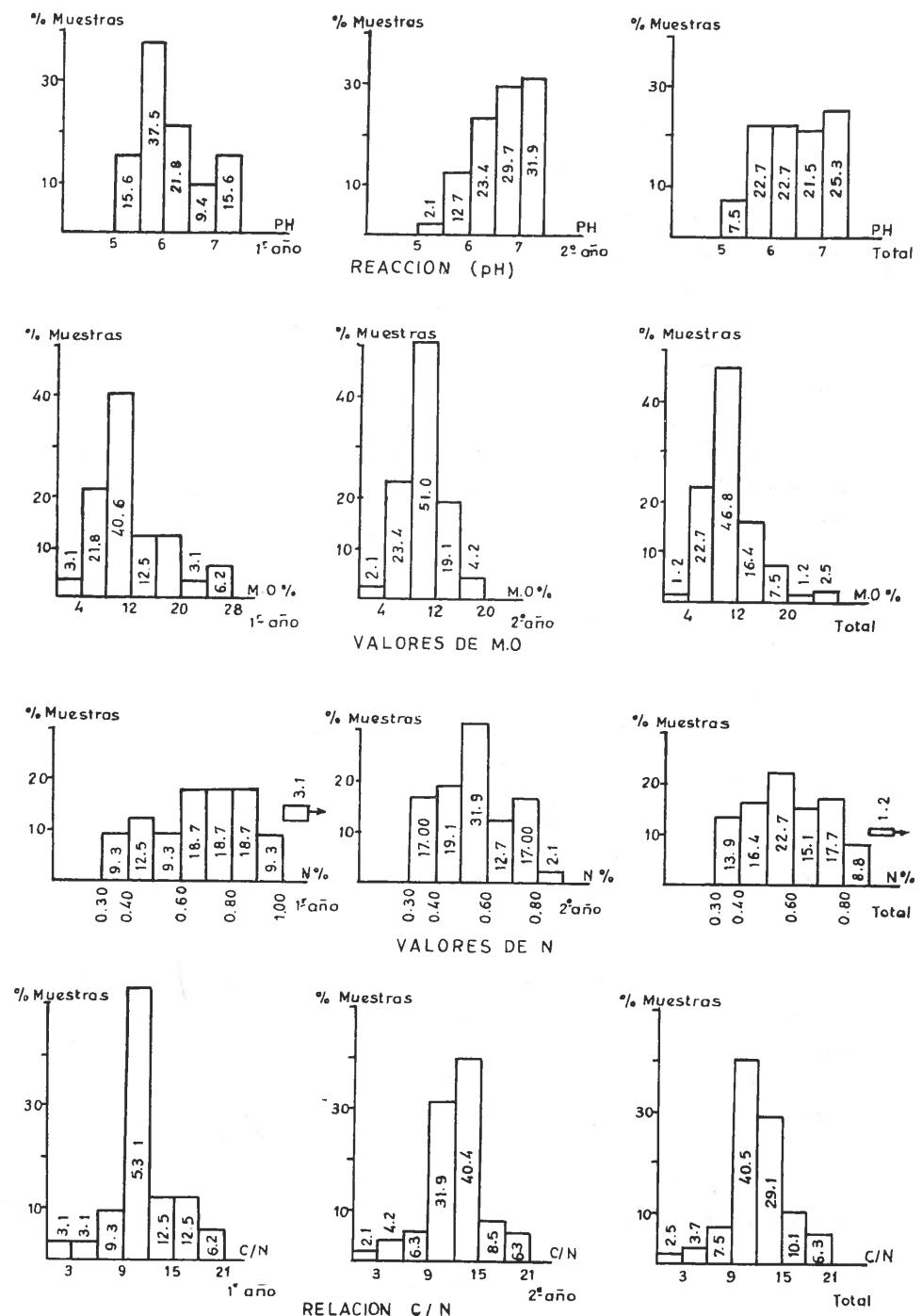
b) *Materia orgánica y nitrógeno.*

La distribución de los valores de materia orgánica tiene forma de campana con un máximo destacado entre los valores 8 y 12 por 100 al que corresponde el 46,5 por 100 de las muestras; al intervalo comprendido entre 4 y 8 por 100 corresponden el 22,7 por 100 de las muestras, y con valores superiores al 12 por 100 de materia orgánica encontramos el 27,6 por 100 de las muestras; valores tan elevados se explican teniendo en cuenta el clima, el cultivo y la profundidad de la muestra que corresponde a un horizonte AII; no obstante, el grado de humificación es bastante bueno ya que el humus de más del 80 por 100 de las muestras es del tipo "mull", circunstancia que sólo puede explicarse por la sequía estival, que permite una humificación óptima, la composición florística y, posiblemente, las formas de aprovechamiento, aparte de la presencia de carbonatos libres en las muestras indicadas. En efecto, la distribución de los valores de la razón C/N, con una distribución en forma de campana, muestra un máximo muy destacado entre los valores extremos 9 y 15 dentro de cuyo intervalo queda comprendido el 70 por 100 de las muestras; ello nos indica un grado de humificación óptimo teniendo en cuenta que se trata del horizonte orgánico de prados permanentes; únicamente el 16 por 100 de las muestras tienen valores superiores a 15; las muestras con una razón C/N más elevada se hallan situadas en Villablino, Palacios del Sil y Portilla de la Reina; en todas estas regiones se encuentran áreas de suelos semiturbosos.

Naturalmente, los suelos están bien dotados en nitrógeno total oscilando los valores entre 0,30 y 1,00 por 100 gramos de suelo, estando comprendidos los valores más frecuentes entre 0,50 y 0,60 por 100.

Sin embargo, los nitratos libres arrojan valores muy pequeños, en la época en que se tomó la muestra, debido posiblemente a que son tomados por la planta conforme se van produciendo.

Gráfico III



B.—ESTUDIO CRITICO DE LOS METODOS DE DETERMINACION DE FOSFORO Y POTASIO "ASIMILABLE".

La determinación química del fósforo y potasio asimilables es problema complejo y, en general, no resuelto de una forma definitiva. La relación "elemento químico extraído" - "elemento asimilable" es influída por multitud de variables y de ahí que una solución extractora buena para cereales de secano puede no serlo para pastos de zona húmeda.

Al no existir ningún antecedente de este tipo —estudios sobre suelos españoles de estas características— en el presente capítulo se comparan los resultados obtenidos con una serie de extractantes, resultados que en la segunda parte de esta Memoria se intentarán correlacionar con la composición de la planta. Trabajos análogos sobre suelos de cultivo, de la provincia de Salamanca, fueron ya realizados en estos laboratorios.^{20, 14}

a) *Determinación del fósforo "asimilable" por varios métodos.*

Partiendo de las deducciones obtenidas en dichos estudios se han ensayado los siguientes métodos analíticos:

Burriel y Hernando.
Acetato amónico N.
Lactato cálcico.
Ácido acético al 2,5 por 100.
Ácido cítrico 1 por 100.
Bicarbonato sódico.

Dentro de ellos los hay francamente ácidos como el del ácido cítrico pH = 2,1, neutros como el acetato amónico y básicos como el bicarbonato pH = 8,5. El carácter acomplejante para los elementos que interfieren se ha tenido también en cuenta en la elección de estas soluciones siendo los del lactato y ácido cítrico fuertes, escaso el de Burriel, acético y acetato amónico y nulo el del bicarbonato.

Otro de los factores importantes es el carácter tampón que presentan dichas soluciones al ponerse en contacto con el suelo. Es fuerte en el ácido cítrico, acético y lactato y escaso en el de Burriel.

La determinación del fósforo en todos los casos se ha hecho colorimétricamente empleando el reactivo propuesto por LUCENA y PRAT²³ y adaptado por M. de PANCORBO²⁶ en un colorimétrico Spekker Hilger.

La prepaarción y uso de estas soluciones extractoras se ha descrito anteriormente.²⁶

Los resultados obtenidos se indican en la tabla II gráficos IV y V.

TABLA II

Contenido en P_2O_5 asimilable (mg/100 g) por distintos métodos.

N.º muestra	Burriel Hernando	Ácido cítrico	Acetato amónico	Lactato cálcico	Ácido acético	Bicarbonato sódico
1	3,75	5,0	0,60	2,33	0,88	3,0
2	20,2	33,8	5,4	10,8	24,4	7,5
3	6,5	11,4	1,96	7,8	8,6	7,4
4	5,5	25,8	1,00	6,0	11,9	5,3
5	6,5	18,8	1,20	9,0	7,6	7,5
6	4,5	20,5	1,08	5,3	13,4	
7	3,25	9,6	0,72	4,12	6,9	4,63
8	3,75	19,8	1,20	3,87	16,2	3,87
9	9,9	33,0	1,04	10,2	16,6	5,9
10	6,0	22,1	1,32	5,5	16,6	3,82
11	11,0	26,0	2,70	9,0	33,4	6,4
12	7,5	0,60	2,36	3,00	13,1	6,9
13	4,50	12,1	0,36	2,55	3,92	3,50
14	3,75	9,6	1,04	4,12	7,7	5,0
15	7,3	32,3	1,72	15,0	12,4	13,5
16	8,0	12,0	2,88	4,12	3,84	4,75
17	6,5	17,3	1,76	6,1	6,3	7,1
18	4,50	10,1	1,16	5,3	7,2	6,6
19	3,75	10,3	0,92	6,5	4,24	5,1
20	5,5	9,0	1,12	5,1	4,32	5,6
21	7,3	17,0	5,0	8,3	14,4	6,8

TABLA II (continuación)

N.º muestra	Burriel Hernando	Ácido cítrico	Acetato amónico	Lactato cálcico	Ácido acético	Bicarbonato sódico
22	4,5	27,1	1,76	5,3	15,0	3,50
23	3,75	8,4	1,16	3,22	3,94	3,00
24	7,5	12,0	1,56	5,3	8,0	5,1
25	13,5	35,9	1,84	10,6	18,0	5,5
26	7,5	28,0	2,48	10,6	15,8	6,1
27	9,5	20,2	3,00	8,3	18,4	7,6
28	4,50	16,7	1,40	4,12	5,8	5,3
29	8,0	30,6	3,04	7,1	15,3	6,4
30	3,20	18,7	1,08	4,37	5,9	4,75
31	6,5	20,9	1,30	7,4	8,1	8,1
32	5,5	31,0	1,08	6,6	2,64	7,4
33	8,3	3,60	1,30	8,6	25,6	5,3
34	3,72	0,30	0,64	0,00	0,92	2,5
35	10,0	32,0	1,30	10,6	13,1	5,4
36	4,00	9,6	0,74	2,37	5,4	1,70
37	5,0	17,9	1,08	2,75	16,0	3,18
38	4,86	14,4	0,76	3,00	4,64	3,18
39	7,3	48,2	1,76	11,7	16,6	8,0
40	4,33	29,8	1,16	4,62	15,0	4,18
41	5,9	13,1	1,12	2,62	21,6	2,53
42	6,9	13,2	2,40	8,1	9,0	6,1
43	6,4	17,0	2,00	8,3	11,4	5,7
44	6,9	55,0	1,86	10,6	46,0	5,3
45	3,36	15,8	1,32	6,5	5,8	2,35
46	4,73	19,6	1,28	7,3	8,4	5,3
47	5,9	25,2	1,36	15,2	9,1	11,1
48	3,73	12,6	1,32	6,3	3,84	3,83
49	2,80	16,6	1,00	3,87	2,88	4,30
50	2,90	60,0	0,82	4,37	8,0	3,58
51	2,75	59,0	1,96	17,7	24,8	5,3
52	3,22	77,0	8,6	47,2	54,0	11,7
53	3,76	6,4	1,08	4,50	5,6	6,9
54	3,36	8,8	1,00	1,37	6,2	2,88

TABLA II (continuación)

N.º muestra	Burriel Hernando	Ácido cítrico	Acetato amónico	Lactato cálcico	Ácido acético	Bicarbonato sódico
55	2,55	10,3	0,94	2,75	2,48	2,53
56	5,8	7,9	1,00	4,05	2,64	3,88
57	3,86	19,0	1,28	4,87	5,8	2,00
58	5,8	11,5	1,08	3,50	4,64	2,00
59	3,00	37,4	1,68	11,0	14,5	4,78
60	3,36	14,2	0,94	3,62	11,2	2,00
61	16,0	4,50	1,00	3,75	2,40	2,70
62	3,35	43,0	0,64	19,0	26,8	2,88
63	24,1	44,6	0,72	3,72	6,0	2,35
64	13,6	72,0	4,44	35,7	26,8	14,3
65	6,5	49,0	3,88	22,8	22,4	8,4
66	4,05	22,5	1,08	7,0	11,5	5,1
67	9,6	3,30	0,48	2,75	8,4	6,1
68	4,36	18,4	1,80	4,50	23,6	4,90
69	4,23	11,7	1,12	3,15	7,4	4,55
70	3,73	17,4	0,68	3,50	5,4	3,13
71	8,0	10,4	0,44	3,50	2,64	3,00
72	3,75	14,0	0,48	4,12	3,68	3,58
73	4,83	12,0	0,48	2,87	3,68	3,70
74	5,5	21,8	1,08	3,12	13,2	3,58
75	4,25	18,0	1,08	7,3	5,8	8,9
76	2,75	23,2	0,60	6,0	5,8	7,4
77	4,86	7,6	0,48	0,37	2,40	2,75
78	3,13	23,7	0,15	0,50	9,0	1,63
79	1,80	8,0	0,00	0,50	0,00	1,60

La distribución de los valores de fósforo, extraídos con lactato cálcico muestra una agrupación masiva de muestras en los valores bajos; el 48,7 por 100 de los suelos estudiados tienen menos de 5 mg. de anhídrido fosfórico por 100 g. de suelo; entre 5 y 10 mg. quedan comprendidos el 33,3 por 100 de las muestras.

Gráfico IV

VALORES DE P_2O_5 (mg / 100g suelo) POR DISTINTOS METODOS

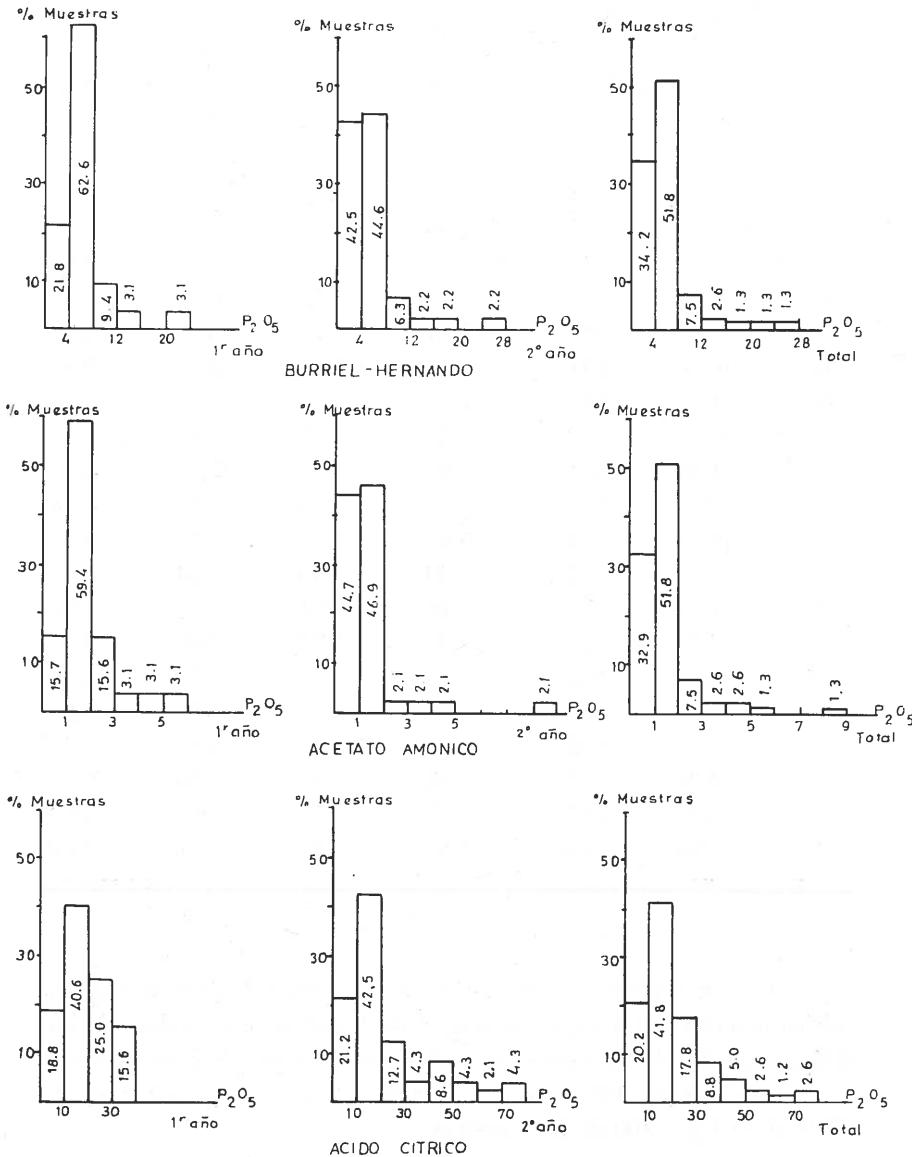
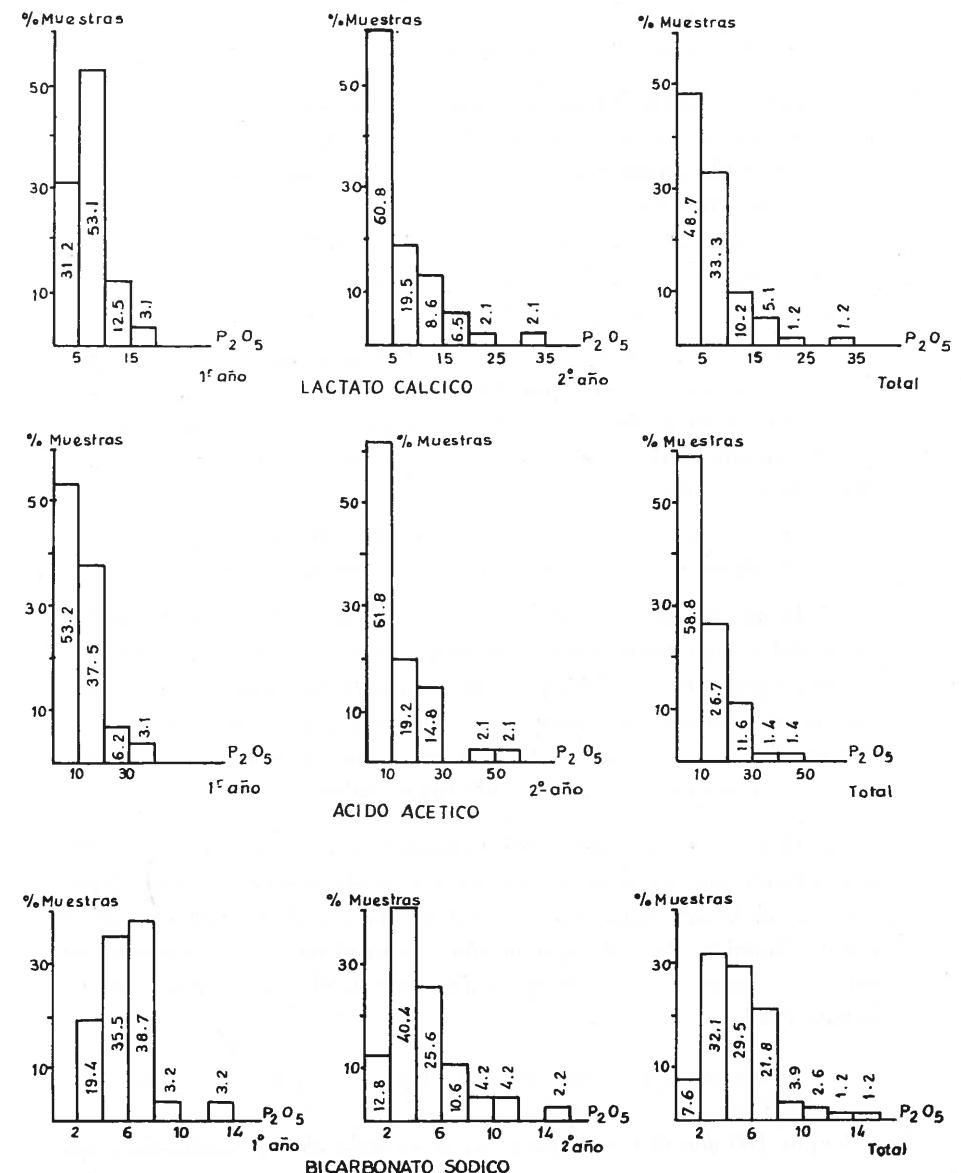


Gráfico V
VALORES DE P_2O_5 (mg / 100g suelo) POR DISTINTOS METODOS



Respecto al *valor del contenido en fósforo* puede observarse que con la mayor parte de los métodos es bajo, cosa lógica por tratarse de suelos sometidos a exportación continua de este elemento sin compensación adecuada. Sin embargo este aspecto se considerará posteriormente.

b) *Correlación entre los métodos.*

Los resultados obtenidos, como puede observarse, no son concordantes, siendo imposible "a priori" deducir el método más adecuado. Con la serie de datos contenidos en la Tabla II se estudia la correlación entre los métodos utilizados.

Teniendo en cuenta las variaciones climatológicas de los dos años, se han obtenido en cada caso tres coeficientes de correlación lineal: un coeficiente por separado para cada año y un tercero para el total.

La significación de los valores de r viene señalado con subrayado simple (—) si es al nivel 1 por 100, con subrayado doble (—) si es al 5 por 100 y entre paréntesis () si es al 10 por 100. En los casos en que no hay significación no se calcula la ecuación de la recta correspondiente de regresión.

Los resultados se expresan en la tabla III y la representación gráfica de algunos casos, con las rectas de regresión, en el gráfico VI.

El *método de Burriel-Hernando* se correlaciona al nivel 1 por 100 con el del ácido cítrico, acetato amónico, lactato cálcico y ácido acético; al nivel 5 por 100 con el bicarbonato sólo para las muestras del primer año, encontrándose coeficientes de correlación poco significativos para el resto de las muestras. Con el que mejor se correlaciona en general en los tres casos es con el método del lactato cálcico.

El *método del ácido cítrico* tiene significación al nivel 1 por 100, en el primer año con el lactato cálcico y el ácido acético y al nivel 5 por 100 con el bicarbonato. No se correlaciona significativamente con el acetato amónico. Para el segundo año y para el total la correlación con estos métodos es muy significativa. En general, el más semejante es del lactado cálcico.

El *método del acetato amónico* tiene significación al 1 por 100 para el primer año con el lactato, al nivel 5 por 100 con el ácido acético y al 10 por 100 con el bicarbonato. En el segundo año es significativo con

Coeficientes de correlación y rectas de regresión

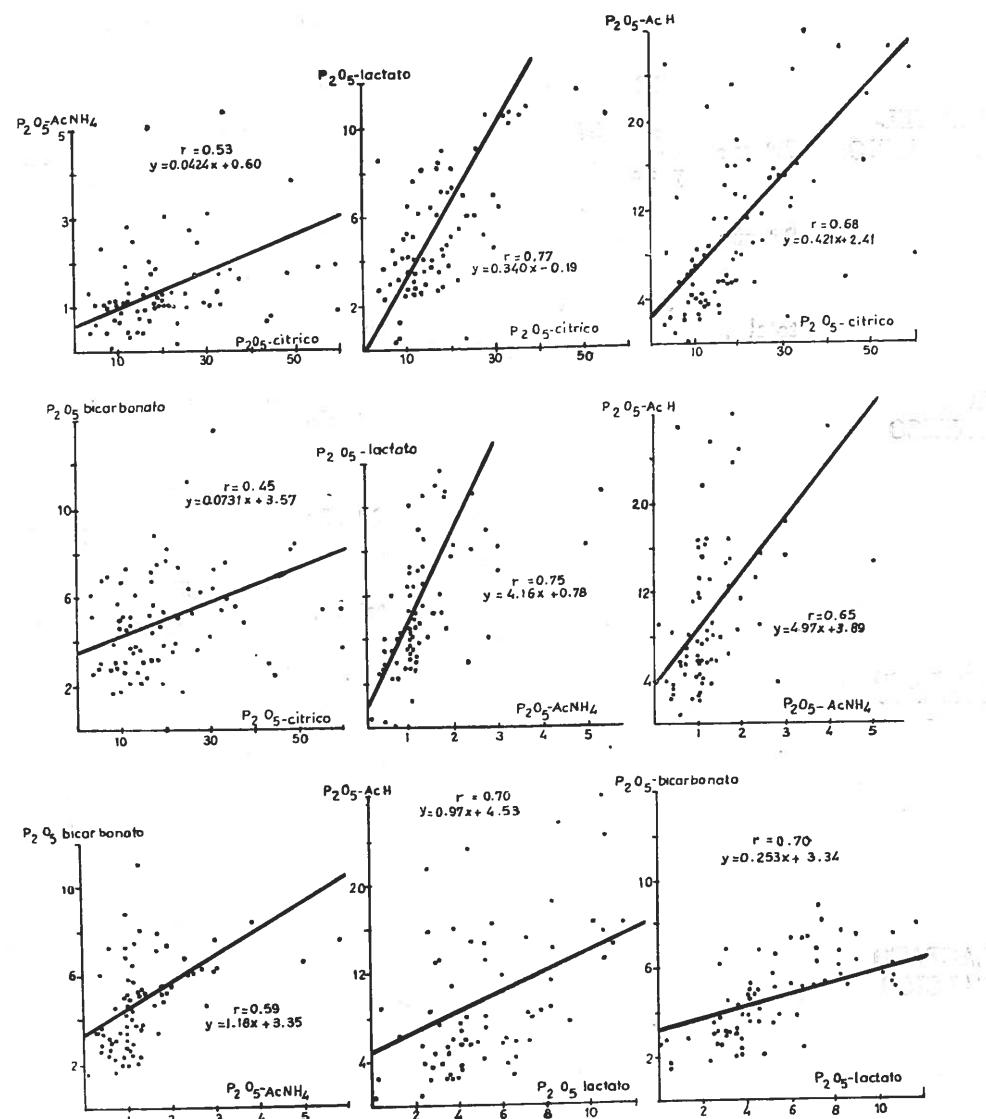
ACIDO CITRICO		ACETATO AMONICO		LAC	
BURRIEL- HERNANDO	1.º año	$r = 0,54$ $y = 1,508 x + 8,89$	1.º año	$r = 0,72$ $y = 0,240 x + 0,16$	1.º año
	2.º año	$r = 0,16$	2.º año	$r = 0,060$	2.º año
	total ...	$(r = 0,22)$ $y = 0,913 x + 15,89$	total ...	$r = 0,094$	total ...
ACIDO CITRICO			1.º año	$r = 0,29$	1.º año
			2.º año	$r = 0,66$ $y = 0,0465 x + 0,87$	2.º año
			total ...	$r = 0,53$ $y = 0,0424 x + 0,61$	total ...
ACETATO AMONICO				1.º año	1.º año
				2.º año	2.º año
				total ...	total ...
LACTATO CALCICO					
ACIDO ACETICO					

TABLA III

Coeficientes de correlación y rectas de regresión entre los distintos métodos empleados.

	ACIDO CITRICO	ACETATO AMONICO	LACTATO CALCICO	ACIDO ACETICO	BICARBONATO SODICO
BURRIEL- HERNANDO	1.º año $r = 0,54$ $y = 1,508 x + 8,89$	1.º año $r = 0,72$ $y = 0,240 x + 0,16$	1.º año $r = 0,62$ $y = 0,521 x + 2,99$	1.º año $r = 0,64$ $y = 2,025 x - 1,85$	1.º año $r = 0,36$ $y = 0,210 x + 4,49$
	2.º año $r = 0,16$	2.º año $r = 0,060$	2.º año $r = 0,29$ $y = 0,854 x + 3,44$	2.º año $(r = 0,24)$ $y = 1,19 x + 5,99$	2.º año $r = 0,14$ $y = 0,098 x + 4,09$
	total ... $(r = 0,22)$ $y = 0,913 x + 15,89$	total ... $r = 0,094$	total ... $r = 0,27$ $y = 0,647 x + 3,50$	total ... $r = 0,31$ $y = 1,32 x + 4,15$	total ... $r = 0,23$ $y = 0,015 x + 5,04$
		1.º año $r = 0,29$	1.º año $r = 0,71$ $y = 0,213 x - 2,42$	1.º año $r = 0,60$ $y = 0,463 x + 2,47$	1.º año $r = 0,36$ $y = 0,0733 x + 4,52$
ACIDO CITRICO		2.º año $r = 0,66$ $y = 0,0465 x + 0,87$	2.º año $r = 0,78$ $y = 0,365 x - 0,92$	2.º año $r = 0,71$ $y = 0,420 x + 1,86$	2.º año $r = 0,55$ $y = 0,0806 x + 2,78$
		total ... $r = 0,53$ $y = 0,0424 x + 0,61$	total ... $r = 0,77$ $y = 0,340 x - 0,19$	total ... $r = 0,68$ $y = 0,421 x + 2,41$	total ... $r = 0,45$ $y = 0,0731 x + 3,57$
			1.º año $r = 0,43$ $y = 1,09 x + 4,54$	1.º año $r = 0,49$ $y = 3,19 x + 5,63$	1.º año $(r = 0,32)$ $y = 0,566 x + 4,89$
ACETATO AMONICO			2.º año $r = 0,90$ $y = 5,92 x - 0,48$	2.º año $r = 0,73$ $y = 6,06 x + 3,38$	2.º año $r = 0,69$ $y = 1,41 x + 2,73$
			total ... $r = 0,75$ $y = 4,16 x + 0,78$	total ... $r = 0,65$ $y = 4,97 x + 3,89$	total ... $r = 0,59$ $y = 1,18 x + 3,35$
				1.º año $r = 0,55$ $y = 1,40 x + 2,19$	1.º año $r = 0,75$ $y = 0,521 x + 2,51$
LACTATO CALCICO				2.º año $r = 0,75$ $y = 0,946 x + 4,45$	2.º año $r = 0,77$ $y = 0,242 x + 2,82$
				total ... $r = 0,70$ $y = 0,97 x + 4,53$	total ... $r = 0,70$ $y = 0,253 x + 3,34$
					1.º año $r = 0,18$
ACIDO ACETICO					2.º año $r = 0,49$ $y = 0,122 x + 3,23$
					total ... $r = 0,40$ $y = 0,103 x + 3,97$

Gráfico VI



los tres al nivel 1 por 100 y también en el total. La más alta significación es también como los dos casos anteriores con el método del lactato cálcico.

El lactato cálcico se correlaciona muy significativamente con el ácido acético y el bicarbonato sódico.

El ácido acético da significación al 1 por 100 con el bicarbonato sódico para las muestras del segundo año y en el total.

Los métodos que dan correlación más alta en los tres grupos son los del lactato cálcico con el bicarbonato.

c) *Determinación del potasio "asimilable" por distintas soluciones extractoras.*

A pesar de las ventajas que ofrece la utilización de un extractante único, especialmente en el análisis en serie, predominan las razones agronómicas y por ello se halla muy difundido el criterio de utilizar extractores distintos para fósforo y potasio asimilables.

Entre los métodos de extracción de potasio hemos elegido los siguientes:

Acetato amónico N.
Ácido clorhídrico 0,5 N.
Lactato cálcico.
Morgan.
Nitrato amónico 0,2 N.

Las determinaciones se hicieron en un fotómetro de llama Kipp, con soluciones patrón de cloruro potásico preparadas con la solución extractora empleada en cada caso.

Método del Acetato amónico N.—Este método ya descrito para el fósforo, se emplea en el Centro de Edafología de Salamanca en el análisis rutinario de potasio en suelos.

La solución extractora se prepara como anteriormente hemos citado en los métodos de extracción de fósforo y la extracción consiste en agitar 5 g. de suelo con 100 ml. de solución durante media hora. Se filtra y se hace la lectura fotométrica.

En este método, se hizo un estudio sobre la *interferencia del calcio en la lectura fotométrica*.

Se eligieron diez muestras de suelo que contenían cantidades elevadas de calcio y se hizo la lectura en la solución extractora sin precipitación y precipitándolo con oxalato sódico sólido o en solución variando ligeramente el volumen.

Los resultados encontrados los vemos en la tabla IV.

TABLA IV

Estudio de la posible interferencia del calcio.

N.º muestra	C ₂ O mg./100g.	Lectura galvanométrica		
		Sin oxalato	Con oxalato sólido	Con 5 ml. de oxalato
36	398	12,70	12,1	12,9
41	347	14,5	15,0	15,0
42	437	15,8	15,8	17,2
43	381	20,40	20,4	21,2
44	230	15,0	15,0	15,1
51	375	12,1	12,0	13,0
66	253	13,9	13,9	13,5
67	566	14,5	15,0	15,1
68	734	20,5	20,5	21,0
69	398	17,2	17,0	18,2
No encontramos ninguna interferencia.				

Método del Ácido Clorhídrico.—Fue propuesto por NELSON²⁰

La solución extractora se prepara diluyendo 42 ml. de ácido clorhídrico concentrado a 100 ml. con agua destilada. La solución resultante es 0,5 N.

Se agitan 5 g. de suelo con 25 ml. de la solución durante cinco minutos, se filtra y se mide el potasio en el fotómetro.

En las muestras, que contienen carbonatos, se tuvo en cuenta la cantidad de ácido suplementaria para neutralizarlos.

Método del Lactato cárlico.—La solución extractora empleada es la misma que para el fósforo.

La técnica consiste en agitar 5 g. de suelo con 250 ml. de solución durante dos horas. Filtrar y hacer la lectura.

Método de Morgan.—Fijada por PEECH³⁴ consiste en una mezcla de acetato sódico al 10 por 100 (0,73 N) y ácido acético al 3 por 100 (0,52 N).

Se prepara añadiendo 10 g. de acetato sódico. 3H₂O a 500 ml. de agua y una vez disueltos, se añaden 30 ml. de ácido acético glacial enrasando a un litro. El pH es 3,9.

La extracción se hace agitando en un Erlenmeyer 5 g. de suelo con 20 ml. de solución durante un minuto, se filtra y determina el potasio.

Método del Nitrato amónico.—Esta solución extractora fue propuesta por NEHRING³⁰ y consiste en agitar 20 g. de suelo con 100 ml. de solución de nitrato amónico 0,2 N (16 g. de nitrato amónico disuelto en agua y enrasando a 1 litro) durante una hora. El pH de esta solución es 6,6.

Antes de hacer la lectura fotométrica se añaden 2 ml. de fosfato amónico normal para eliminar el efecto del calcio.

Los valores encontrados se reunen en la tabla V, gráficos VII y VIII.

TABLA V

Contenido en K₂O asimilable (mg/100 g.) por distintos métodos.

N.º muestra	Acetato amónico	Ácido clorhídrico	Nitrato amónico	Lactato cárlico	Solución Morgan
1	7,5	10,6	6,5	17,0	3,60
2	24,2	21,0	15,8	26,0	18,0
3	16,2	22,0	12,7	19,0	9,6
4	22,5	27,0	14,8	24,0	10,2
5	35,7	41,6	26,9	43,0	18,4
6	24,2	20,0		21,5	9,2
7	34,3	31,5	19,6	26,0	10,8
8	17,5	16,8	10,4	14,5	5,8
9	21,7	25,0	15,4	21,5	10,4
10	26,6	23,5	15,4	21,5	9,6
11	21,7	23,5	15,6	21,5	11,8

TABLA V (continuación)

N.º muestra	Acetato amónico	Ácido clorhídrico	Nitrato amónico	Lactato cárlico	Solución Morgan
12	53,0	48,1	27,5	39,0	29,8
13	12,0	11,5	9,2	12,5	5,4
14	18,3	18,5	24,2	17,0	18,4
15	25,8	17,8		12,5	7,0
16	31,6	31,0	2,65	31,0	1,72
17	58,0	47,0	29,6	46,0	22,4
18	18,3	16,0	10,0	17,0	3,60
19	8,5	10,3	6,5	12,5	3,68
20	12,9	15,0	8,6	14,5	5,4
21	19,3	20,0	12,1	18,5	9,4
22	18,3	15,5	9,8	14,5	5,4
23	8,0	11,3	6,5	12,5	5,0
24	20,4	21,0	13,5	18,5	6,4
25	18,7	22,0	3,33	16,5	6,8
26	24,2	32,5	18,2	25,0	13,2
27	11,7	19,5	16,7	23,0	12,0
28	12,7	14,8	85,0	16,5	5,8
29	11,1	18,5	9,6	14,5	8,2
30	25,8	14,5	9,1	12,5	4,4
31	20,8	27,0	18,5	23,0	11,4
32	46,6	47,0	30,8	53,0	21,6
33	27,1	19,0	16,9	24,0	8,4
34	15,0	10,4	9,1	7,0	6,8
35	24,2	21,5	13,8	12,5	6,4
36	13,7	13,3	7,9	8,8	2,16
37	25,8	16,0	13,3	10,5	3,68
38	96,0	51,0	41,7	65,0	56,
39	45,0	42,0	29,6	38,0	18,4
40	30,0	30,0	19,4	20,5	9,0
41	15,0	12,9	8,8	7,0	3,76
42	12,9	11,3	8,4	7,0	3,84
43	18,7	19,3	12,5	12,5	7,4
44	15,0	11,5	10,0	7,0	5,0
45	18,3	18,0	11,5	12,5	5,4

TABLA V (continuación)

N.º muestra	Acetato amónico	Ácido clorhídrico	Nitrato amónico	Lactato cárlico	Solución Morgan
46	45,2	48,0	32,5	38,0	14,4
47	51,0	29,0	16,3	27,3	10,0
48	9,3	10,0	5,4	7,8	2,08
49	13,7	13,3	7,3	8,8	2,08
50	16,0	10,8	5,3	7,8	2,48
51	14,2	14,0	8,8	16,0	7,2
52	42,2	41,0	30,8	43,0	24,0
53	16,7	16,0	10,8	16,0	5,8
54	32,5	27,0	19,2	30,0	11,2
55	13,7	13,0	7,9	11,0	5,6
56	28,3	25,0	14,6	20,0	11,0
57	11,7	11,3	7,7	11,0	4,80
58	9,3	8,8	4,4	7,8	1,92
59	37,5	33,5	20,8	35,0	14,8
60	33,7	17,5	12,1	29,0	8,4
61	10,4	10,3	6,3	7,8	2,64
62	8,3	9,0	4,37	7,8	2,64
63	12,9	12,8	7,3	8,8	3,60
64	7,7	7,8	4,7	6,8	4,00
65	18,7	20,3	12,7	19,0	7,4
66	18,3	17,3	9,7	10,0	5,8
67	16,8	18,6	8,4	10,0	5,0
68	20,8	22,6	12,3	13,0	8,8
69	19,2	19,0	10,6	14,5	7,0
70	7,7	8,8	4,2	5,0	2,01
71	8,3	8,3	4,27	5,8	3,20
72	16,7	15,0	9,2	11,5	5,2
73	16,1	15,5	9,5	11,5	7,2
74	4,82	5,0	1,91	0,25	1,52
75	18,7	18,0	10,9	14,5	6,6
76	12,9	12,5	6,3	9,0	5,6
77	9,3	8,0	4,16	5,8	2,80
78	18,7	16,3	9,0	15,5	8,4
79	10,7	8,8	5,6	7,0	4,00

Gráfico VII

VALORES DE K_2O (mg / 100 g suelo) POR DISTINTOS METODOS

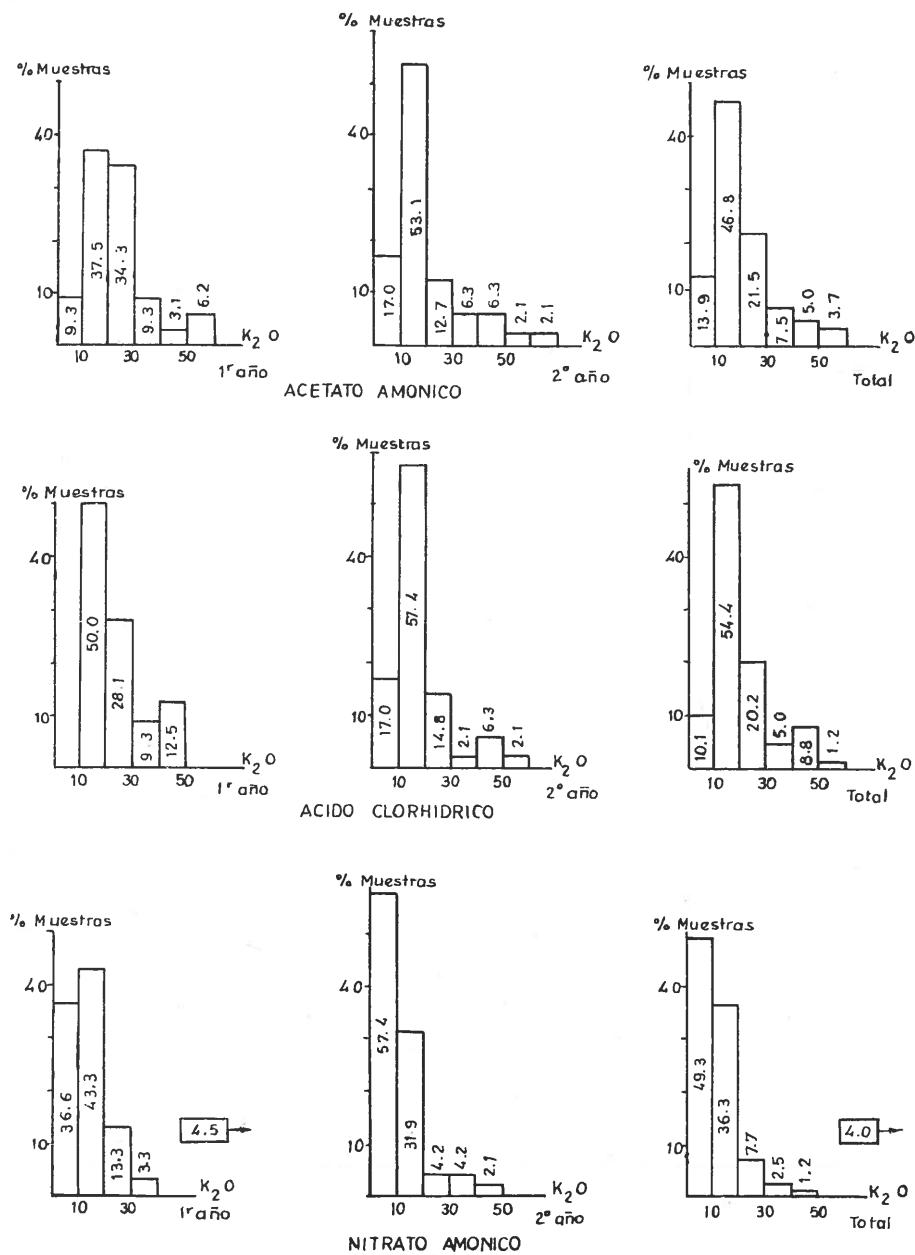
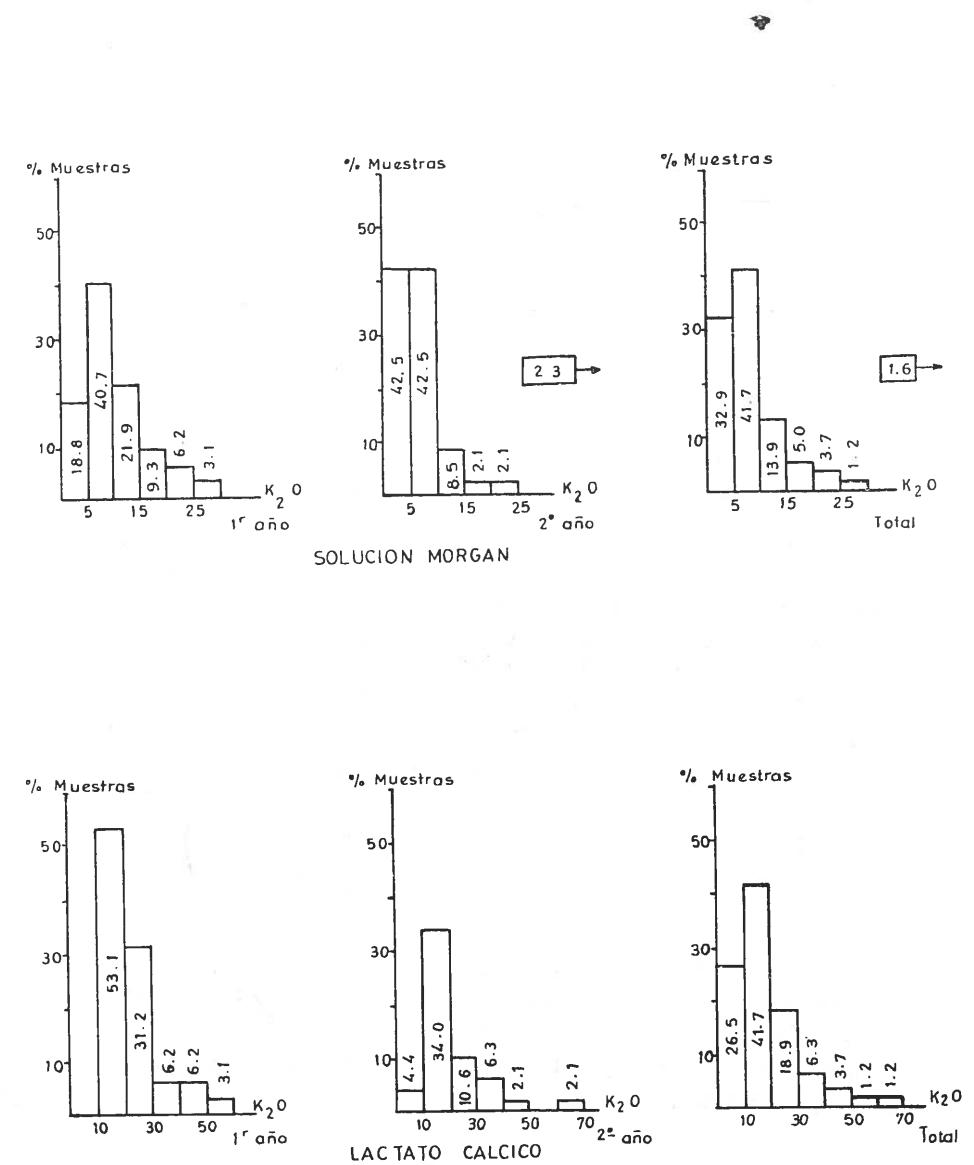


Gráfico VIII

VALORES DE K_2O (mg / 100 g suelo) POR DISTINTOS METODOS



Resultados.—La distribución de frecuencias de los *niveles de potasio asimilable*, expresado en óxido extraído con el método del acetato amónico, tiene forma de campana asimétrica con un máximo pronunciado entre 10 y 20 mg. por 100 gramos de suelo seguido de un agrupamiento decreciente hacia los valores altos; se deduce del histograma que predominan los suelos con riqueza media en potasio asimilable, siendo superior el porcentaje de suelos bien dotados que los muy pobres; los suelos más ricos en potasio asimilable se han desarrollado sobre rocas del Devoniano.

d) *Correlación entre los métodos.*

De igual forma que para el fósforo, hemos calculado tres coeficientes de correlación para las distintas soluciones extractoras empleadas en la extracción de potasio, y estudiamos su significación a tres niveles: al 1 por 100 con —, al 5 por 100 con = y al 10 por 100 con ().

Los valores de los coeficientes de correlación y las rectas de regresión vienen dados en la tabla VI y la representación gráfica de estas rectas en el gráfico IX.

El método del *acetato amónico* se correlaciona significativamente al nivel 1 por 100, para las muestras del primer año, con el ácido clorhídrico, lactato cálcico y solución Morgan, no encontrándose correlación significativa con el nitrato amónico. Para el segundo año y el total, la correlación con todos los métodos es muy alta, correspondiendo el valor más alto para el segundo año a la solución Morgan y para el total, al lactato cálcico.

El *ácido clorhídrico*, para las muestras del primer año, no alcanza ninguna significación con el nitrato amónico, pero sí lo es al nivel 1 por 100 con el lactato cálcico y Morgan, correspondiendo la más alta al lactato. Para el segundo año y total, es significativo al 1 por 100 con los tres, nitrato amónico, lactato y solución Morgan. La significación más alta en total es con el lactato.

El método del *nitrato amónico*, para el primer grupo de muestras tampoco se correlaciona con el lactato y sólo significativamente, al nivel 10 por 100 con la solución Morgan. Para el segundo grupo y el total lo hace al nivel 1 por 100 el lactato y Morgan. La mejor correlación para el nitrato amónico en total es con el acetato amónico.

TABLA VI

Coeicientes de correlación y rectas de regresión entre

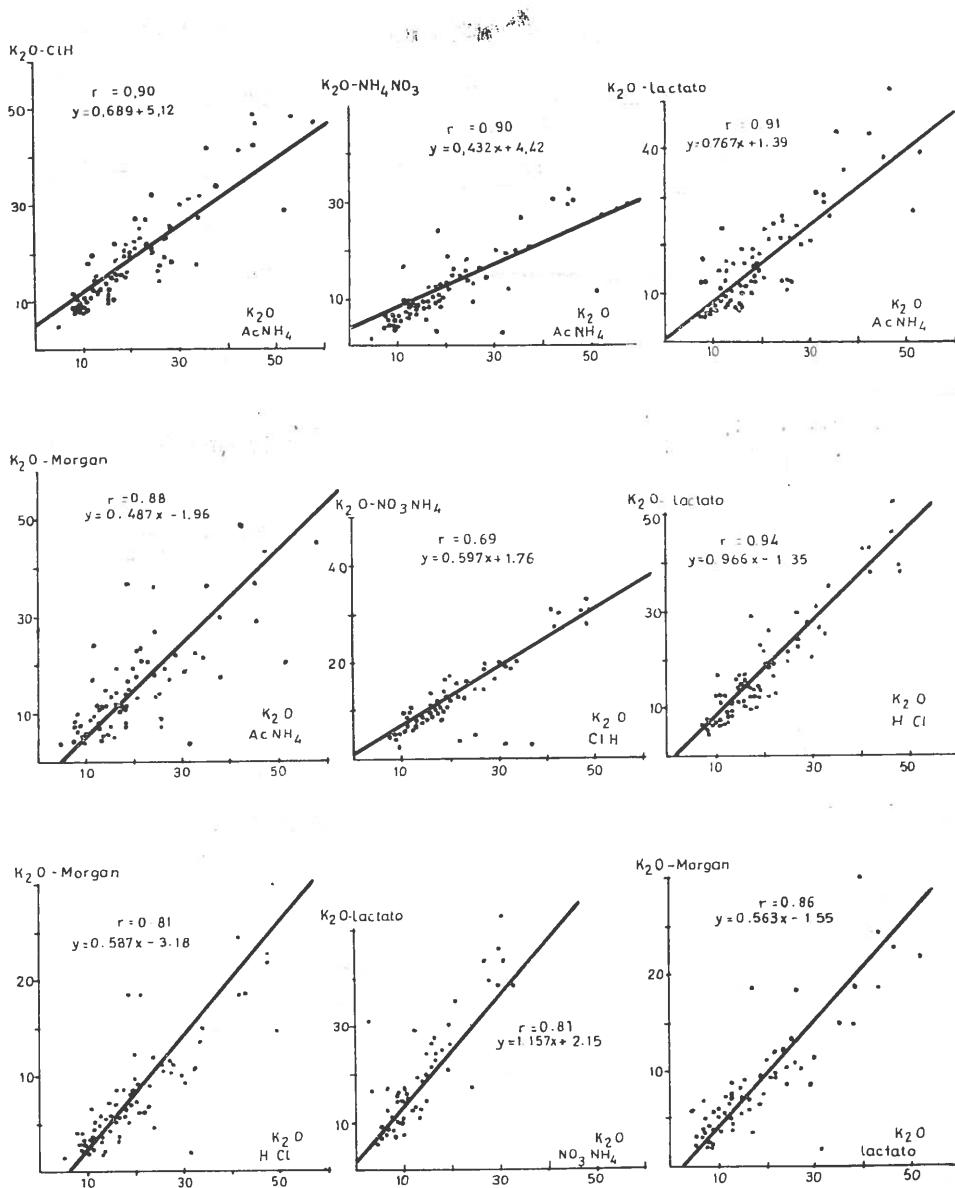
	ACIDO CLORHIDRICO	NITRATO AMONICO
ACETATO AMONICO		
1.º año	$r = 0,94$ $y = 0,827 x + 4,3$	1.º año $r = 0,20$
2.º año	$r = 0,91$ $y = 0,623 x + 4,9$	2.º año $r = 0,94$ $y = 0,493 x + 1,3$
total ...	$r = 0,90$ $y = 0,689 x + 5,1$	total ... $r = 0,90$ $y = 0,432 x + 4,4$
ACIDO CLORHIDRICO		1.º año $r = 0,21$
2.º año		$r = 0,98$ $y = 0,133 x + 9,2$
total ...		$r = 0,69$ $y = 0,597 x + 1,7$
NITRATO AMONICO		
LACTATO CALCICO		

TABLA VI

Coeficientes de correlación y recetas de regresión entre los distintos métodos empleados

	ACIDO CLORHIDRICO	NITRATO AMONICO	LACTATO CALCICO	SOLUCION MORGAN
ACETATO AMONICO	1.º año $r = 0,94$ $y = 0,827 x + 4,3$	1.º año $r = 0,20$	1.º año $r = 0,87$ $y = 0,750 x + 4,9$	1.º año $r = 0,77$ $y = 0,412 x + 0,76$
	2.º año $r = 0,91$ $y = 0,623 x + 4,9$	2.º año $r = 0,94$ $y = 0,493 x + 1,3$	2.º año $r = 0,90$ $y = 0,759 x - 0,60$	2.º año $r = 0,96$ $y = 0,511 x - 3,17$
	total ... $r = 0,90$ $y = 0,689 x + 5,1$	total ... $r = 0,90$ $y = 0,432 x + 4,4$	total ... $r = 0,91$ $y = 0,767 x + 1,4$	total ... $r = 0,88$ $y = 0,487 x - 1,9$
ACIDO CLORHIDRICO		1.º año $r = 0,21$	1.º año $r = 0,95$ $y = 0,928 x + 0,5$	1.º año $r = 0,82$ $y = 0,500 x - 1,44$
		2.º año $r = 0,98$ $y = 0,133 x + 9,2$	2.º año $r = 0,93$ $y = 0,930 x - 0,6$	2.º año $r = 0,81$ $y = 0,651 x - 4,15$
		total ... $r = 0,69$ $y = 0,597 x + 1,7$	total ... $r = 0,94$ $y = 0,966 x - 1,3$	total ... $r = 0,81$ $y = 0,587 x - 3,18$
NITRATO AMONICO			1.º año $r = 0,25$	1.º año $(r = 0,30)$ $y = 0,136 x + 7,9$
			2.º año $r = 0,95$ $y = 0,696 x + 13,9$	2.º año $r = 0,87$ $y = 0,908 x + 2,9$
			total ... $r = 0,81$ $y = 1,157 x + 2,1$	total ... $r = 0,59$ $y = 0,392 x + 3,23$
LACTATO CALCICO				1.º año $r = 0,78$ $y = 0,486 x - 0,25$
				2.º año $r = 0,90$ $y = 0,621 x + 4,4$
				total ... $r = 0,86$ $y = 0,563 x + 1,55$

Gráfico IX



El lactato cárlico se correlaciona muy significativamente con la solución Morgan.

Los valores más altos encontrados al comparar todos los métodos son los del lactato con el ácido clorhídrico.

C.—DETERMINACION DEL MAGNESIO Y CALCIO.

Entre las disoluciones extractantes estudiadas, para fósforo y potasio, válidas también para estos elementos, hemos elegido dos, una de naturaleza ácida y otro neutra.

Método del acetato amónico N.—La solución extractora la misma que para el fósforo.

La extracción consiste en agitar durante media hora cinco gramos de suelo con 100 ml. de solución. Se filtra y en el extracto se determina el contenido en magnesio y calcio.

La determinación se hizo valorando con solución EDTA. Previamente se eliminaron las sales amónicas por evaporación, se destruyó la materia orgánica extraída y se acomplejaron con cianuro los cationes que interfieren en la determinación de estos elementos.

La cantidad de magnesio se calculó por diferencia entre la valoración con EDTA de la mezcla $Ca+Mg$ y la de calcio solo. Como indicador para el magnesio se empleó negro de Eriocromo T y para el calcio la mezcla de Murexida, verde naftol y cloruro sódico.

Método de Morgan.—La solución extractora está descrita en los métodos de determinación de potasio.

La técnica consiste en agitar en un Erlenmeyer 10 g de suelo con 20 ml de solución durante un minuto. Filtrar y hacer la determinación sobre 2 ml como anteriormente.

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla VII gráficos X y XI.

TABLA VII

Contenido en MgO y CaO (mg/100 g) por distintos métodos

N.º Muestra	Solución Morgan	Acetato amónico	Solución Morgan	Acetato amónico
1	6,6	77	163	137
2	107	267	297	76
3	118	132	207	56
4	33,3	109	158	91
5	23,1	87	207	190
6	—	—	—	—
7	26,4	222	342	281
8	36,3	109	297	425
9	33,0	150	353	392
10	46,2	126	319	451
11	69	161	263	367
12	29,7	59	711	711
13	23,1	137	179	175
14	—	—	—	—
15	—	—	—	—
16	39,6	121	235	246
17	26,4	117	302	210
18	23,1	7,6	252	443
19	19,8	37,9	106	165
20	29,7	140	163	137
21	24,6	140	196	170
22	13,2	71	230	121
23	6,6	273	157	127
24	13,2	258	594	739
25	21,2	47,0	281	757
26	23,1	126	286	225
27	—	128	—	433
28	23,1	74	179	195
29	23,1	83	263	383
30	23,1	134	129	53
31	63	64	157	157

TABLA VII (continuación)

N.º muestras	Solución Morgan	Acetato amónico	Solución Morgan	Acetato amónico
32	29,7	74	101	94
33	36,3	28,8	375	458
34	16,5	108	109	625
35	3,30	42,5	319	329
36	19,8	24,2	398	324
37	46,2	114	465	506
38	26,4	91	386	278
39	26,4	106	202	162
40	26,4	141	319	220
41	59,4	108	347	251
42	42,9	276	437	332
43	36,3	6,1	381	501
44	76	147	230	129
45	92	103	174	213
46	42,9	18,2	280	281
47	33,0	87	179	96
48	42,9	99	224	177
49	49,5	61	353	278
50	26,4	93	330	301
51	16,5	132	375	215
52	36,3	10,6	280	291
53	16,5	16,6	224	324
54	19,8	61	280	258
55	9,9	9,1	179	258
56	25,4	91	185	240
57	16,5	4,55	246	306
58	46,2	162	308	248
59	29,7	24,2	252	405
60	29,7	10,6	297	392
61	46,2	7,6	269	418
62	33,0	15,1	280	329
63	46,2	170	297	299
64	33,0	52	297	205
65	23,1	91	263	278

TABLA VII (continuación)

N.º Muestras	Solución Morgan	Acetato amónico	Solución Mónaco	Acetato amónico
66	53	240	253	157
67	39,6	82	566	152
68	26,4	266	734	418
69	29,7	9,1	398	402
70	16,5	52	336	154
71	23,1	168	258	139
72	16,4	42,5	258	190
73	23,1	93	146	78
74	49,5	91	213	200
75	42,9	114	140	71
76	13,2	291	140	84
77	46,2	152	190	121
78	33,0	94	92	101
79	3,30	21,2	39,2	56

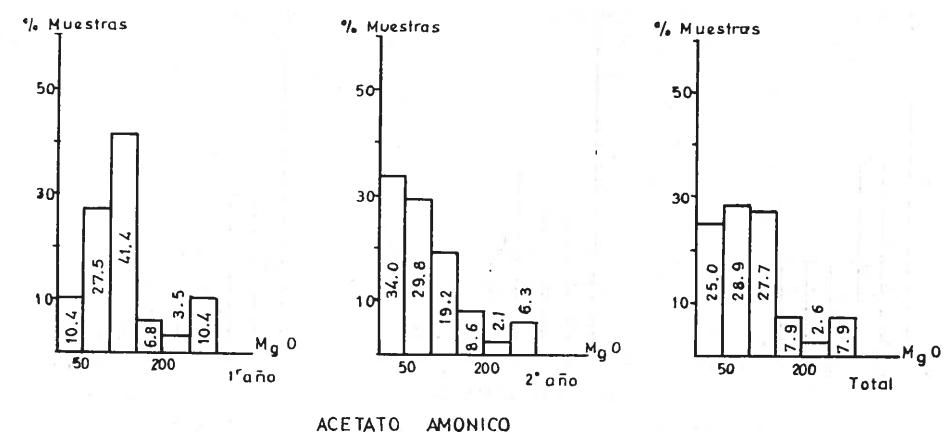
Resultados.—La distribución de calcio y magnesio, extraídos con el método de acetato amónico muestra un agrupamiento compacto entre 100 y 300 mg de óxido de calcio por 100 g de suelo, el 53 por 100 de las muestras, y entre 0 y 150 mg de óxido de magnesio, el 81 por 100 de las muestras; se aprecia una clara relación entre la riqueza de estos elementos y el pH.

D.—DISCUSION GENERAL

La constitución de los suelos de prados, así como su evolución, es muy compleja; ROBINSON³⁸ los incluye en un grupo que denomina "suelos de prados" y que se caracteriza fundamentalmente por un alto grado de hidromorfismo; los tipos de suelos dominantes en ese grupo son el Gley y el Podsol-gley. Indudablemente, una de las características más acusadas de los suelos de prados, situados en depresiones planas, es la presencia de horizontes "Gley" a mayor o menor profundidad; los suelos de León no constituyen una excepción, pero ese carácter se ve modificado, en parte, por un clima peculiar; es de lamentar la falta

Gráfico X

VALORES DE Mg O (mg/100g suelo) POR DISTINTOS METODOS



ACETATO AMONICO

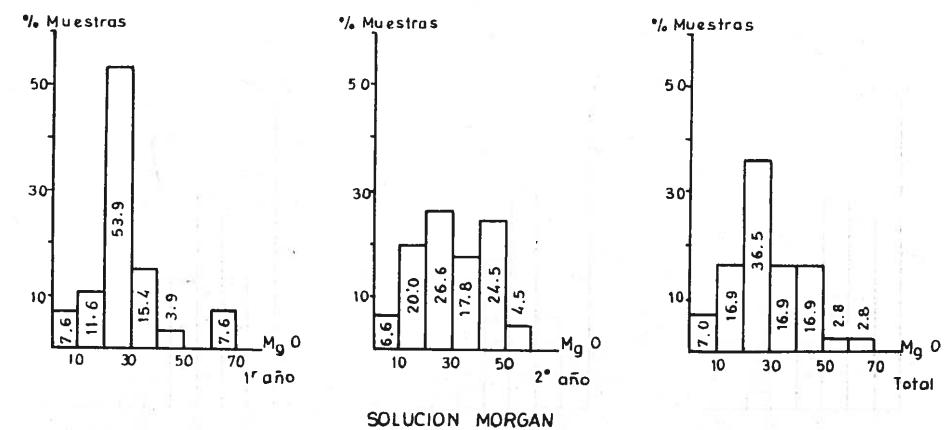
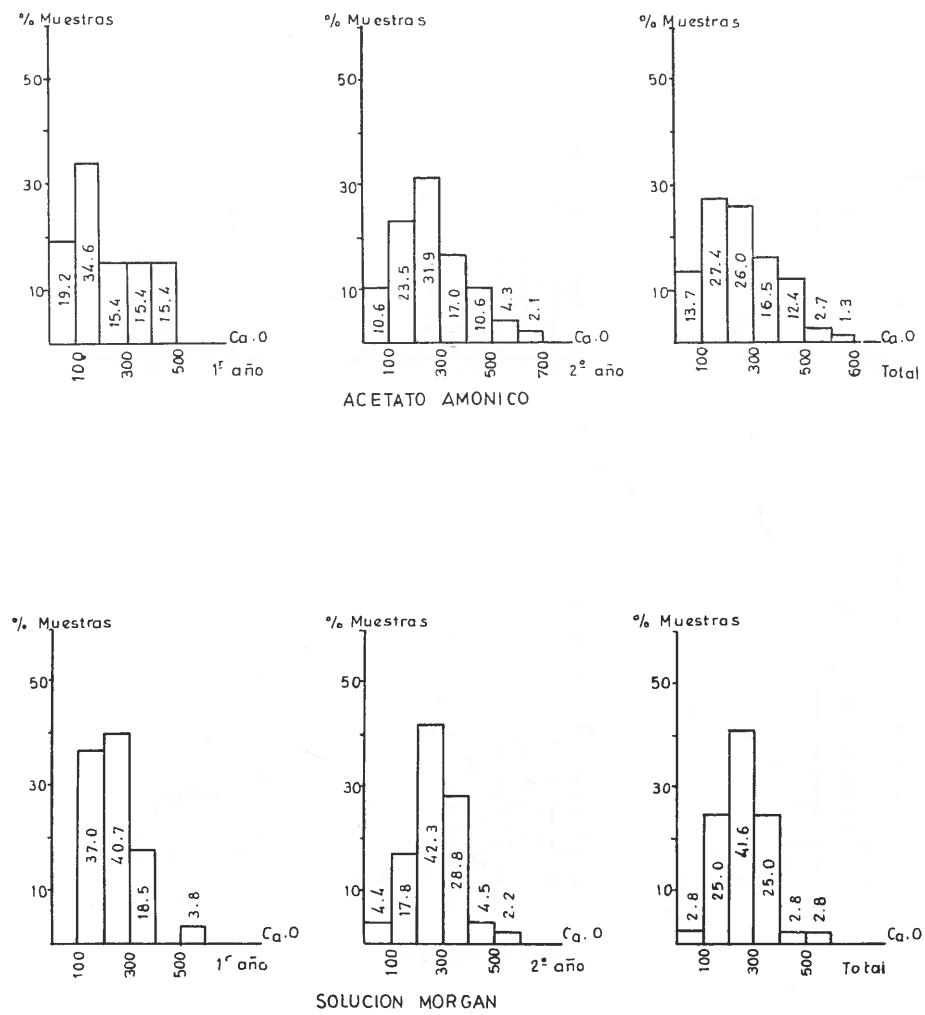


Grafico XI

VALORES DE Ca O (mg / 100 g suelo) POR DISTINTOS METODOS



de datos climáticos de una larga serie de años que nos permitieran concretar los rasgos más salientes del clima, o los climas, de las comarcas del norte de León; no obstante, uno de los rasgos que más influyen en la evolución de los suelos, es la sequía estival que se produce a lo largo de los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con un carácter más acentuado en los de julio y agosto; las elevadas cumbres, de la cordillera Cantábrica, que separan León de Asturias, sirven de límite a dos regiones climáticas bien definidas; en las vertientes meridionales se inicia el cambio hacia el clima continental de la meseta en el que destaca la estación estival eminentemente seca. En consecuencia, los suelos se hallan sometidos a períodos, relativamente largos, en los que predominan las condiciones oxidantes sobre las reductoras, y, por consiguiente, la formación de horizontes "gley" se ve limitada. Como la sequía se inicia aproximadamente al mismo tiempo que la vegetación empieza su máximo desarrollo anual, la nutrición de las plantas se lleva a efecto en condiciones aeróbicas; cuando así no ocurre se aprecia en la composición florística del prado. No obstante, el predominio de suelos con pH relativamente elevado y con humus activo, razón C/N poco elevada, nos indica de forma fehaciente que la evolución de los suelos hacia formaciones turbosas sólo se produce en áreas muy limitadas.

A pesar de las consideraciones anteriores encontramos que los suelos, en el horizonte por nosotros estudiado, tienen un marcado carácter orgánico ya que la mayoría de ellos poseen más del 8 por 100 de M. O. límite generalmente aceptado para separar los suelos minerales de los suelos orgánicos. Este alto nivel de fracción orgánica tiene una importancia decisiva a la hora de interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, dificulta la apreciación textural, debe entenderse que en estos suelos, la textura es esencialmente húmica y que, por ejemplo, cuando decimos que una muestra, con elevado porcentaje en humos, es limosna, se sobreentiende que es húmico-limosa. En segundo lugar, debe de existir una gran reserva de elementos nutritivos, fósforo, potasio y calcio entre otros en forma de compuestos orgánicos, que si bien no están presentes en forma asimilable pueden ser suministrados a las plantas cuando la humificación transcurra de manera favorable.

Por todo ello creemos que los problemas de nutrición, en los prados leoneses, obedecen más a fenómenos de equilibrios de nutrientes y a la velocidad de paso a formas asimilables que a una verdadera deficiencia en los mismos.

ntener el equilibrio y a variables según los cam-
os nutrientes a una velo-
puede suministrar. Tal
os suelos sobre calizas o
es tienen una estructura
o invernal", al de creci-
z que en los suelos silí-
ficación se produce con
ientes.

materia orgánica, con
fijación intensa de nü-
co el empleo de abonos:
empleo de fertilizantes.
ero de riegos.

icular y la fertilización
datos analíticos se tiene
po de fertilización que
len establecerse normas

orgánica es un factor
sobre el estado de fer-

suelos tienen elevadas
evolución de la misma
son altos, circunstancia
ón del nitrógeno total,
encia en circunstancias
n las que las condicio-

los a las formas asimi-
esulta difícil establecer
s intervalos adscritos a
la solución empleada,
le cultivo. Los valores
s diferentes y las cate-
y IX.

TABLA VIII
Datos comparativos para fósforo (mg de P_2O_5 /100 g. suelo)

Método analítico	Oscilación	Valor medio	Valores frecuentes	Ricos	Medios	Pobres	Referencia	Suelos y cultivos
Lactato cálcico				10 mg.	4-10	4 mg.	DEMOLON (16) MATTSON (27) SEMB (49) MORACZEWSKI (24) BAEYENS (2) MARTINEZ (26) (35) ESTA MEMORIA	Francia. Tierras de cultivo. Suiza. Estudio de perfiles. Inglaterra. Prados temporales. Polonia. Prados. Bélgica. Prados. " Suelos de cultivos forrajeros. Salamanca. Tierras de cultivo. Galicia. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
Bicarbonato sódico	1,8-66 2-3,10 0-35,7	17,9 4,4 10,0 56 3,7 7,1 4,0 5,4 5,1		11,5 19,5 7,5-14,5 11,5-19	7,5 11,5		SEMB (41) MARTINEZ (26) ESTA MEMORIA	Inglaterra. Praderas temporales. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
Acido cítrico	9-140 0,6-31 10-125 5-520 0,3-77			35			COLLIER (12) OLLAGNIER (32) DEMOLON (16) VAN DER PAAUW (47) MARTINEZ (26) ESTA MEMORIA	Francia. Suelos de prado. Senegal. Tieras de cultivo. Francia. Tirras de cultivo. Holanda. Suelos de prados. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
Burriel - Hernando	2-300 0-66,6 0-20 0-15 0-30 0-17,0 0-110 0-30 0-26,6 1,8-24	54 2,5 6,0	0-13,3 0-5 5-10 0-10 0-6,6				MARTINEZ (26) (35) (22) (36) (36) (1) (7) (9) ESTA MEMORIA	Salamanca. Tirras de labor. Salamanca. Tierras de cultivo. Salamanca. Prados. Santander. Praderas y bosques. Zamora. Tieras de cultivo. Zamora. Prados y pastos. Villafranca del Panadés. Cádiz. Cultivos. León. Tierras de cultivo. León. Praderas naturales.
Acido acético	3,2-11 2,6-495 0,54,4	3,8 80,8 11,4					MATTSON (28) MARTINEZ (26) ESTA MEMORIA	Suiza. Estudio de perfiles. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
Acetato amónico	1-200 0-8,6	32,5 1,5					MARTINEZ (26) ESTA MEMORIA	Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados.

La fertilización debe ir orientada a mantener el equilibrio y a suministrar elementos nutritivos en las épocas variables según los cambios climáticos en las que las plantas toman los nutrientes a una velocidad superior a aquélla en que el medio suelo puede suministrar. Tal época no es la misma para todos los suelos; los suelos sobre calizas o con carbonatos libres en los horizontes superiores tienen una estructura favorable y son más secos; el paso del "letargo invernal", al de crecimiento vegetativo se produce con mayor rapidez que en los suelos silíceos; éstos son más perezosos ya que la humificación se produce con lentitud y puede requerir mayores dosis de nutrientes.

En los suelos con niveles elevados de materia orgánica, con una razón C/N superior a 15, cabe esperar una fijación intensa de nutrientes y es muy posible que no resulte económico el empleo de abonos: en tales casos debe procederse, antes de pasar el empleo de fertilizantes, a realizar obras de drenaje y a controlar el número de riegos.

Resumiendo, cada prado es un caso particular y la fertilización adecuada sólo es posible cuando además de los datos analíticos se tiene en cuenta los climáticos de cada año; es un tipo de fertilización que hay que hacerlo sobre la marcha, si bien pueden establecerse normas generales para cada variedad de suelo.

En todo caso, la evolución de la materia orgánica es un factor principal a tener en cuenta a la hora de decidir sobre el estado de fertilidad de los prados leoneses.

Teniendo en cuenta que, en general, los suelos tienen elevadas reservas de materia orgánica y que el grado de evolución de la misma es bueno, se deduce que los niveles de nitrógeno son altos, circunstancia que se manifiesta en el histograma de distribución del nitrógeno total, por lo que únicamente debe presentarse deficiencia en circunstancias especiales, por ejemplo en otoños y primaveras en las que las condiciones climáticas evolucionen con excesiva rapidez.

Respecto a los niveles de fertilidad referidos a las formas asimilables de los macronutrientes fósforo y potasio, resulta difícil establecer unas normas concretas ya que la amplitud de los intervalos adscritos a cada categoría, pobres, medios y ricos, varía con la solución empleada, la naturaleza de los suelos, el clima y el tipo de cultivo. Los valores hallados por diversos autores que estudian suelos diferentes y las categorías establecidas se resumen en las tablas VIII y IX.

TABLA VIII

Datos comparativos para fósforo (mg de $P_2O_5/100$)

Método analítico	Oscilación	Valor medio	Valores frecuentes	Ricos	Medios	Pobres	Ref.
Lactato cálcico	1,8-66	17,9 4,4 10,0	10 mg.	4-10	4 mg.		DEMOLON MATTSON SEMB (49) MORACZE BAEYENS
Bicarbonato sódico	2-3,10 0-35,7	56 3,7 7,1	11,5 19,5 11,5-19	7,5-14,5 11,5-19	7,5 11,5		MARTINEZ (35) ESTA ME
Ácido cítrico	2-15 1,6-14	4,0 5,4 5,1					SEMB (41) MARTINEZ ESTA ME
Burriel - Hernando	9-140 0,6-31 10-125 5-520 0,3-77	101,8 21,4	35				COLLIER OLLAGNIE DEMOLON VAN DER MARTINEZ ESTA ME
Ácido acético	2-300 0-66,6 0-20 0-15 0-30 0-17,0 0-110 0-30 0-26,6 1,8-24	54 2,5 6,0	0-13,3 0-5 5-10 0-10 0-6,6				MARTINEZ (35) (22) (36) (36) (1) (7) (9) ESTA ME
Acetato amónico	3,2-11 2,6-495 0,54-4	3,8 80,8 11,4					MATTSON MARTINEZ ESTA ME
	1-200 0-8,6	32,5 1,5					MARTINEZ ESTA ME

TABLA IX

para potasio (mg de K₂O/100 g suelo).

Medios	Pobres	Referencia	Suelos y cultivos
-21 -32	13 24	DEMOLON (16) MORAÉZEWSKI (24) BAEYENS (2) (29) CRISANTO (14) ESTA MEMORIA	Francia. Suelos de cultivo. Polonia. Prados. Bélgica. Prados. " Suelos de cultivos forrajeros. Galicia. Tierras de cultivo. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
		VAN "lfi HENDE (45) SLUIJSMANS (45) CRISANTO (14) ESTA MEMORIA	Bélgica. Prados. Holanda. Prados. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados.
		VAN DER HENDE (45) CRISANTO (14) (35) (35) (36) (36) (7) (9) (1) (8) ESTA MEMORIA	Bélgica. Prados. Salamanca. Tierras de cultivo. Salamanca. Tierras de cultivo. Salamanca. Prados. Zamora. Tierras de cultivo. Zamora. Prados y pastos. Cádiz. Tiers de cultivo. Murcia. Huerta. Villafranca del Panadés. León. Tierras de cultivo. León. Prados.
		HEDIN (20) CRISANTO (14) ESTA MEMORIA	Francia. Suelos de cultivos forrajeros. Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados naturales.
		CRISANTO (14) ESTA MEMORIA	Salamanca. Tierras de cultivo. León. Prados.

La tabla VIII muestra que los suelos de pastos de León son de riqueza media o moderadamente pobres en *jósforo* asimilable; comparando los valores obtenidos por los diversos métodos encontramos que: con el lactato resultan más ricos que los de Inglaterra y menos que los de Suiza, Polonia y Salamanca; con el bicarbonato son más ricos que los de Inglaterra y menos que los de Salamanca; con el cítrico muestran menos oscilaciones que los suelos de pastos de Francia y Holanda; por el método de Burriel-Hernando resultan más ricos que los de Santander y que los prados de Salamanca y menos que los suelos de Cádiz y Villafranca del Panadés; con el ácido acético son más ricos que los de Suiza y con acetato amónico más pobres que los suelos de Salamanca; es decir, los valores hallados para los suelos del Norte de León son inferiores a los hallados en otras regiones españolas más áridas y con predominio de suelos calizos. Los suelos con niveles más elevados en este elemento tienen pH próximo a la neutralidad, no tienen porcentajes altos de carbonatos libres y los valores de la razón C/N son bajos o moderados, todo ello se muestra como tendencia no de forma categórica.

La influencia del material original del suelo y el clima es aun mayor en el caso del *potasio*; naturalmente, los suelos sometidos a un proceso de lavado intenso son menos ricos en potasio que los suelos situados en zonas de escasa precipitación; en los suelos aquí estudiados este factor se atenúa debido a su situación topográfica; de la tabla IX se deduce que los suelos de León son, en conjunto, más ricos, empleando el lactato, que los prados de Polonia, Galicia y Salamanca (tierras de cultivo), más ricos que los suelos de pastos de Bélgica y si se emplea el ácido clorhídrico, más ricos que los prados de Bélgica y Salamanca y menos que los de Zamora con el acetato amónico, más ricos que los de Francia y Salamanca con la solución Morgan, y más pobres que los de Salamanca cuando se emplea el acetato amónico.

Finalmente los suelos estudiados se pueden considerar ricos en calcio y suficientemente provistos en magnesio.

En todo caso, establecer categorías definitivas sólo puede llevarse a efecto después de una experimentación duradera.

COMPOSICION QUIMICA DE LA HIERBA, RELACION SUELO - PLANTA

ANTECEDENTES

El análisis de las características químicas y edáficas de los suelos de prados que se han expuesto, no permite sino una visión parcial del problema. La composición química de las plantas que crecen en esos suelos, las relaciones suelo-planta y la calidad de los mismos, complementan este estudio.

Evidentemente se comprende que el estudio de la nutrición mineral, de las plantas pratenses, es muy complicado, ya que el número de variables a que están sometidas, directa o indirectamente, es elevado. Además de las variables clima y temperatura, hay que tener en cuenta la comunidad vegetal de varias familias botánicas viviendo en competición, y que pueden agruparse en gramíneas, leguminosas y otras hierbas.

Numerosos autores han utilizado en el estudio de los prados la composición química mineral de las plantas, existiendo un número relativamente elevado de trabajos en la bibliografía sobre esta materia, aunque se diferencian en el fin que cada uno de ellos persigue.

Desde el punto de vista del *rendimiento y de la fisiología* de las plantas, COIG,¹¹ intenta relacionar el rendimiento con la composición química mineral de la hierba, y encuentra un aumento considerable de la absorción del potasio para una planta aislada, el dactilo, pero no cuando ésta se mezcla con otras especies.

BROCHART en 1962⁶ determina los contenidos minerales de 160 muestras recolectadas en una misma estación. Estudia la influencia de la naturaleza botánica y del origen geográfico de estos henos sobre la composición mineral, y correlaciona los elementos minerales para cuatro categorías botánicas. La presencia de leguminosas eleva la proporción de fósforo debido, en parte, al hecho de que las leguminosas son más ricas en materia seca que las gramíneas. Significativos al nivel de 1 por 100 encuentra la relación fósforo con potasio en la planta.

Sobre el vallico, BUTLER y colaboradores⁶ examinan la relación entre la composición mineral y el estado de desarrollo de la hierba no encontrando correlación alguna.

BROCHART⁶ estudiando los elementos minerales en la hierba de prados naturales, encontró correlación significativa al nivel 1 por 100 entre el calcio y el magnesio. El contenido en magnesio aumentaba con la proporción de leguminosas.

El problema de la relación entre la composición de la planta y el *abonado* de los prados lo estudian TSCHUMI y STALÉ,⁴³ que observan que el contenido en calcio, magnesio y fósforo del heno se modifica con el abonado. Consideran que influyen ciertos factores, como las condiciones metereológicas y la madurez del forraje y dan unos índices del contenido en fósforo y potasio para un heno de buena calidad.

MORACZEWSKI^{24 25}, trabajando experimentalmente sobre praderas, concluye que el análisis químico del heno del primer corte es el mejor medio para determinar sus necesidades en abonos. Las variaciones en la dosis de abonado influían en el rendimiento, pero muy poco en la cantidad de fósforo y potasio de las plantas, encontrando fuerte correlación entre el contenido en estos dos elementos en la hierba y en el suelo, cuando se refería a una sola familia de hierbas.

SLUIJSMANS⁴² estudia la *influencia del suelo* sobre el porcentaje de magnesio en la hierba en 49 parcelas de experimentación de prados encontrando correlaciones bajas, entre el magnesio de la hierba y alguno de los factores del suelo (potasio, magnesio y materia orgánica). Ninguno sirve de base para predecir el magnesio de la hierba.

VAN DER PAAUW,⁴⁷ correlaciona el fósforo y potasio del suelo con el de la planta en prados naturales sobre cinco tipos de suelos distintos, en parcelas con abonado. Encuentra que la correlación puede ser mejorada cuando se tienen en cuenta otros factores del suelo como el pH y el contenido en materia orgánica.

El contenido en calcio de los prados naturales fue estudiado por TSCHUMI y STALÉ⁴⁴ que observaron que la mayor parte de los henos ricos en calcio correspondían a terrenos ácidos, mientras que suelos calcáreos producían un forraje pobre, debido a que el calcio es poco activo en forma de carbonato, y las plantas posiblemente lo asimilan en forma de sulfato y fosfato bi y monocálcico. Los suelos calcáreos, además, no favorecen el desarrollo de las leguminosas.

TABLA X

Análisis botánico en % de frecu.

YORK, BRADFIELD y PEECH⁵⁰⁻⁵⁴ estudian las interacciones calcio-potasio en suelos y plantas. Cuando la concentración de calcio es alta en el suelo, las plantas no son capaces de asimilar el suficiente potasio que necesitan para sus necesidades normales. Las interacciones de calcio y potasio en suelos pueden contribuir a las relaciones recíprocas entre calcio y potasio en las plantas. El contenido en potasio de la alfalfa, creciendo sobre un suelo calcáreo, fue más alto que el de las plantas desarrolladas sobre suelos más ácidos.

RITH⁵⁵ sobre cinco tipos de suelos, obtiene correlaciones muy bajas entre el contenido en magnesio de la hierba y el del suelo. Considerados separadamente el vallico y el trébol rojo, la correlación es mayor, en general, para el trébol que para la gramínea.

COIC¹¹ estudia las necesidades en potasio en función del tipo de plantas, del crecimiento, de la forma de explotación y de las exigencias nutritivas del ganado. Encuentra que las leguminosas necesitan una concentración más fuerte en potasio que las gramíneas, e incluso que puede ser éste un factor que intervenga en la competición entre ambas especies. La fuerza de absorción del potasio, por estas dos especies de plantas, varía según la época del año; en particular, para la gramínea disminuye rápidamente después de la floración.

En esta II PARTE se estudian la influencia de la fertilidad química de los suelos sobre los equilibrios nutritivos de las plantas y la relación entre fósforo, potasio, magnesio y calcio "asimilables" en el suelo y contenido en la planta.

I. COMPOSICION DE LA PLANTA

A. Toma de muestra.

La recogida de las muestras se hizo durante los primeros días de junio cuando las plantas se encontraban en plena floración, época que se supone refleja mejor el estado nutritivo.

La hierba crecida sobre un cuadrado de 0,50 metros de lado, indicado por VAN DER PAAUW,⁴⁷ fue cortada con tijera a nivel del suelo y trasladada al laboratorio en bolsas de plástico.

GRAMINEAS	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
<i>Anthoxanthum odoratum</i>										33,
<i>Alopecurus pratensis</i>	11							1,2	1	
<i>Apropyrum repens</i>										
<i>Avena fatua</i>										
" <i>sulcata</i>										
<i>Arrhenatherum elatius</i>										
<i>Bromus sterilis</i>										
" <i>mollis</i>	8,5	62				55,4	38,4	11,7		2,9
" <i>madritensis</i>										2,9
" <i>erectus</i>							2,4			
<i>Briza minor</i>										
<i>Cynosurus cristatus</i>	4		2,5				1,2			
<i>Dactylis glomerata</i>		1						1,5		
<i>Festuca arundinacea</i>										
<i>Holcus lanatus</i>	13		20					2,5		
<i>Lolium perenne</i>		4		7,5	19			2	5,5	
<i>Poa compressa</i>										
<i>Poa feratiniana</i>			27							
<i>Poa pratensis</i>	9			20				6,5		
<i>Ventenata avenacea</i>										
<i>Phleum pratense</i>										
<i>Trisetum flavescens</i>	5		16					17	43	2,9
										2,9
										2

TABL^EA X (continuación)

Las muestras, se pesan, se secan al aire y se pesan de nuevo para determinar el % de humedad. Se calcula el peso por muestra. Previa Trituración grosera, se muele quedando así preparada para el análisis.

B. Análisis botánico.

Se ha realizado el análisis botánico de frecuencia sobre 40 muestras siguiendo la técnica de VRIES,⁴⁸ utilizada corrientemente en Holanda y Bélgica, con la modificación que indica HEDIN y LEFEBRE.¹⁹

Se clasificaron 22 variedades de gramíneas, 8 de leguminosas y 24 de otras plantas.

Resultados.—Los resultados obtenidos vienen expresados en las tablas X y XI.

C.—ANALISIS QUIMICO.

El *nitrógeno* fue determinado por el método de Kjeldah.

El ataque de la muestra para *fósforo y potasio* se hizo por combustión por vía húmeda, oxidando la materia orgánica con ácidos fuertes, sulfúrico, nítrico y perclórico. Para evitar el peligro de explosión e inflamación de perclórico, se hizo primeramente una predigestión de la muestra en ácido nítrico.

Se pesan 0,2 g. aproximadamente de muestra y se colocan en un matraz Pyrex de 50 ml. Se añaden 2,5 ml. de ácido nítrico concentrado, calentando suavemente, después de terminada la reacción violenta, durante media hora. Seguidamente se eleva la temperatura a 180-200° y se mantiene hasta completar los tres cuartos de hora, el color de la muestra se vuelve negro. Se separa y enfriá hasta temperatura ambiente. Se añaden a continuación 0,5 ml. de una mezcla compuesta por ácido nítrico concentrado, ácido sulfúrico y ácido perclórico del 60 por 100 en la proporción 10 : 1 : 4.

Se calienta suavemente durante diez minutos llevándolo luego rápidamente a 180-200° hasta que aparecen humos blancos de sulfúrico y perclórico.

Puede aparecer una escoria marrón-verde de MnO_2 mientras el perclórico está presente pero se disuelve en sulfúrico al final del ataque. La digestión continúa hasta que el líquido se evapora casi a sequedad. Se deja enfriar, se añade un poco de agua, se filtra, pasándolo cuanti-

TABLA X (continuación)

GRAMINEAS	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	70	71	72	73	74	75	76	78
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	34,5																			
<i>Alopecurus pratensis</i>							17,3							1						
<i>Apropyrum repens</i>																				
<i>Avena fatua</i>																				
" <i>sulcata</i>																				
<i>Arrhenatherum elatius</i>	7														3,6					
<i>Bromus sterilis</i>																				
" <i>mollis</i>	11,2	11,7	20,5					1,3	44,5	19,5	22,5									
" <i>madritensis</i>																				
" <i>erectus</i>																				
<i>Briza minor</i>																				
<i>Cynosurus cristatus</i>	0,7	1,6	4	16,6	2,1	23,6	1,6													
<i>Dactylis glomerata</i>		9,2		1,1																
<i>Festuca arundinacea</i>		1,6																		
<i>Holcus lanatus</i>			8,5	3,5		1,3	7,2													
<i>Lolium perenne</i>		1,6	2	1,1		13,2	13,8													
<i>Poa compressa</i>																				
<i>Poa feratiniana</i>	17,6		0,6			7,2														
<i>Poa pratensis</i>																				
<i>Ventenata avenacea</i>																				
<i>Phleum pratense</i>																				
<i>Trisetum flavescens</i>	6,5	28,5	11					6,5												
LEGUMINOSAS	33	34	35	36	37	38	39													

<i>Lotus corniculatus</i>																				
<i>Latyrus pratensis</i>																				
<i>Melilotus officinalis</i>																				
<i>Trifolium repens</i>	5		4,5	3,5	2,4	4	2													
<i>Trifolium pratensis</i>	35		6	3,5		45														
<i>Trifolium dubium</i>				53,5	7,2	8	1,3													
<i>Pisum sativum</i>																				
<i>Vicia sativa</i>								1,2												

Las muestras determinar el % de trituración grose

B. Análisis botánico

Se ha realizado siguiendo la y Bélgica, con la Se clasificó 24 de otras plantas

Resultados: tablas X y XI.

C.—ANALISIS QUÍMICO

El nitrógeno El ataque bacteriano por vía de los compuestos, sulfúrico, nítrico e inflamación de la muestra en ácido.

Se pesan en un matraz Pyrex de 250 ml. calentando suavemente media hora y mantiene hasta constante se vuelve negativo. Se añaden a continuación nitrato de sodio concentrado en la proporción 10:1.

Se calienta rápidamente a 100°C. con perclórico y perclórico.

Puede aplicarse el perclórico estándar. La digestión completa se deja enfriar,

TABLA XI
Frecuencias relativas de leguminosas y gramíneas

Número muestra	Leguminosa %	Gramíneas %	Número muestra	Leguminosas %	Gramíneas %
33	40	31	57	0	43
34	0	91	58	18,4	52,6
35	10,5	89,5	59	18,4	46,6
36	60,5	19	60	11,1	22,1
37	11	68,5	61	23,8	19,4
38	14	70,3	62	26,3	39,4
39	3,3	82,5	63	6,1	93,8
40	17,5	77,1	64	0	25,4
41	2	94,8	65	14,2	71,6
42	23,5	28,3	66	12	70,7
43	13,5	59,4	67	1,6	78,2
45	24,6	59,4	68	13,6	80,8
46	4	67,9	70	0	78,8
48	10,5	66,4	71	2,7	70,7
49	0	68,3	72	27,6	34,4
50	23,9	38,9	73	2,9	75,5
52	2,8	93,8	74	4,1	75,4
53	49,2	45,6	75	0	88,3
54	8	24	76	29,8	50,5
55	28,7	22,3	78	45,1	41

tativamente a un matraz aforado de 50 ml. se enrassa y se traspasa a un frasco de plástico.

De esta solución se analiza fósforo y potasio.

Para el fósforo se utiliza la colorimetría con el reactivo propuesto por LUCENA-PRAT.²⁷ Se toma un ml. en un matraz de 50 ml., se le añade 2 ml. de sulfito sódico del 22 por 100, 1,5 ml de sulfúrico del 20 por 100 en peso, 1,5 ml del reactivo colorimétrico y agua hasta la mitad aproximadamente del matraz. Se procede de la misma forma con soluciones patrón. Se colocan en agua hirviendo un cuarto de hora exac-

tamente para el desarrollo del color. Una vez fríos y enrasados la lectura colorimétrica se hace en el Spekker.

La determinación del *potasio* se hizo sobre la misma solución con el fotómetro de llama Kipp empleando como solución patrón cloruro potásico.

El *magnesio* y *calcio* se determinaron sobre la solución clorhídrica de cenizas, previa eliminación de la interferencia de los fosfatos con oxicloruro de circonio.¹⁷

La valoración, con solución EDTA, se realizó por duplicado sobre 2 ml de la solución acomplejando los cationes que interfieren. El magnesio se obtuvo por diferencia de la suma calcio más magnesio y la valoración de calcio solo.

Resultados.—Los resultados de todas las determinaciones expuestas se encuentran en la tabla XII y los histogramas de distribución componen los gráficos XII, XIII y XIV.

Dada la creciente importancia que se da, en numerosos trabajos de nutrición y diagnóstico mineral^{39, 40} a los equilibrios o razones entre nutrientes, se han hallado y representado los correspondientes a N-P-K y K-Ca-Mg (gráficos XV y XVI).

Se ha calculado también la “Alimentación Global” o suma de los contenidos de los tres macronutrientes N, P y K.

TABLA XII

Composición mineral de las plantas

Número muestra	Peso g	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	CaO %
1	45	22,5	2,92	0,28	1,90	0,34	0,83
2	122	21,2	2,31	0,61	2,40	0,30	0,94
3	80	21,1	2,48	0,49	2,04	0,39	1,08
4	670	20,6	2,48	0,56	2,60	0,24	0,81
5	160	21,2	2,01	0,34	2,96	0,18	0,38
6	97	22,3	2,47	0,41	2,64	0,24	0,84

TABLA XII (continuación)

N.º muestra	Peso g	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	CaO %
7	95	23,7	2,41	0,41	2,24	0,25	0,87
8	115	17,8	3,45	0,41	2,40	0,18	0,46
9	103	17,1	1,97	0,54	2,24	0,37	2,49
10	98	14,5	2,13	0,39	3,00	0,43	1,30
11	75	16,9	2,38	0,49	2,36	0,36	0,80
12	109	16,9	2,22	0,57	2,10	0,27	0,85
13	90	26,5	2,18	0,37	2,16	0,35	0,46
14	75	24,2	3,04	0,30	2,16	0,25	0,49
15	120	22,9	2,50	0,37	1,96	0,37	0,64
16	95	22,9	2,08	0,40	2,56	0,41	0,99
17	85	18,5	2,59	0,44	3,12	0,36	0,92
18	130	16,7	2,93	0,37	2,36	0,49	0,95
19	100	18,4	2,44	0,44	2,04	0,26	0,73
20	155	18,1	2,78	0,33	1,64	0,36	0,77
21	65	16,9	2,24	0,33	2,04	0,46	1,60
22	135	16,8	2,17	0,41	2,60	0,36	1,29
23	57	20,0	1,95	0,38	2,10	0,27	0,97
24	77	22,0	1,96	0,49	1,98	0,26	0,45
25	35	16,0	2,42	0,41	2,25	0,27	0,60
26	71	18,9	1,92	0,59	2,60	0,26	0,98
27	140	18,2	1,93	0,47	2,49	0,27	0,64
28	60	16,9	1,88	0,36	2,56	0,37	0,57
29	68	12,7	2,65	0,63	1,98	0,27	0,71
30	48	14,1	2,35	0,39	1,72	0,21	0,84
31	85	16,7	1,99	0,48	2,64	0,37	0,69
32	120	15,6	2,31	0,38	2,36	0,34	0,69
33	80	22,1	1,60	0,36	2,84	0,28	0,92
34	100	24,6	1,30	0,44	3,22	0,18	0,80
35	85	45,3	1,30	0,49	2,26	0,13	0,59
36	125	37,0	1,16	0,50	2,29	0,21	0,77
37	75	30,3	1,41	0,47	2,75	0,24	0,71
38	185	29,5	1,42	0,41	2,74	0,29	1,02
39	100	27,6	1,27	0,58	3,08	0,21	0,73

TABLA XII (continuación)

N.º muestra	Peso g	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	CaO %
40	150	54,1	1,03	0,49	2,30	0,16	0,60
41	85	29,8	3,27	0,49	3,44	0,21	0,66
42	130	23,5	1,91	0,51	3,20	0,33	0,88
43	155	32,1	1,75	0,50	3,02	0,23	0,72
44	90	27,1	2,07	0,63	3,43		
45	130	28,4	1,75	0,46	3,04	0,23	0,81
46	160	30,9	1,74	0,50	2,96	0,24	0,78
47	150	25,1	1,86	0,59	2,37	0,42	0,70
48	160	29,0	1,78	0,46	2,85	0,32	0,71
49	85	23,4	1,37	0,46	3,13	0,35	0,69
50	140	24,7	1,37	0,30	2,65	0,31	0,98
51	75	18,4	1,51	0,47	3,06		
52	130	33,0	1,27	0,50	2,45	0,21	0,78
53	132	29,9	1,09	0,41	2,07	0,20	0,74
54	120	23,6	1,75	0,47	2,51	0,34	1,09
55	105	24,8	1,80	0,45	2,73	0,26	0,64
56	150	34,9	1,76	0,39	2,39	0,28	0,64
57	155	28,2	1,33	0,44	2,39	0,26	0,71
58	130	25,5	1,49	0,41	2,97	0,39	0,76
59	160	23,2	1,71	0,52	3,77	0,26	0,78
60	95	20,7	1,23	0,35	2,34	0,27	0,94
61	110	27,0	1,57	0,41	2,65	0,40	1,09
62	115	24,0	1,37	0,56	3,29	0,35	1,15
63	130	29,6	1,62	0,41	2,33	0,19	0,73
64	110	30,6	1,25	0,35	2,07	0,50	0,70
65	90	36,5	1,18	0,55	2,48	0,46	0,70
66	115	29,5	1,22	0,47	2,51	0,25	0,92
67	145	46,7	1,37	0,39	2,77	0,19	0,73
68	70	29,1	1,48	0,47	2,98	0,28	0,69
69	110	27,1	1,78	0,28	3,35	0,31	1,16
70	80	29,7	1,26	0,34	2,46	0,22	0,77
71	125	26,0	1,50	0,40	3,20	0,28	0,87
72	150	24,0	1,71	0,55	3,34	0,27	0,81

TABLA XII (continuación)

N.º muestra	Peso g	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %	CaO %
73	110	29,7	1,40	0,58	2,83	0,26	0,55
74	115	27,8	1,58	0,55	2,64	0,46	0,95
75	90	24,6	1,25	0,62	3,30	0,45	0,59
76	90	20,0	1,86	0,65	2,53	0,63	1,37
77	100	40,6	0,76	0,39	1,68	0,30	0,74
78	85	29,8	1,06	0,37	2,40	0,40	0,73
79	230	30,7	1,17	0,58	1,76	0,20	0,29

D.—DISCUSION.

Dado que la materia seca, su composición química mineral o cualquier índice derivado representan la comunidad vegetal, se comprende que su estudio interpretativo es sumamente delicado. Cada índice es la resultante de varias componentes, correspondientes a las distintas especies botánicas, con sus proporciones y características. Sin embargo, la composición florística del segundo año expresa que estas comunidades vegetales no son tan complejas como pudiera parecer. En efecto, las gramíneas, con abundancia superior al 10 por 100 y presentes al menos en el 10 por 100 de las muestras, se reducen a seis especies, con la siguiente distribución: el *Bromus mollis* se encuentra en el 40 por 100 de las muestras, el *Trisetum flavescens* en el 40 por 100, *Cynosurus cristatus* en el 35 por 100, *Poa seratiniana* en el 20 por 100, *Lolium perenne* en el 15 por 100 y *Holcus lanatus* en el 12 por 100. En cuanto a las leguminosas, con la condición arriba señalada, se encuentra solamente el *Trifolium repens* en el 20 por 100 de las muestras. Con ciertas reservas pudiera ampliarse esta simplificación a la totalidad de las muestras, ya que la zona recorrida el primer año fue la misma.

Las curvas de distribución de materia seca (histograma XII) reflejan un máximo a 90 g por muestra, en el primer año y es relativamente simétrica. En el segundo año se desplaza ligeramente el máximo a 100 g y es más suave en su evolución hacia mayores rendimientos, lo que desplaza sensiblemente el valor medio obtenido.

Gráfico XII

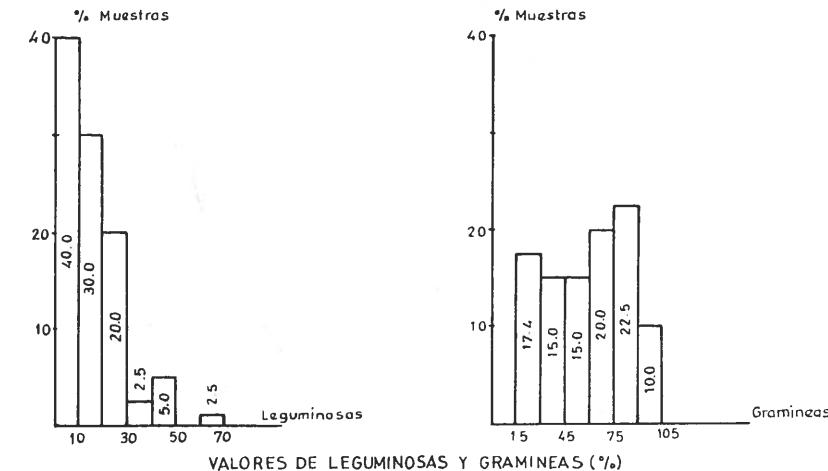
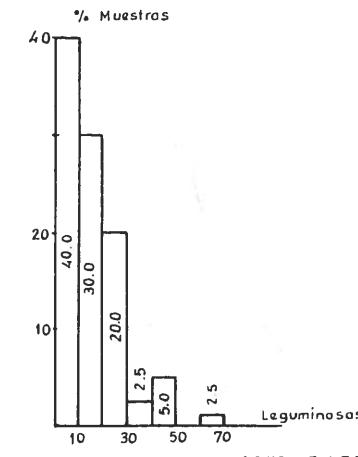
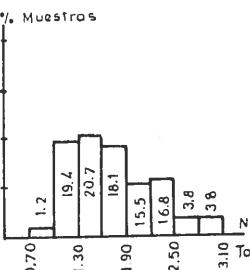
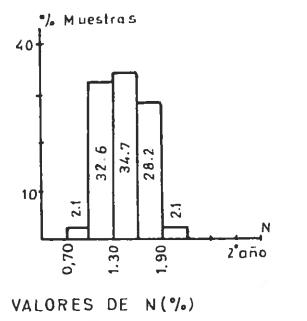
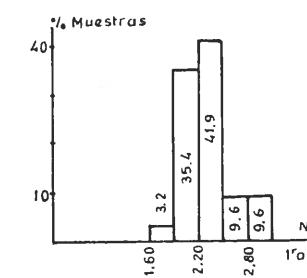
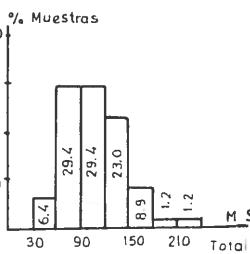
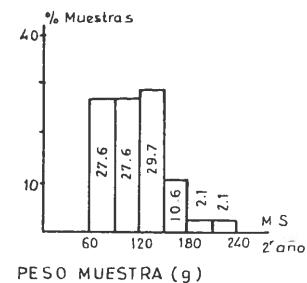
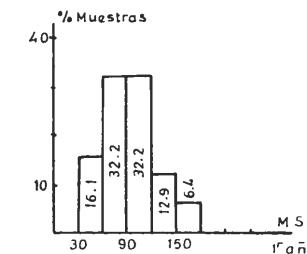


Gráfico XIII

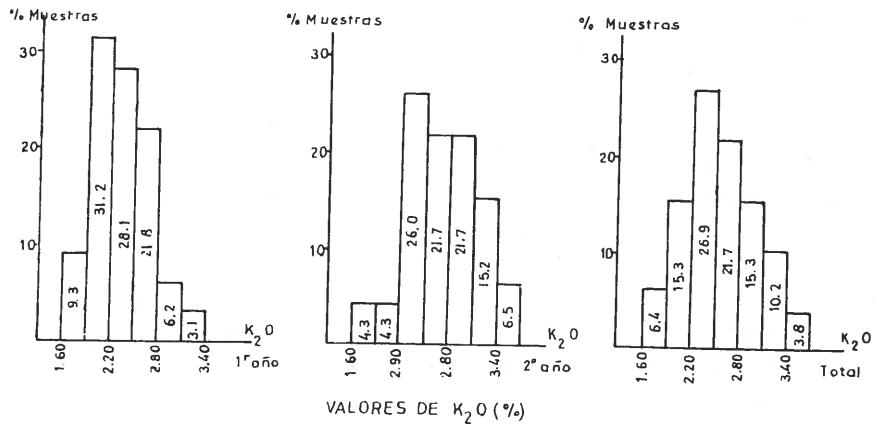
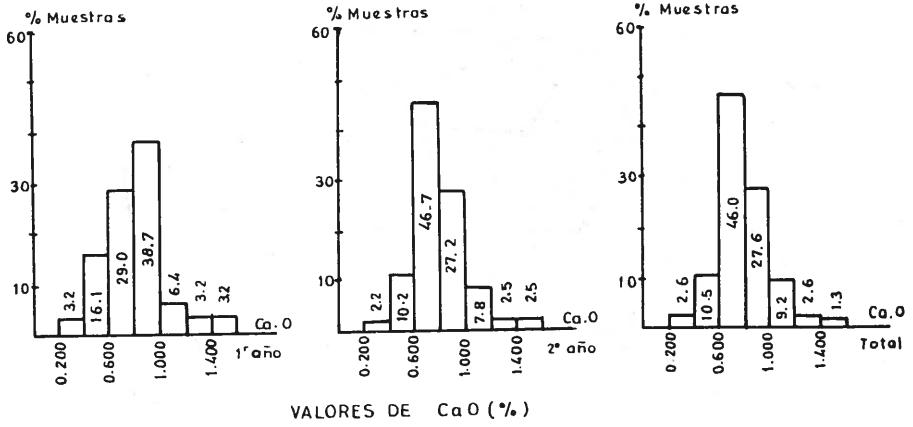
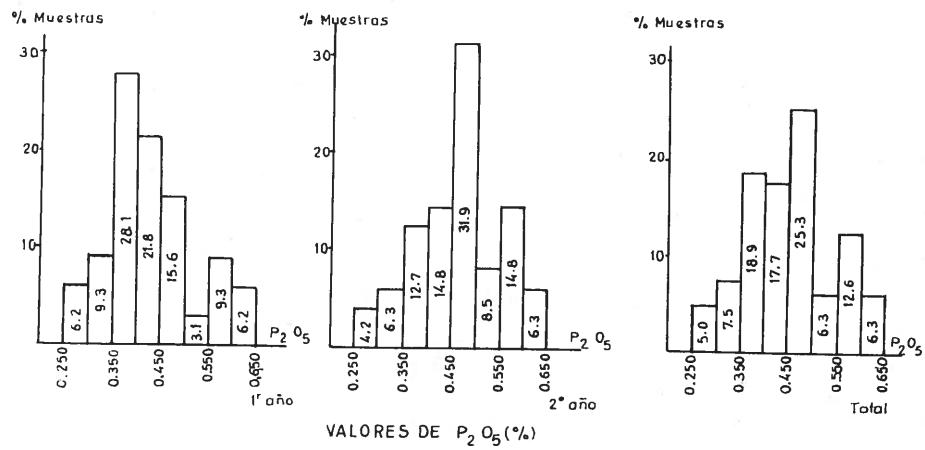
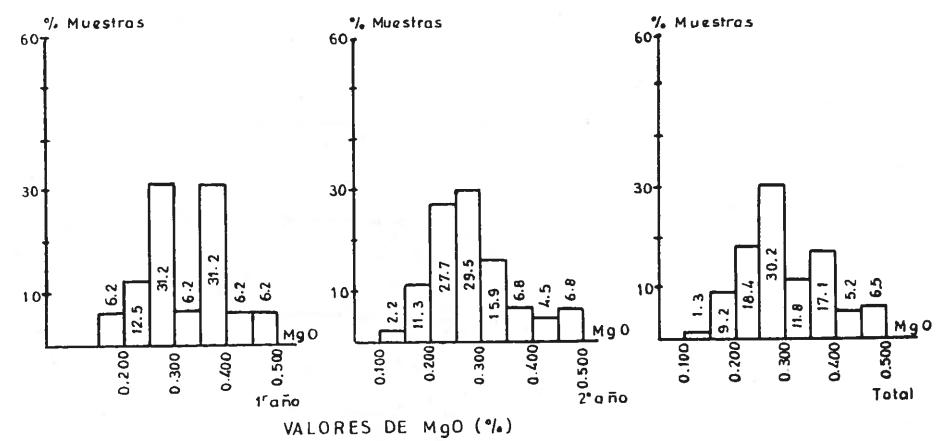
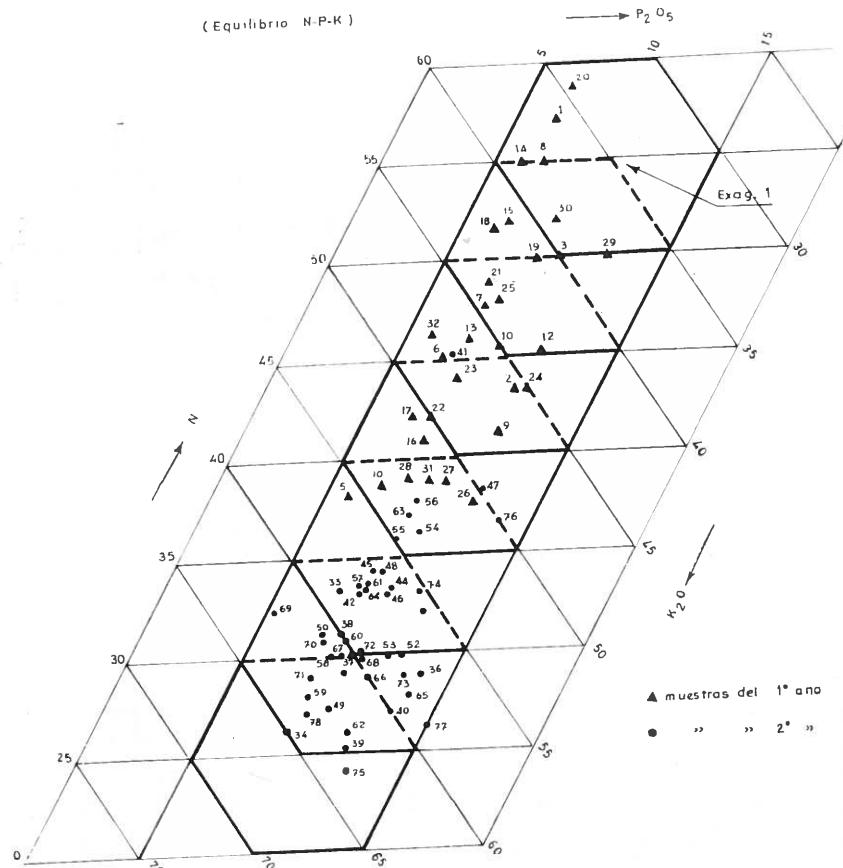


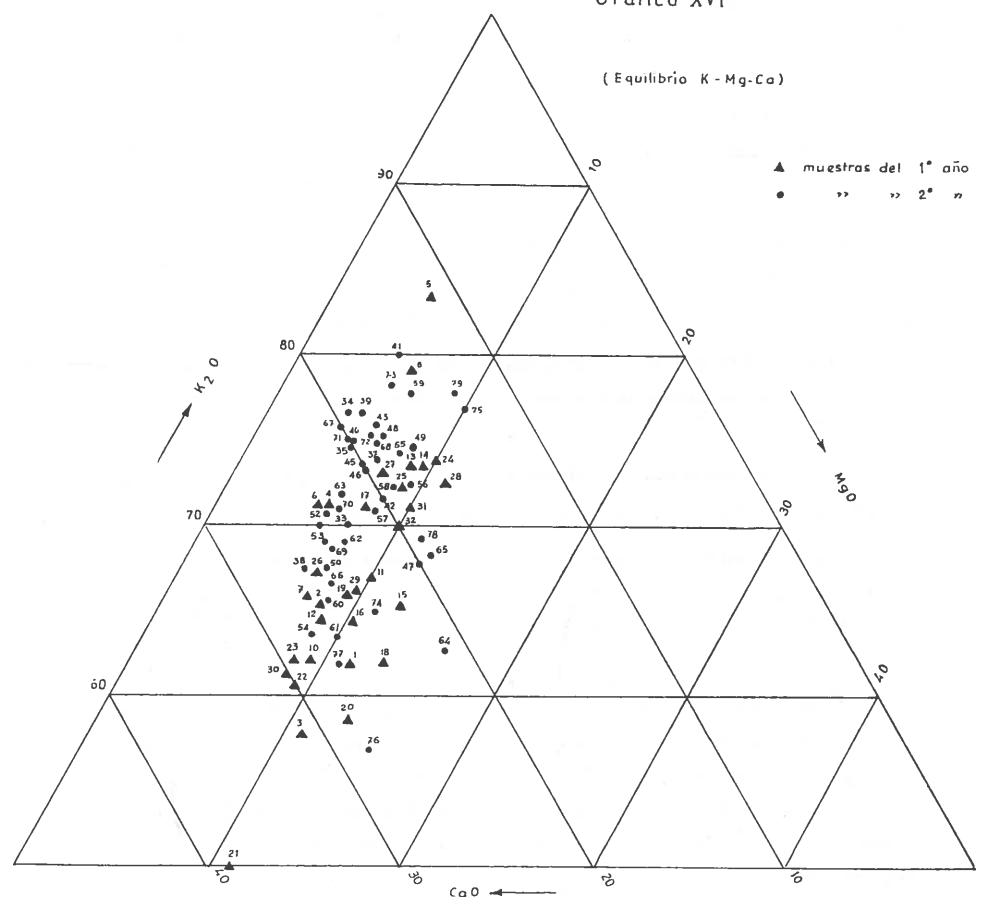
Gráfico XIV



Gráfica XV



Gráfica XVI



Los histogramas de *distribución del contenido en nitrógeno*, señalan una notable diferencia de un año a otro. La curva del primero se desplaza hacia la derecha respecto del segundo (máximo del primer año 2,30 por 100, segundo año 1,40 por 100).

El *fósforo* en cambio se distribuye en forma opuesta; el máximo del primer año está por debajo de 0,40 por 100, con un 55,8 por 100 de muestras con cantidad superior, mientras que para el segundo año dicho máximo se desplaza a 0,48 por 100 aproximadamente y un 76,3 por 100 de las muestras con contenidos superiores a 0,40 por 100.

El contenido en *potasio* también es distinto en el primer año que en el segundo pero en sentido opuesto al caso del nitrógeno. Los máximos se producen para contenidos de 2,00 por 100 y 2,40 por 100 respectivamente, con una distribución de menor pendiente hacia mayores contenidos en el segundo año, lo que tiene como consecuencia que en este caso un 93,2 por 100 de las muestras tienen contenido superior al 2,00 por 100 de potasio, frente a un 75,8 por 100 para el primer caso.

Pocas diferencias se encuentran en el contenido en *calcio* de las muestras. Los máximos del primer año y segundo son respectivamente 0,9 y 0,7 por 100.

Para el *magnesio* se observan dos máximos para el primer año y distribución normal para el segundo año, sin otras diferencias.

Se han estudiado otras *relaciones* de los contenidos minerales entre sí, obteniéndose resultado negativo, por lo que no puede hablarse de fenómenos de antagonismo ni sinergismo para estos elementos dentro de la planta.

Los contenidos de nitrógeno y fósforo no son buenos indicadores, en estos experimentos, de los posibles rendimientos, ya que no se encuentran correlaciones significativas. No obstante, en la representación nitrógeno-materia seca se aprecia neta separación de los dos años de muestreo y que corresponde a mayores contenidos en nitrógeno para el primer año.

Para el segundo año de muestreo, en el que se hizo el análisis florístico se han encontrado correlaciones entre el porcentaje de gramíneas y el contenido en fósforo o potasio de la comunidad, a niveles de significación de 1 y 5 por 100 respectivamente, de sentido positivo (gráfico XXIII).

El diagrama XV expresa gráficamente los valores del *equilibrio N-P-K* en estas comunidades vegetales en estudio. La primera observación que se hace notar es la relativamente pequeña variación en el *equilibrio N-P*. Todas las muestras tienen un equilibrio N-P dentro de la banda 5-15 por 100 de fósforo en la suma $N + P_2O_5 + K_2O = 100$. El contenido relativo de fósforo es constante.

El *equilibrio P-K* ocupa la banda 35-65 por 100 de potasio, aumentando la proporción de potasio para niveles decrecientes en la proporción de nitrógeno, según corresponde a una relativa constancia del fósforo, por lo que el *equilibrio N-K* se presenta como el más interesante en la distribución de los puntos.

En efecto, si se agrupan las muestras por su posición en el diagrama según exágonos definidos por sus centros, y que corresponden a los puntos 55, 50, 45, 40, 35, 30 y 25 por 100 de nitrógeno con valor constante para fósforo de 10 por 100, se hallan los valores medios de la materia seca (tabla XIII), observamos que al disminuir la proporción de nitrógeno, aumentan regularmente los de ésta, hasta llegar a un máximo correspondiente a 35 por 100 de nitrógeno y que definiría el "Optimo Experimental".

El equilibrio N-P-K es, pues, un índice de rendimiento, aun en este caso en que se estudian comunidades vegetales. Estos prados naturales pueden ser considerados como un todo desde este punto de vista de su nutrición mineral. El óptimo estaría comprendido entre un 30 y un 35 por 100 de nitrógeno, punto que corresponde casi al centro de las muestras del segundo año, que ya pueden clasificarse como mejores. En cambio, en el caso del primer año, la materia seca es más baja debido a una absorción relativamente mayor de nitrógeno o menor de potasio.

La "Alimentación Global" también sufre una evolución regular (tabla XIII) aunque pequeña. Varía desde 5,2 para las muestras de mayor contenido relativo de nitrógeno hasta 4,9 a medida que descendemos en el gráfico. Parece existir también una "Alimentación Global Optima" que sería 4,7. Esto puede interpretarse pensando en una mayor absorción de nitrógeno en las muestras de menor peso, que tiene como consecuencia una deficiencia relativa de potasio.

El equilibrio K-Ca-Mg (gráfico XVI), es muy homogéneo para todas las muestras. Desde este punto de vista, las plantas han absorbido proporciones iguales de los cationes. Ofrece menos interés por su fuerte

agrupamiento, lo que puede deberse, o bien a una mayor flexibilidad de la absorción catiónica sin repercusiones fisiológicas, o bien a fenómenos de compensación entre las especies.

Si comparamos los resultados obtenidos en los contenidos minerales con los encontrados por diversos autores en la bibliografía observamos que para el nitrógeno TSCHUMI⁴⁴ encuentra un valor medio de 1,53 por 100 que corresponde aproximadamente a la media de los valores más frecuentes de nuestros henos considerados en su totalidad.

Para el *fósforo* TSCHUMI⁴⁴ considera como ricos aquellos que contienen más de 0,69 por 100, regulares los comprendidos entre 0,48 y 0,69 y pobres para valores menores de 0,48. MORACZENSKI,²⁵ da unos índices análogos, considerando los comprendidos entre 0,46 y 0,55 por 100 como henos de muy baja calidad. BROCHART⁵ encuentra como valor medio el de 0,64 por 100. Los valores encontrados en este trabajo para el fósforo se encuentran comprendidos, el 62 por 100 de ellos, entre 0,35 por 100 y 0,5 por 100, por lo que podemos considerarlos como relativamente pobres.

En cuanto al *potasio*, TSCHUMI⁴⁴ considera muy bueno el heno cuyo contenido es de 2,15, regular el comprendido entre 1,8 y 2,15 y pobre aquel que contiene menos de 1,8 por 100. MORAZEWSKI²⁵ señala también como en el caso del fósforo, índices parecidos indicando como de poca calidad el comprendido entre 1,81 y 2,20. SLUIJSMANS⁴² encuentra valores comprendidos entre 1,8 y 3,0. BROCHART⁵ da como valor medio el de 2,6 por 100. En los valores encontrados, el 78 por 100 de las muestras en total tienen valores superiores a 2,20, por lo que podemos considerarlos como henos ricos en potasio.

Para el *calcio*, TSCHUMI⁴⁴ considera como suficiente el valor 0,86. HEDIN²⁰ encuentra como valor medio 1,07 por 100 y BROCHART⁵ el de 1,02 por 100. En cuanto al *magnesio*, TSCHUMI⁴⁴ encuentra el valor medio de 0,28, SLUIJSMANS⁴² los comprendidos en el intervalo 0,23 y 0,34; BROCHART⁵ obtiene como valor medio el de 2,08. Comparando estos valores de calcio y magnesio con los encontrados en la zona que estudiámos podemos considerar los henos como suficientemente provistos de calcio y magnesio.

II. RELACIONES SUELO/PLANTA

Estudiados los suelos por un lado y las características de las plantas por otro, se intenta ahora relacionar aquéllos con éstas a través de sus características, para conocer lo que nos dice la planta del suelo y cuál es la influencia que corresponde a éste.

La complejidad del problema es evidente. Sin embargo los resultados que se exponen pueden ser de valiosa ayuda y guía a nuevas investigaciones con lo que quedarían plenamente justificados.

El estudio que a continuación se expone comprende la influencia de la fertilidad química de los suelos sobre los equilibrios nutritivos de las plantas, las correlaciones entre fósforo, potasio, calcio y magnesio asimilables (por distintos métodos de extracción), de los suelos y los contenidos de los mismos en las plantas y la influencia o interferencias en estas relaciones de otros factores del suelo.

A.—INFLUENCIA DE LA FERTILIDAD QUÍMICA DE LOS SUELOS SOBRE LOS EQUILIBRIOS NUTRITIVOS DE LAS PLANTAS. DISCUSIÓN.

Ya vimos en el apartado D) la existencia de un equilibrio N-P-K óptimo en la planta, y cómo podía ser considerado como una causa fisiológica de los rendimientos. Para obtener la evolución seguida por los rendimientos, según cambiaba la proporción N-K, se separaron siete exágonos que agrupaban las muestras en su totalidad (gráf. XV). De la misma forma se han hallado los valores de las medias, pero para los datos químicos del suelo, obteniéndose la tabla XIII.

Los dos factores que más influyen en los índices nutritivos de las plantas son el pH y el nitrógeno del suelo. La evolución que siguen es análoga. Suelos ácidos de elevado contenido de nitrógeno provocan una nutrición desequilibrada por deficiencia relativa de potasio (o exceso en nitrógeno). Por tanto pueden definirse, en las condiciones de nuestros ensayos, como valores óptimos 6,7 de pH y 0,48 por 100 de nitrógeno en los suelos.

Otro factor que evoluciona de forma parecida, pero que presenta su inflexión un poco antes de la correspondiente a la de los rendi-

TABLA XIII

Valores medios de las muestras agrupadas en intervalos en la representación triangular del equilibrio N-P-K.

Intervalos en el diagrama triangular (P_2O_5 : 5 a 15)		mg/100 g de K_2O , extraídos con										
		M. seca g	pH	M. O %	N %	C/N	AcNH ₄	ClH	NO ₃ NH ₄	Lactato	Morgan	A.G
De 50-60 % N	84	5,8	11,9	0,65	10,6	15,6	16,6	11,6	15,6	7,9	5,2	
De 30-40 % K	88	5,9	13,8	0,68	11,6	22,6	21,5	13,3	18,5	9,8	5,1	
De 45-55 % N	92	6,3	10,6	0,54	11,7	23,0	22,7	13,8	21,2	10,3	5,1	
De 40-50 % K	102	6,4	11,5	0,51	13,8	23,4	22,1	17,2	20,7	9,1	5,1	
De 35-45 % N	117	6,7	10,3	0,49	12,8	24,1	21,0	16,7	19,4	9,6	4,8	
De 50-60 % K	116	6,8	9,6	0,47	11,7	20,9	18,1	11,8	15,6	7,8	4,6	
De 25-35 % N	110	6,6	10,0	0,50	11,6	19,8	18,3	11,3	14,4	6,9	4,9	
De 60-80 % K												

mientos es la razón C/N. No obstante, los valores medios expresados en la tabla están dentro del óptimo generalmente aceptados.

La evolución seguida por la materia orgánica es aún más variable pero como en el caso de la razón C/N tiene valores aún más altos que los óptimos considerados. Un valor del 8 por 100 de materia orgánica se considera como el límite entre suelos bien suministrados.

Particular interés se observa en los valores obtenidos para el potasio asimilable según distintas soluciones extractoras. Entre ellos sigue una evolución más regular las que tienen amonio como catión, es decir, el acetato amónico y el nitrato amónico. La inflexión se presenta, exactamente en el mismo grupo de muestras que lo hacen los rendimientos para la primera solución considerada, y algo antes para la segunda. Sin embargo para las muestras que tienen un equilibrio fisiológico o nutritivo de mayor contenido en potasio debieran de dar también mayor contenido en potasio extraído, cosa que no ocurre. Parece, que las soluciones no extraen más potasio en estos casos, como si se lo impidiera la acidez decreciente del suelo.

Lo que antecede coincide con los resultados obtenidos en el estudio de las correlaciones potasio en suelo-potasio en planta, al obtenerse sólo buenas correlaciones en el primer año de muestreo en el que abundan de manera espectacular los suelos ácidos y neutros.

B.—RELACION ENTRE FOSFORO, POTASIO, MAGNESIO Y CALCIO “ASIMILABLES EN EL SUELO Y CONTENIDO EN LA PLANTA”. DISCUSION.

La concentración de los nutrientes en la planta, considerados aisladamente, aparece ligada la fertilidad química de los suelos en numerosos trabajos, pero en cultivos monofíticos. En el caso de plantas pratenses pocos trabajos y en forma muy aislada, aparecen en la bibliografía.^{58 43 42}

No obstante, en esta parte del trabajo se han estudiado todas y cada una de las relaciones citadas teniendo en cuenta, además, la interferencia de algunos de los factores del suelo como el pH, la materia orgánica, así como también la proporción de leguminosa o gramíneas en la muestra, cuyos resultados se discuten y que nos conduce a cono-

cer qué posibilidad existe para predecir el nutriente del suelo, a través del contenido en la planta y qué método de extracción, en caso afirmativo, es el mejor.

Las tablas XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX y XXI y los gráficos XVII, XVIII, XIX, XX, XXI XXII y XXIII exponen los resultados del estudio estadístico de las correlaciones suelo-planta, para cada año de experimentación.

Sólo en dos casos (fósforo en suelo extraído por el método de Burriel-Hernando, fósforo planta y potasio suelo extraído con el acetato amónico-potasio planta) se han ajustado los puntos experimentales a paráolas del tipo $y = ax^2 + bx + c$. Las correlaciones restantes son todas lineales.

Los valores de r subrayados una vez (—) son significativos al nivel 1 por 100; los subrayados dos (==) al 5 por 100 y los que van entre paréntesis () al 10 por 100.

TABLA XIV

Coeficiente de correlación y rectas de regresión, entre el fósforo del suelo obtenido con distintas soluciones extractoras y el fósforo de la planta.

	1.er año	2.º año	Total
Burriel	$r=0,51$	$3=0,31$	$r=0,07$
Hernando	$y=0,013x+0,34$	$y=0,0039x+0,49$	$y=0,0010x+0,45$
Acido	$r=0,46$	$r=0,10$	$r=0,23$
citrico	$y=0,00492x+34$	$y=0,00049x+0,46$	$y=0,0013x+0,43$
Acetato	$r=0,37$	$r=0,10$	$r=0,16$
amónico	$y=0,0288x+0,38$	$y=0,0046x+0,47$	$y=0,0096x+0,44$
Lactato	$r=0,40$	$r=0,20$	$r=0,21$
cálcico	$y=0,0121x+0,35$	$y=0,00137x+0,46$	$y=0,00231x+0,44$
Acido	$r=0,51$	$r=(0,26)$	$r=0,32$
acético	$y=0,00602x+0,36$	$y=0,00144x+0,45$	$y=0,0025x+0,43$
Bicarbonato	$r=0,39$	$r=0,58$	$r=0,24$
sódico	$y=0,0224x+0,29$	$y=0,0091x+0,44$	$y=0,0088x+0,41$

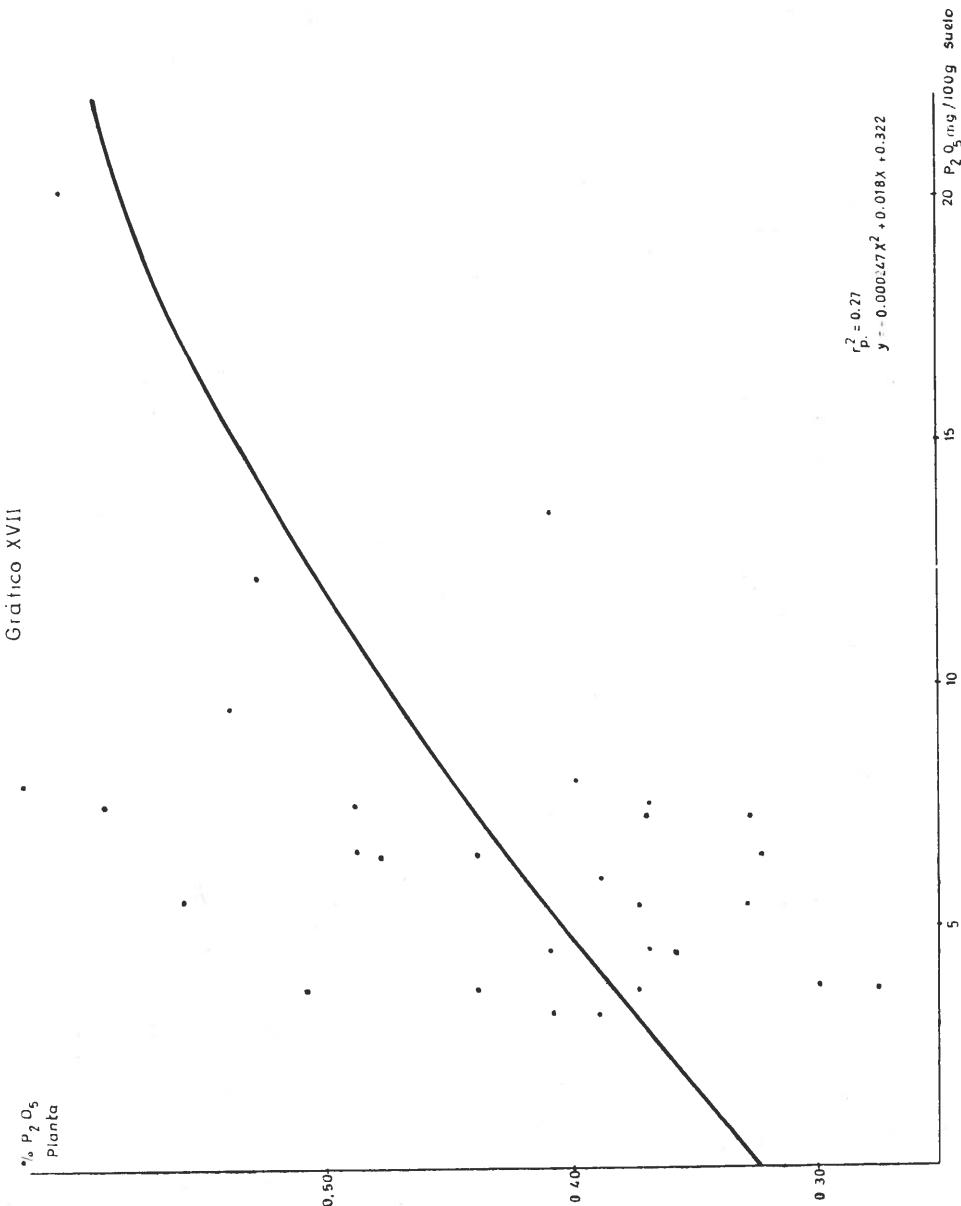


Grafico XVII

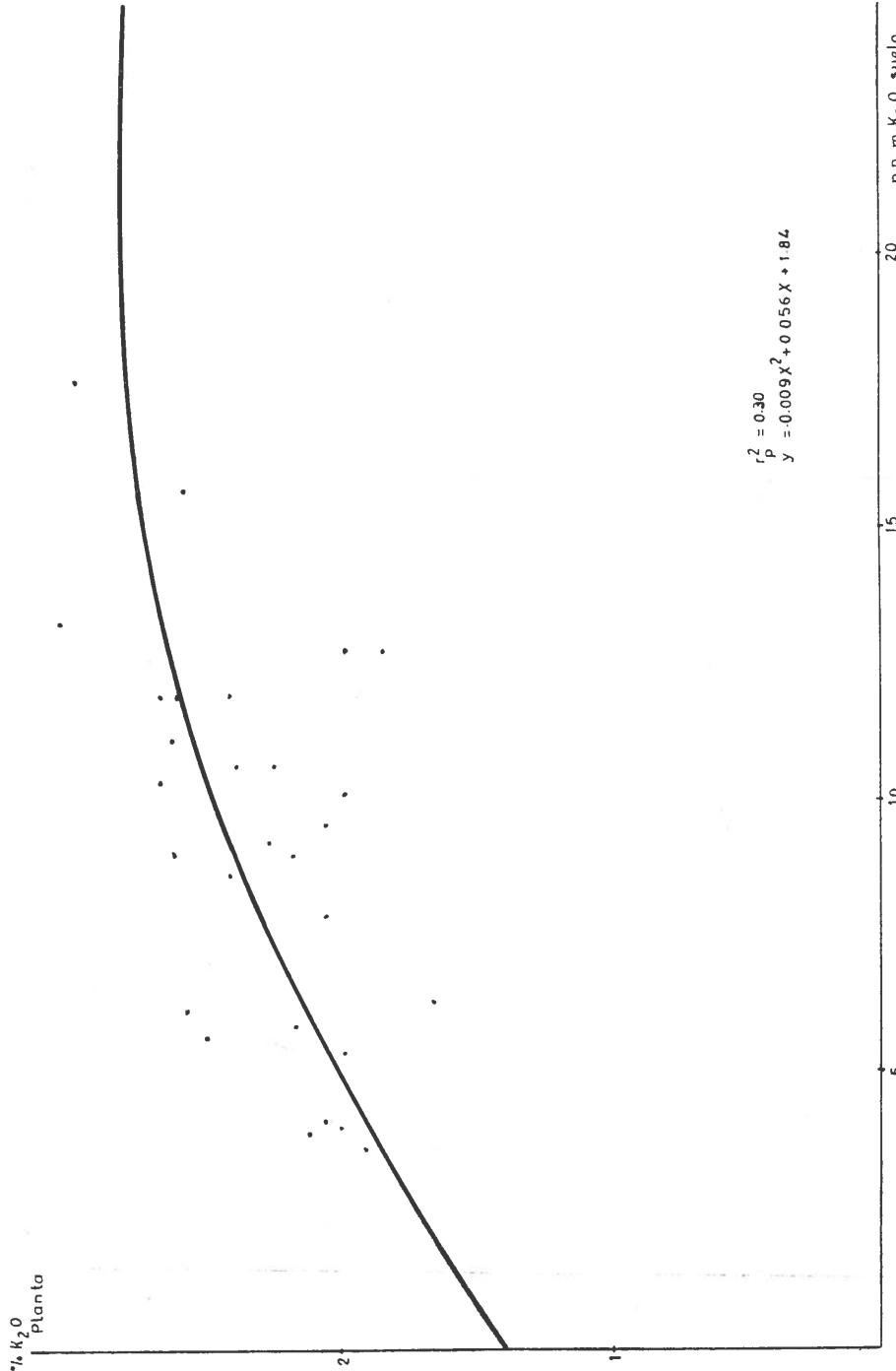


TABLA XV

Coeficientes de correlación para fósforo en suelo/fósforo en planta en los distintos métodos y para tres intervalos de pH del suelo.

pH	N.º Muestras	Acido acético	Bicarbonato sódico	Burriel-Hernando	Acido cítrico	Lactato cálcico	Acetato amónico
1.º año	(5-6)	17	r=(0,41)	r=0,044	r=0,36	r=0,23	r=0,18
	(6-7)	10	r=0,45	r=0,83	r=0,48	r=0,71	r=0,80
	(7-8)	5	r=0,42	r=0,17	r=0,90	r=0,94	r=0,79
2.º año	(5-6)	7	r=0,06	r=0,58	r=0,44	r=0,42	r=0,33
	(6-7)	25	r=0,40	r=0,51	r=0,09	r=0,25	r=0,49
	(7-8)	15	r=0,44	r=0,94	r=0,38	r=0,35	r=0,73
Total	(5-6)	24	r=0,08	r=0,07	r=0,37	r=0,27	r=0,32
	(6-7)	35	r=0,35	r=0,53	r=0,48	r=0,18	r=0,42
	(7-8)	20	r=0,63	r=0,71	r=0,66	r=0,48	r=(0,35)

TABLA XVI

Coeficientes de correlación para fósforo en suelo/fósforo en la planta en los distintos métodos y diferente proporción de leguminosas y gramíneas.

%	N.º muestras	Ácido acético	Bicarbonato sódico	Burriel y Hernando	Ácido cítrico	Lactato cárlico	Acetato amónico
(15-45 (45-75) (75-100)	13 14 13	r=0,19 r=0,46 r=0,13	r=-0,25 r=0,70 r=(0,49)	r=-0,27 r=-0,34 r=0,29	r=-0,01 r=0,68 r=0,19	r=-0,10 r=0,53 r=0,18	r=-0,24 r=0,34 r=0,13
Gramíneas							
Leguminosas	(0-10) (10-20) (20-100)	16 12 12	r=0,074 r=0,58 r=-0,08	r=0,93 r=0,91 r=0,22	r=-0,36 r=0,32 r=-0,24	r=-0,04 r=0,84 r=-0,15	r=-0,06 r=0,76 r=0,33

TABLA XVII

Coeficientes de correlación y rectas de regresión entre el potasio del suelo obtenido con distintas soluciones extractoras y el potasio de la planta

	1.º año	2.º año	Total
Acetato amónico	r=0,48 y=0,015x+1,99	r=0,04 y=0,00117x+2,72	r=0,14 y=0,0043x+2,48
Ácido clorídrico	r=0,57 y=0,0195x+1,88	r=0,11 y=0,0057x+2,64	r=0,12 y=0,0053x+2,47
Lactato cálcico	r=0,62 y=0,022x+1,84	r=0,09 y=0,0035x+2,69	r=0,104 y=0,0038x+2,51
Morgan	r=0,32 y=0,18x+2,15	r=0,09 y=0,0048x+2,71	r=0,07 y=0,00410x+2,54
Nitrato amónico	r=0,37 y=0,0083x+2,18	r=0,10 y=0,00057x+2,74	r=0,08 y=0,003x+2,54

TABLA XVIII

Coeficientes de correlación para potasio en suelo/potasio en planta en los distintos métodos y para tres intervalos de pH del suelo.

	pH	N.º Muestra	Acetato amónico	Morgan	Acido clorhídrico	Lactato cálcico	Nitrato amónico
1.º año	(5-6)	17	r=0,70	r=0,63	r=0,83	r=0,55	
	(6-7)	10	r=0,80	r=0,04	r=0,46	r=0,63	
	(7-8)	5	r=0,50	r=0,74	r=-0,44	r=-0,24	
2.º año	(5-6)	7	r=-0,04	r=0,12	r=0,09	r=0,10	r=0,05
	(6-7)	25	r=-0,10	r=0,16	r=0,24	r=0,31	r=0,19
	(7-8)	15	r=-0,10	r=0,10	r=-0,19	r=0,22	r=-0,02
Total	(5-6)	24	r=0,41	r=0,41	r=0,53	r=0,50	r=(0,35)
	(6-7)	35	r=0,20	r=0,14	r=0,23	r=0,21	r=0,19
	(7-8)	20	r=-0,38	r=-0,38	r=(0,40)	r=-0,05	r=0,32

TABLA XIX

Coeficientes de correlación para potasio en suelo/potasio en planta en los distintos métodos y diferente proporción de leguminosas y gramíneas.

	Leguminosas	Gramíneas	%	N.º muestra	Acetato amónico	Morgan	Acido clorhídrico	Lactato cálcico	Nitrato amónico
(15-45)			(15-45)	13	r=-0,16	r=-0,18	r=-0,08	r=-0,22	r=-0,06
			(45-75)	14	r=0,06	r=0,01	r=0,15	r=0,12	r=0,10
			(175-100)	13	r=-0,06	r=0,16	r=-0,12	r=0,12	r=-0,08
(0-10)			(0-10)	16	r=0,11	r=-0,02	r=-0,28	r=-0,24	r=0,07
			(10-20)	12	r=0,02	r=0,18	r=0,14	r=0,29	r=0,06
			(20-100)	12	r=0,12	r=0,10	r=-0,18	r=-0,23	r=-0,01

TABLA XX

Coeficientes de correlación y rectas de regresión entre los contenidos en magnesio y calcio del suelo y de la planta.

Cacio	Magnesio	Solución Morgan	r=0,13 y=0,00065x+0,18	r=0,08 y=0,00052x+0,168	r=0,11 y=0,00057x+0,174
		Acetato amónico	r=-0,08 y=0,00019x+0,21	r=0,21 y=0,00012x+0,17	r=0,21 y=0,0003x+0,17
Cacio	Solución Morgan	r=0,06 y=0,00011x+0,62	r=0,11 y=0,00012x+0,54	r=0,05 y=0,0008x+0,58	
	Acetato amónico	r=-0,02 y=-0,0006x+0,76	r=0,21 y=0,00031x+0,51	r=0,08 y=0,00017x+0,56	

Gráfico XIX

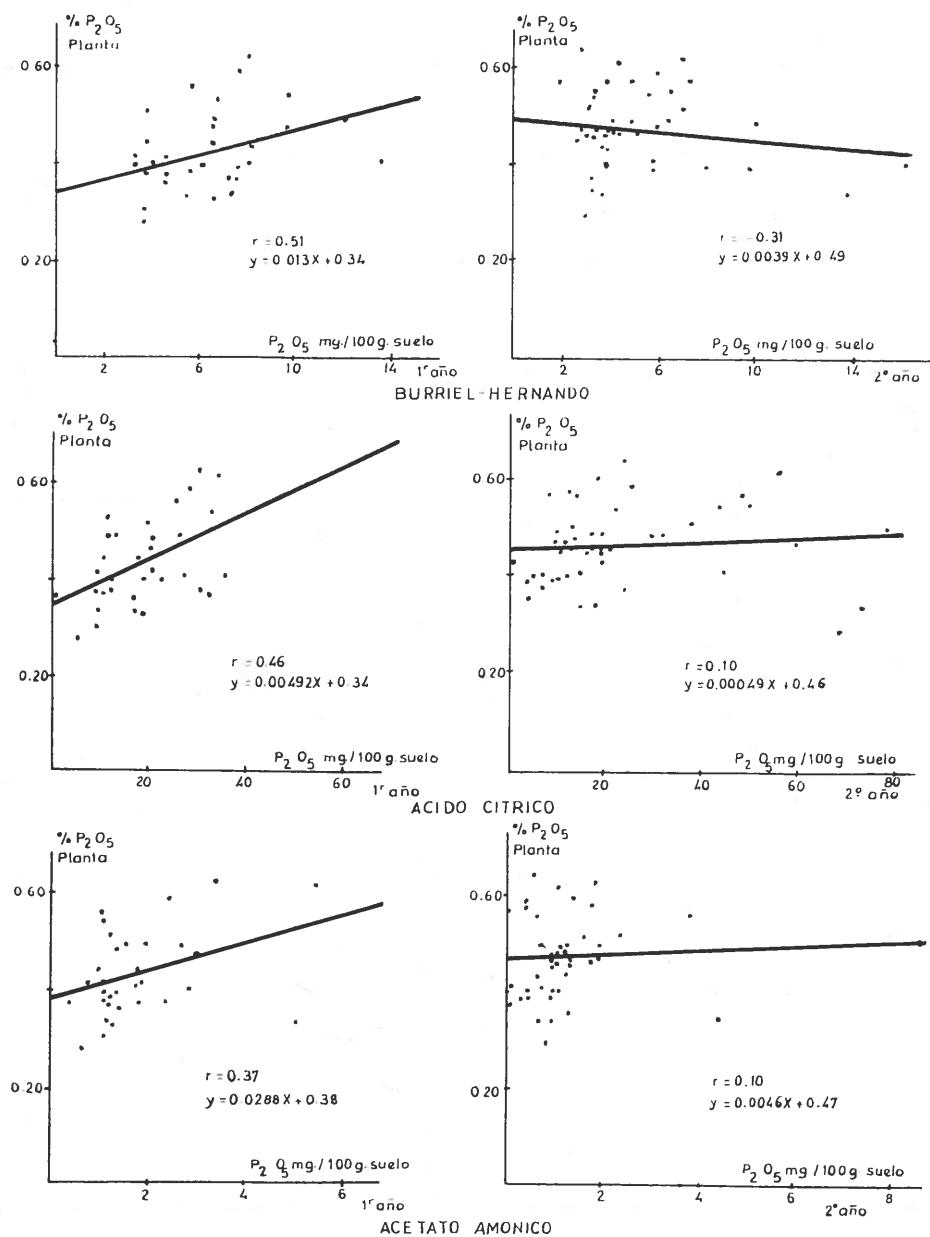


Gráfico XX

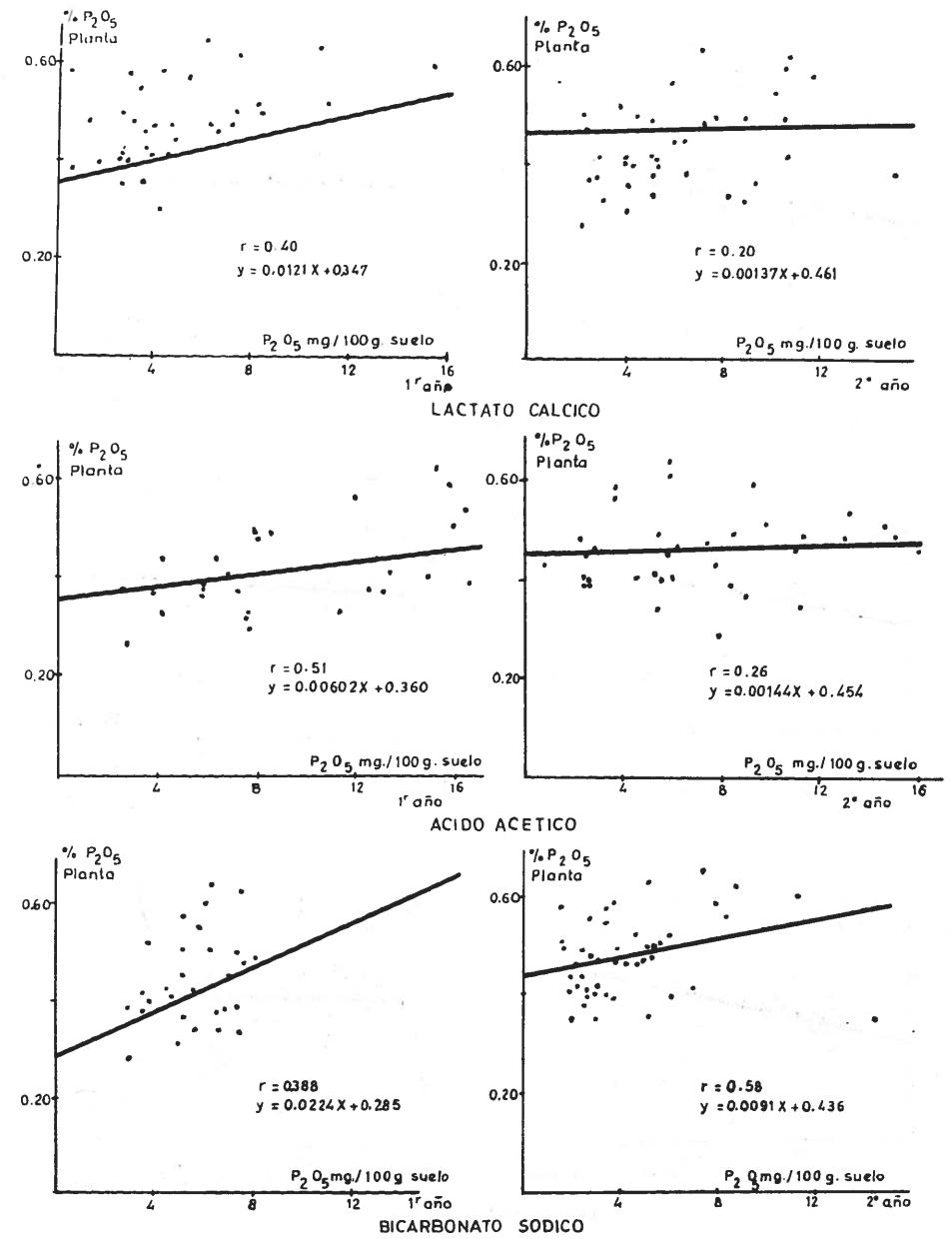


Gráfico XXI

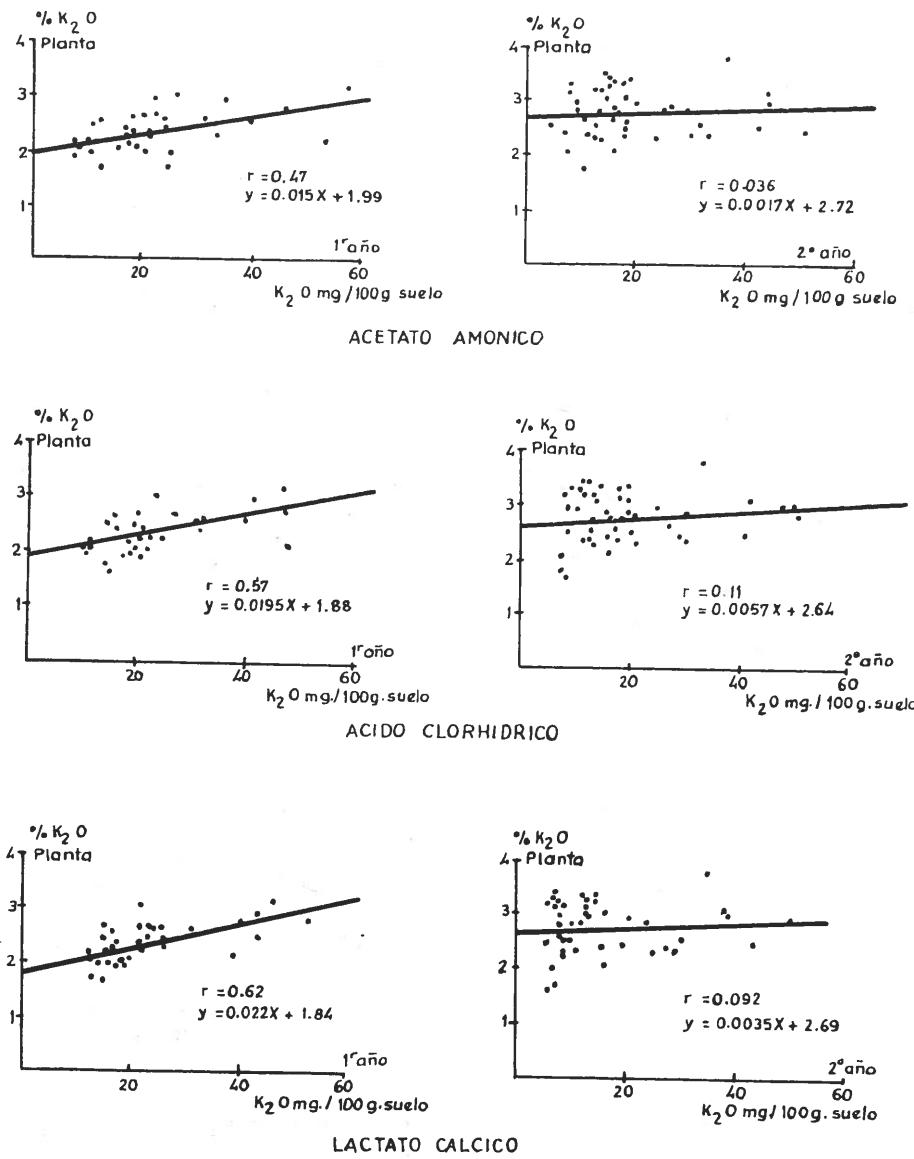


Gráfico XXII

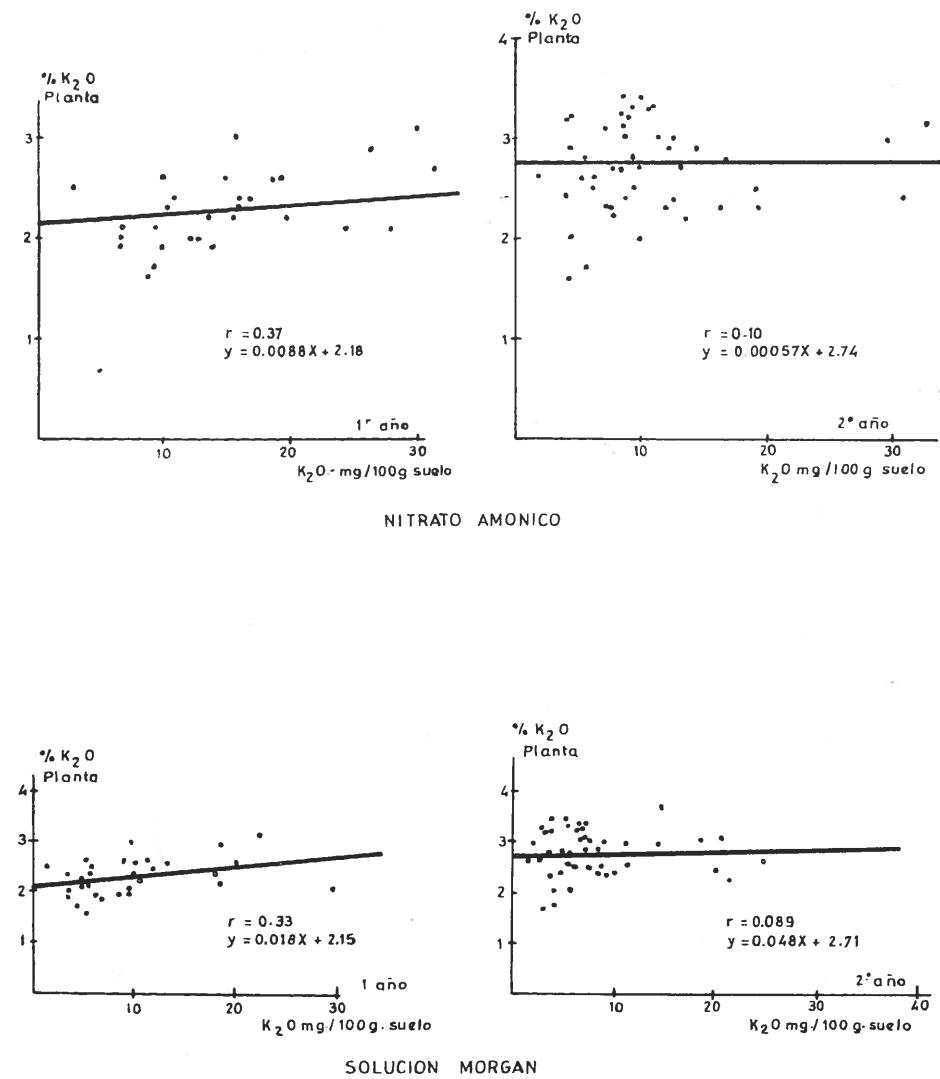
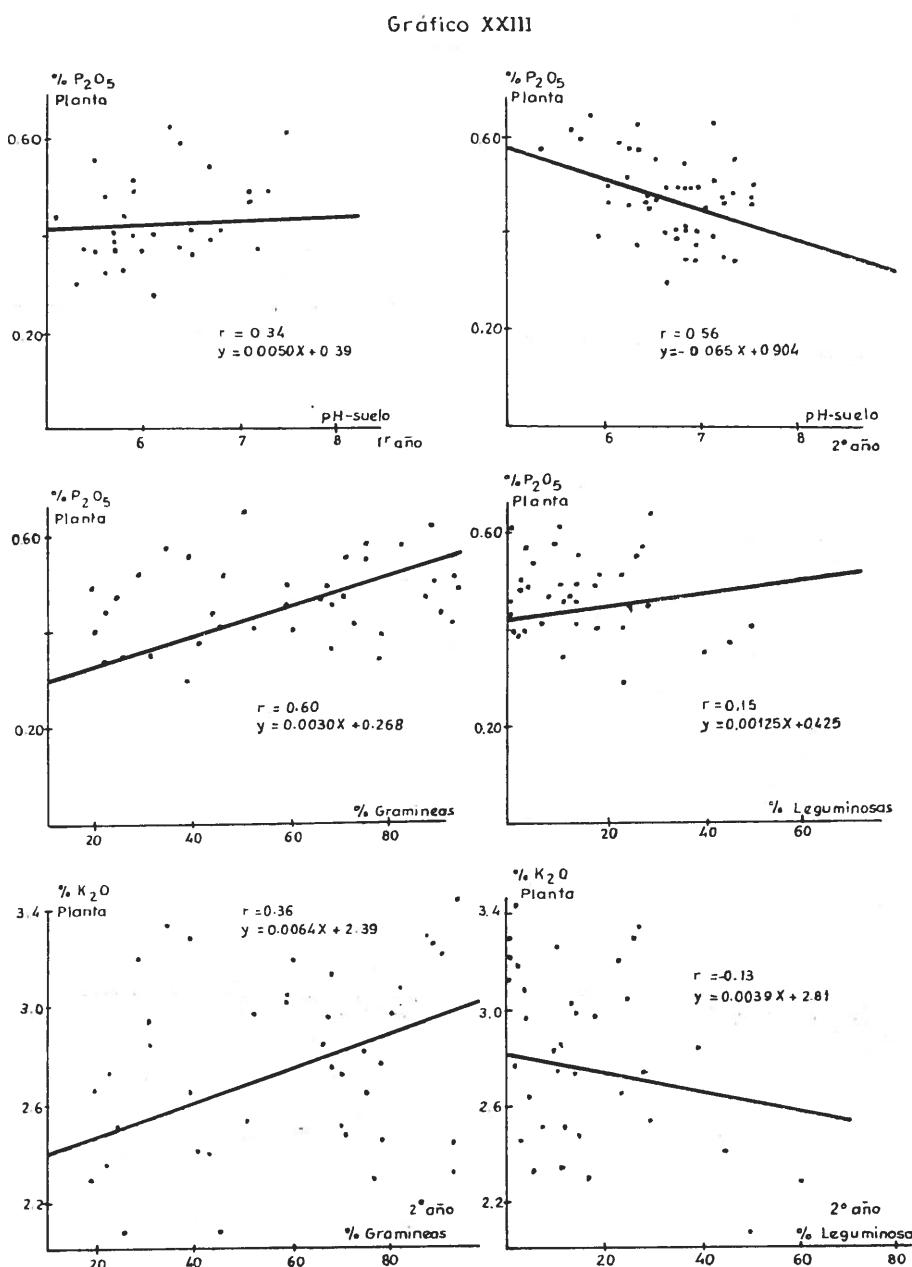


TABLA XXI

Coeficientes de correlación entre el contenido en fósforo y potasio de la planta y otros factores del suelo y de la planta.

	Muestras números	pH Suelo	M. O. Suelo	N planta	% Leguminosas	% Gramíneas
%P ₂ O ₅ -P	1-32	r=0,34	r=-0,29	r=0,15		
	32-79	r=-0,56	r=0,19	r=0,13	r=0,15	r=0,60
	1-79	r=0,0054	r=0,16	r=0,16		



	Muestras números	M. O. Suelo	N planta	% Leguminosas	% Gramíneas
%K ₂ O-P	1-32	r=-0,067	r=-0,26		
	33-79	r=0,26	r=0,13	r=-0,13	r=0,36
	1-79	r=-0,016	r=-0,11		

El contenido en fósforo de la planta en el primer año de muestreo se halla correlacionado con el fósforo del suelo extraído por cualquiera de las soluciones empleadas (tabla XIV). Los coeficientes de correlación tienen niveles de significación iguales o menores del 5 por 100. El orden de bondad es el siguiente: Acético, Burriel-Hernando, ácido cítrico, lactato cálcico, bicarbonato sódico y acetato amónico.

En el segundo año sólo aparece el método del bicarbonato con nivel de significación del 1 por 100, y el del ácido acético al 10 por 100.

El pH del suelo se presenta muy distinto de un año a otro (gráfico III) por lo que se obtuvieron las correlaciones fósforo planta —pH suelo (tabla XVI y gráfico XXIII). Se observa que el pH regula el contenido de fósforo en la planta, aunque de forma muy diferente

de un año a otro. Para el primer año un aumento en el pH supone un aumento del contenido fosfórico, mientras que para el segundo dicho aumento hace disminuir el contenido en fosfórico de la planta. La distribución de los valores de pH para cada año, según puede verse en la tabla XXII expresa que las muestras del primer año son ácidas o neutras, mientras que las del segundo son neutras y alcalinas. Por otra parte si se agrupan las muestras en intervalos de pH, se obtienen las correlaciones pH suelo-fósforo planta que aparecen en la tabla XV

TABLA XXII

pH	% de muestras	
	1.º año	2.º año
(5-6)	50,0	14,9
(6-7)	34,3	53,1
(7-8)	15,6	31,9

donde puede observarse la significación del método del bicarbonato en suelos neutros y alcalinos.

La influencia de la composición florística en la relación fósforo suelo-fósforo planta nos lleva a la obtención de las correlaciones de la tabla XVI, en la que se observan niveles altos de significación para proporciones medias de gramíneas y leguminosas, probablemente debido a un equilibrio gramínea-leguminosa más próximo al ecológicamente natural de esa región.

Análogamente al caso del fósforo, en las muestras del primer año, el *potasio* de la planta expresa el nivel en el suelo, cuando se extrae con cualquiera de las soluciones ensayadas. Son muy significativas las del lactato cálcico, ácido clorhídrico y acetato amónico y significativas las dos restantes, es decir, nitrato amónico y la solución Morgan, con el mismo orden de bondad. En el segundo año no se obtienen correlaciones con ninguno de los métodos.

La tabla XVIII en la que se encuentran las correlaciones *potasio suelo-potasio planta*, según intervalos de pH, indica que los métodos de

extracción de potasio son especialmente buenos en suelos ácidos (pH 5-6). Son por tanto útiles para los suelos del primer año, en los que predominan pH bajos. La no significación obtenida en el segundo año en el mismo intervalo no expresa claramente si existe alguna interferencia de tipo climático, ya que el número de muestras es excesivamente bajo.

En el caso del *magnesio y calcio*, los coeficientes de correlación son bajos, lo que nos indica que el contenido de estos elementos en el suelo puede no ser un índice para medir la respuesta de la planta.

RESUMEN

1.º—La fertilidad química natural de los suelos de pastos leoneses es muy variada debido a diferencias litológicas y de relieve acusadas que dan lugar a la formación de *tipos de suelos* de distinto grado de evolución y composición, entre los que predominan: Tierras pardas húmedas, Rendsinas, Vegas pardas y suelos gleyzados.

2.º—La *fracción orgánica* es el factor que imprime carácter definido a los suelos estudiados, tanto por los altos niveles alcanzados (valores más frecuentes entre 8 y 12 %) como por el grado de evolución (C/N entre 9 y 15); es decir, predominan los suelos ricos en humus activo del tipo "mull".

3.º—La riqueza en *nitrógeno* total es relativamente alta (entre 0,3 y 1 por 100, valores más frecuentes entre 0,5 y 0,6 por 100). No obstante pueden producirse deficiencias de nitrógeno, en forma de nitratos en la primavera de los años en los que la evolución climática sea rápida.

4.º—La riqueza en *fósforo asimilable*, determinada por seis métodos de extracción de características variadas es relativamente baja. La relación entre los diferentes métodos aplicados es variable determinándose los coeficientes de correlación entre todos ellos.

5.º—El estudio en *potasio asimilable*, determinado por cinco métodos diferentes de extracción, es de tipo medio. Las correlaciones entre los distintos métodos son en general, más altas que para el fósforo.

6.^a—En la *clasificación botánica* de 40 muestras se encuentran 22 variedades de gramíneas, 8 de leguminosas y 24 de otras plantas. No obstante, del estudio de su abundancia relativa, se deducen como componentes representativas seis especies de gramíneas y una de leguminosas: *Bromus mollis*, *Trisetum flavescens*, *Cynosurus cristatus*, *Poa fertiniana*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus* y *Trifolium repens*.

7.^a—Desde el punto de vista de la *nutrición mineral* de las plantas, se encuentra que el equilibrio N-P-K regula los rendimientos, obteniéndose una zona óptima para este índice que corresponde a 30-35 por 100 de N, 5-15 por 100 de P_2O_5 y 50-65 por 100 de K_2O . El equilibrio N-K se presenta como el más influyente en la producción, que disminuye al aumentar la deficiencia relativa de K.

8.^a—Los factores que influyen en el *equilibrio N-P-K* de las plantas son el pH, el N y el K del suelo, extraído con acetato amónico y nitrato amónico para pH menor de 6.7.

9.^a—La relación fósforo suelo/fósforo planta presenta coeficientes de correlación variables con el método de extracción utilizado, tipos de suelos, y climatología por lo que no se obtienen resultados concluyentes. Hecho análogo sucede para el potasio.

RESUME

1.—La fertilité chimique naturelle des terrains de pâturage de León est très variée dû à des différences lithologiques et de relief bien marquées qui donnent lieu à la formation de types de terrains de différent degré d'évolution et de composition parmi lesquels les principaux sont: terrains bruns-gris humides, Rendsines, terrains bas bruns-gris et terrains gleysés.

2.—La fraction organique est le facteur qui donne une caractéristique définie aux terrains étudiés, aussi bien à cause des niveaux atteints (valeurs les plus fréquentes entre 8 % et 12 %) qu'à cause du degré d'évolution (C/N entre 9 et 15); c'est-à-dire, les terrains prédominants sont ceux qui sont riches en humus actif du type "mull".

3.—La richesse en azote total est relativement élevé (entre 0,3 et 1 %; valeurs les plus fréquentes entre 0,5 % et 0,6 %). Cependant, il peut se produire des manques d'azote en forme de nitrates au

printemps, les années pendant lesquelles l'évolution climatique est rapide.

4.—La richesse en phosphore assimilable déterminée par six méthodes d'extraction de caractéristiques variées est relativement basse. La relation ou rapport entre les diverses méthodes employées est variable et l'on a déterminé les coefficients de corrélation entre eux.

5.—L'étude du potassium, déterminée par cinq méthodes d'extraction différentes est de type moyen. Les corrélations entre les diverses méthodes sont généralement plus élevées que pour le phosphore.

6.—Dans la classification botanique de 40 échantillons il y a 22 variétés de graminées, 8 de légumineuses et 24 d'autres plantes. Cependant, d'après l'étude de leur abondance relative on déduit comme des constituants représentatifs six espèces de graminées: *Bromus mollis*, *Trisetum flavescens*, *Cynosurus cristatus*, *Poa fertiana*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, et une espèce de légumineuse: *Trifolium repens*.

7.—Sous le point de vue de la nutrition minérale des plantes, on trouve que le rapport N-P-K régularise la production ou rendement du sol et l'on obtient une zone très bonne pour cet index qui correspond au 30-35 % de N, au 5-15 % de P_2O_5 et au 50-65 % de K_2O . Le rapport ou relation N-K est le plus influant dans la production, laquelle diminue quand le manque relatif de K augmente.

8.—Les facteurs qui influent dans le rapport N-P-K des plantes sont le pH, le N et le K, extraits avec de l'acétate d'ammonium et du nitrate pour un pH inférieur à 6,7.

9.—Le rapport phosphore du terrain/phosphore de la plante présente des coefficients de corrélation variables avec la méthode d'extraction employée, les types de terrains et la climatologie, ce qui fait qu'on n'obtient pas des résultats concluants. Il en est de même pour le potassium.

SUMMARY

1.—The natural chemical fertility of pasture soils in León is very diverse owing to marked lithological differences which cause the formation of types of soils having different rate of evolution and of composition, the main of which are: wet brown soils, Rendsinas, brown open plains and gleyed soils.

2.—The organic fraction is the factor which gives a definite characteristic to the soils we have studied either because of the high levels reached (the most frequent are between 8 % and 12 %) or because of the rate of evolution (C/N between 9 and 15); that is to say, the predominating soils are those containing a great quantity of active humus of type "mull".

3.—The assay on total nitrogen is relatively high (between 0.3 % and 1 %; 0.5 % and 0.6 % being the most frequent values). However, some deficiencies may occur as nitrates in spring when the climatic evolution is quick.

4.—The assay in assimilable phosphorus determined by six methods of extraction having different characteristics is relatively low. The ratio between the various methods used is variable and the coefficients of correlation between them have been determined.

5.—The study on assimilable potassium accomplished by five different methods of extraction is of medium type. The correlations between the various methods are generally higher than those with phosphorus.

6.—In the botanic classification of 40 samples we have found 22 varieties of gramineous plants, 8 varieties of leguminous plants and 24 other plants. However, after having studied their assay we may deduce that are six species of gramineous plants: *Bromus mollis*, *Trisetum flavescens*, *Cynosurus cristatus*, *Poa feratiana*, *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, and one leguminous plant: *Trifolium repens*.

7.—Under the point of view of mineral nutrition of plants we have found that the ratio N-P-K regulates the yields and an optimum area or zone for this index which corresponds to 30-35 % of N, 5-15 % of P_2O_5 and 50-65 % of K_2O is obtained. The ratio N-K occurs as the most influencing in the production which decreases on increasing the relative deficiency of K.

8.—The factors which influence on the ratio N-P-K in the plants are the pH, the N and the K contained in the soil, extracted with ammonium acetate and nitrate for a pH lower than 6.7.

9.—The ratio phosphorus soil/phosphorus gives coefficients of correlation which vary according to the method of extraction used, type of soils, and to the climatology. For this reason one cannot obtain concluding results. The same thing occurs with potassium.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ARGANY, B. A. (1962).—Fertilidad de los suelos agrícolas del Panadés. *Acta Salmenticensia*, 5,373.
- 2) BAEYEN, J., STENUIT, D. (1940).—La situation nutritive et les besoins en engrais des sols belges. Service Pedologique de Belgique. Heverle-Louvain.
- 3) BLAXTER, K. L., MCGILL, R. F. (1956).—Magnesium metabolism in cattle. *Vet. Rev. Ann.*, 2, 35
- 4) Boletín Mensual Climatológico: Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- 5) BROCHART, M. (1962).—Valeur minérale de 160 échantillons de foins récoltés au cours d'une même saison dans la région de L'Yonne-Loiret. *Ann. Zootech.*, 11, 209.
- 6) BUTLER, G. W., BARCLAY, P. C., GLENDAY, A. C. (1962).—Genetic and environmental differences in the mineral composition of ryegrass herbage. *Plant & Soil*, 16, 214.
- 7) Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. (1965).—Estudio agrológico de la provincia de Cádiz. Diputación Provincial de Cádiz.
- 8) Centro de Edafología y Biología Aplicada de Salamanca-León (1951).—La fertilización química de los suelos de la provincia de León. Diputación Provincial de León.
- 9) Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. (1962).—Estudio agrológico de los suelos de la provincia de Murcia. Diputación Provincial de Murcia.
- 10) COIC, Y. (1957).—Sur la nutrition potassique des plantes de prairies après fauchage et paturages. *Potassium Symp.*, 151.
- 11) COIC, Y., BOSQUET, J. (1959).—Influence de la nutrition potassique et de la nutrition azotée sur le rendement et la composition minérale des plantes de prairies. (*Dactyle et trèfle blanc*) cultivées seules ou en mélange. *Ann. Fisiol. Veg.*, 3, 243.
- 12) COLLIER, D., GACHON, L. (1957).—Essais de fertilisation sur prairies permanentes fuchées en Auvergne et Foret. *Ann. Agron.*, 6, 867.
- 13) COPPENET, M. (1964).—Sur le variations de la composition minérale de graminées fourrageres exploites en régime de pâturage. *S. R. Acad. Agric. France*, 330.

- 14) CRISANTO, T. (1962).—Estudio crítico de la electrodialisis y resinas de cambio en la determinación de fósforo y potasio asimilables en suelos. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- 16) DEMOLON, A. (1952).—Dynamique du sol. Dunod. París.
- 17) DERDERIAN, M. D. (1961).—Determination of calcium and magnesium in plant material with EDTA. *Anal. Chem.*, **33**, 1796.
- 18) GUEGEN, L. (1962).—Composición minérale de l'herbe. *Fou-rages*, **10**, 53.
- 19) HEDIN, L., LEFEBVRE, J. M. (1951).—Les méthodes d'analyse botanique dans l'étude agronomique des prairies. *Ann. Plantes*, **1**, 376.
- 20) HEDIN, L., LEFEBVRE, J. M., KERGUELEN, M. (1954).—Recherches sur la caractérisation chimique d'espèces et de variétés de plantes fourrageres et prairiales. *Ann. Amel. Plantes*, **4**, 469.
- 21) HEDIN, L., KERGUELEN, M. (1958).—Recherches sur la production fourragère dans l'Auxois et sur son intensification. *Ann. Amel. Plantes*, **3**, 339.
- 22) Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal. C. S. I. C.—Estudio agrológico y mapa de suelos del valle del río Saja. Diputación Provincial de Santander.
- 23) LUCENA, F., PRAT, L. (1957).—A new reagent for the colorimetric and spectrophotometric determination of phosphorus, arsenic and germanium. *Anal. Chim. Acta*, **16**, 473.
- 24) MORACZEWSKI, R. (1961).—Okreslenie potrzeb nawozowych gleb lakoowych stosunku do fosforu i potasu ze składu chemicznego traw pierswnezo pokosu. *Roczn. Glebozn.*, **10**, 49.
- 25) MORACZEWSKI, R. (1961).—Über die Verwendung der chemischen Analyse der Henes zur Ermittlung des Phosphat-und Kalidüngung bedürfnisses von Wiesenböden. *Z. Pflernähr. Düng.*, **92**, 1.
- 26) MARTINEZ, P. A. (1959).—Determination and forms of phosphorus in soils of Salamanca province. Comparative study of twelve extractants of assimilable phosphorus. *Ann. Edaf.*, **18**, 93.
- 27) MATTSON, S., ERIKSSON, E., KUTLER-ANDERSSON, R., BARKOFF, E., STAHLBERG, S., VAHTRAS, K. (1950).—Phosphate relationships of soil and plant. VII. Forms of P in the Marsta hidrologic clay series. *Ann. Roy. Agri. Coll. Sweden*, **17**, 222.
- 28) MATTSON, S., BARKOFF, E., WILLIAMS, E. G. (1950).—Phosphate relationships of soil and plant. IV. Forms of P in the hidrologic soil series of the Dalabrown earth and the Unden podzol. *Ann. Roy. Agric. Coll. Sweden*, **17**, 121.
- 29) MUÑOZ, T. M., FABREGAS, L. R. (1962).—Fósforo y potasio en los suelos de cultivos gallegos. *An. Edaf.*, **21**, 349.
- 30) NEHRING, K. (1944).—The determination of exchangeable K as a means for estimating the potash requirement of soils. *C. A.*, **38**, 1061.
- 31) NELSON, L. E. (1959).—A comparison of several methods of evaluating the potassium status of some Mississippi soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **23**, 313.
- 32) OLLAGNIER, M., PREVOT, P. (1956).—Comparaison du diagnostic foliaire et de l'analyse des sols pour la détermination des besoins en engrais de l'arachide. *I. R. H. O.* París, 262.
- 33) PEECH, M., ENGLISH, L. (1944).—Rapid microchemical soil tests. *Soil Sci.*, **57**, 167.
- 34) PEECH, M., BRADFIELD, R. (1943).—Effect of lime and magnesia on the soil potassium and on the absorption of potassium by plants. *Soil Sci.*, **55**, 37.
- 35) Publicaciones del I.O.A.T.O. 1964.—Los suelos de la provincia de Salamanca. Diputación Provincial de Salamanca.
- 36) Publicaciones del I.O.A.T.O. (1964).—Los suelos de la provincia de Zamora. Diputación Provincial de Zamora.
- 37) RITH, J. W. S. (1963).—The magnesium contents of soils and crops. *J. Sci. Food. Agric.*, **6**, 417.
- 38) ROBINSON, G. W. (1960).—Los suelos. Omega. Barcelona.
- 39) SANCHEZ DE LA PUENTE, L., LUCENA-CONDE, F. (1962).—Diagnóstico foliar de los cereales. I. Influencia de la fertilidad química de los suelos sobre el equilibrio NPK de la avena sávita. *An. Edaf.*, **21**, 435.
- 40) SANCHEZ DE LA FUENTE, L., LUCENA-CONDE, F. (1964).—Diagnóstico foliar de los cereales. II. Interacciones de los nutrientes de la hoja y obtención del equilibrio NPK óptimo para la avena sávita. *An. Edaf.*, **23**, 351.
- 41) SEMB, G., UHLEN, G. A. (1955).—A comparison of the sodium bicarbonate method and the lactate method for the determination of available phosphorus in the soil. *Acta Agric. Scand.*, **4**, 387.
- 42) SLUIJSMANS, C. M. J. (1963).—Influence of soil and other factors on magnesium and potassium contents of grass. *Herb. Abstr.*, **2**, 108.
- 43) TSCHUMI, L., STALE, J. (1934).—Nouvelle contribution à l'étude de l'action de la fumure sur l'alcalécence des cendres végétales. *Ann. Agric. Suisse*, **34**.

44) TSCHUMI, L., STALE, J. (1935).—Enquête sur les prairies naturelles du cantón de Fribourg en 1932-1933-1934. *Annu. Agri. Suisse*, 129.

45) VAN DEN HENDE, A. COTTENIE, A. MARTIN, L. (1954).—Etude critique sur la sensibilité et l'efficacité de différentes méthodes d'analyse chimique du sol. C. N. V. Congres. Int. Sci. Sol. Leopoldville, 2, 493.

46) VAN DEN HENDE, A., COTTENIE, A. (1957).—Influence de la fumure potassique sur la composition chimique et la valeur fourragère des herbages. *Potassium Symp.*, 113.

47) VAN DER PAAUW, F. (1956).—Calibration of soil test methods for the determination of phosphate and potash status. *Plant & Soil*, 8, 105.

48) VRIES, D. M. (1949).—Survey of methods of botanical analysis of grassland. V. Int. Grassl. Congres. Netherlands, 143.

49) WELLESMAN, (Cit. MERSELLI-SANTONIANI, E. (1953-64).—La produzione foraggiera meridionale. II. Contenuto in sostanza e l'alescenza terrosa. *Ann. della Facoltá di Scienze Agrarie della Università degli Studi di Napoli in Portici*, 29, 3.

50) YORK, E. T., BRADFIELD, R., PEECH, M. (1953).—Calcium-potassium interactions in soils and plants. Lime induced potassium fixation in Mardin silt loam. *Soil. Sci.*, 76, 379.