

DISTRIBUCION DE LOS ELEMENTOS MINERALES DEL SUELO Y SU ABSORCION POR LAS PLANTAS

I. CONTENIDO EN MICROCONSTITUYENTES DE ALGUNAS ZONAS DE LA PROVINCIA DE PONTEVEDRA ASOCIADAS A DEFICIENCIAS DE COBALTO

por

RAMÓN DIOS y José PORTELA

La distribución de los microelementos en perfiles de suelos naturales y su contenido en suelos agrícolas depende, en gran parte, de la roca madre y de su modo de formación, y cuando derivan de rocas ígneas puede predecirse, con cierta exactitud, la composición de los primeros, una vez conocida la del material origen (10). El contenido total de estos elementos es una guía para indicar las posibles deficiencias o excesos de un determinado nutriente en la planta.

La vegetación es también un factor importante en la distribución de los micronutrientes en el suelo, pudiendo producirse deficiencias en algunas variedades de plantas, y no en otras, aún cuando se encuentren los elementos minerales en abundancia en aquél. Los estudios realizados hasta el momento parecen aconsejar que la diagnosis de deficiencias en ciertos microelementos, como cobalto, cobre y cinc, puede realizarse con éxito tanto por el análisis de suelos como por el de plantas.

La diferencia en fertilidad de los suelos que tienen diverso contenido de micronutrientes, está más en relación con la fracción utilizable que con la total. Sin embargo, siendo la planta un medio de movilización de esta última fracción, y pudiendo la concentra-

ción total del nutriente dar lugar a efectos de interacción o a deficiencias asociadas que pudieran inducir síntomas en las plantas o enfermedades en los animales, directamente atribuibles al contenido de los microelementos, parece aconsejable determinar la primera que, además, es necesaria para el estudio de la distribución de los nutrientes minerales.

La carencia de cobre en plantas que viven en suelos deficientes en este elemento se ha probado que está asociada a enfermedades en los animales. Un contenido menor de 4 p. p. m. de cobre en suelos australianos produce la enfermedad llamada «ataxia enzoótica» de los carneros. La cantidad de cobre determinada en suelos oscila entre 2,5 y 20 p. p. m. y, algunas veces, mucho más; así, Mitchell (10) encontró que los suelos de Escocia contienen entre 5 y 5.000 p. p. m. La mayoría de los vegetales tienen un contenido de 0,5 a 50 p. p. m. pudiendo ya producirse efectos tóxicos con 60 p. p. m. (12). Las condiciones de sequía, comúnmente, acentúan la falta de cobre que en algunas regiones frutícolas da lugar a serios problemas de deficiencia.

La carencia de cinc en suelos produce diferentes síntomas en los vegetales. Los suelos ingleses considerados como fértiles contienen de 1 a 5 p. p. m. y en algunas circunstancias mucho más. Los vegetales pueden contener entre 0,20 y por encima de 60 p. p. m., aun cuando esta última concentración resulta ya tóxica a muchas plantas. Sin embargo, el promedio encontrado por Becker en suelos normales y de áreas deficientes fué de 0,19 y 0,01 p. p. m. respectivamente (1).

Las deficiencias en cobalto se encontraron en terrenos de diferencias muy marcadas y en regiones de tipos de suelos y de formaciones geológicas muy variables. Todavía está sin probar si el cobalto es un elemento esencial para las plantas, pero lo es, aparentemente, para el desarrollo normal del animal. El contenido de cobalto en plantas, según Mitchell (11), está comprendido entre 0,01 y 0,40 p. p. m., considerando el nivel de 0,09 p. p. m. de cobalto en pastos como crítico para mantener en estado normal la salud de los animales. Áreas deficientes en cobalto existen, entre otros países, en el Sur de Africa, Gran Bretaña, Canadá, Australia y Nueva Zelanda. En el último, los suelos conteniendo me-

nos de 2 p. p. m., producen forrajes deficientes en este elemento. Los de zonas normales contienen 0,11 p. p. m. mientras que los deficientes solamente 0,038 p. p. m. Los pastos conteniendo menos de 0,07 p. p. m. fueron deficientes para el ganado lanar y los inferiores a 0,04 p. p. m. lo han sido para el ganado vacuno. Los suelos hawaianos tienen un contenido que varía entre 4 y 129 p. p. m. y la serie de valores de plantas espontáneas que viven sobre ellos está comprendida entre 0,26 y 7,50 p. p. m. (5). Comparando el cobalto total en suelos con su absorción por las plantas, se ha encontrado poca correlación.

El plomo es uno de los microelementos más tóxicos, tanto para personas como para animales; en pequeñas cantidades existe comúnmente en suelos y plantas. Un exceso de este elemento puede producir toxicidad en los animales. Los suelos escoceses, según Mitchell, contienen hasta 1.000 p. p. m. Los suelos pueden absorber e inmovilizar plomo, pudiendo por ello evitarse los efectos de toxicidad sobre las plantas, aunque, en general, los vegetales que viven en suelos donde existe un exceso de este elemento no absorben cantidades suficientes para que se produzcan efectos nocivos.

Cobre, cobalto, cinc y plomo, pueden inducir deficiencias de hierro en el campo y en soluciones nutritivas, y excesos de estos metales en el suelo pueden reducir el desarrollo en ciertas plantas con diferentes efectos foliares, tanto en el campo como en soluciones nutritivas. La necrosis producida oscila desde severa en cobalto y ligera o casi nula en plomo, según el siguiente orden:



Estudiando prados naturales en la provincia de Pontevedra, González y Gallego (6) encuentran el 39 por 100 de deficiencias en cobalto y el 12 por 100 en cobre. Carda, Luque y Gallego, y Carda y Ocampo (2, 3) describen las características de la «anemia carencial o marasmo enzoótico», comunicando algunos datos analíticos de suelos y plantas de la zona de Porriño y Redondela, donde encontraron un contenido medio de 0,23 p. p. m. para muestras de suelo de probable deficiencia en cobalto.

La sospecha de que algunos suelos naturales de las cercanías de Pontevedra sean áreas deficientes, ya que algún ganado vacuno que padece en sus pastos han respondido al tratamiento de sales de cobalto, la posible interferencia de los tres elementos, Cu, Zn y Pb, con aquél, y nuestra idea de realizar un estudio sobre distribución de elementos menores en suelos de Galicia, en los que ya se han determinado los macroelementos y el hierro y manganeso, juntamente con el estudio de los factores que influyen en la utilización del cobalto del suelo por la planta, han motivado el presente trabajo.

MATERIAL Y MÉTODOS

MUESTRAS DE SUELOS Y PLANTAS.

Se han recogido muestras representativas de los siguientes suelos: *a)* Suelo primitivo, de origen granítico, que es el más general en Galicia, y de las series arenosas de Salcedo, Tomeza, Marcón, La Reigosa, Sta. María de Geve, El Bordel, Peón y Berducido, la primera considerada como de suelo «normal» y los demás como de probable deficiencia en cobalto. *b)* Suelo primitivo, de origen gneis y gneis micáceo, sumamente frecuente en Galicia, arenoso, en la jurisdicción de Montes; y *c)* Suelo de origen diluvial, también en notable extensión en Galicia, arenoso, en las gándaras del valle de Porriño, de reciente cultivo, considerado de poca fertilidad y como deficiente en cobalto.

Todas las muestras de suelos agrícolas, ya cultivadas desde antiguo, ya convertidos recientemente en terrenos de labor, se tomaron en la capa superficial, hasta 30 cms., y donde las informaciones indicaban que no hubo tratamientos de micronutrientes. En los suelos naturales se recogieron muestras en los distintos horizontes de los perfiles, excepto en aquellos de poca profundidad y considerados como de posible deficiencia en cobalto.

Todos son de textura ligera, con los porcentajes en las distintas fracciones que se indican en la tabla 1. Los de Bordel, Peón y Berducido, son poco profundos y de fácil drenaje y los demás

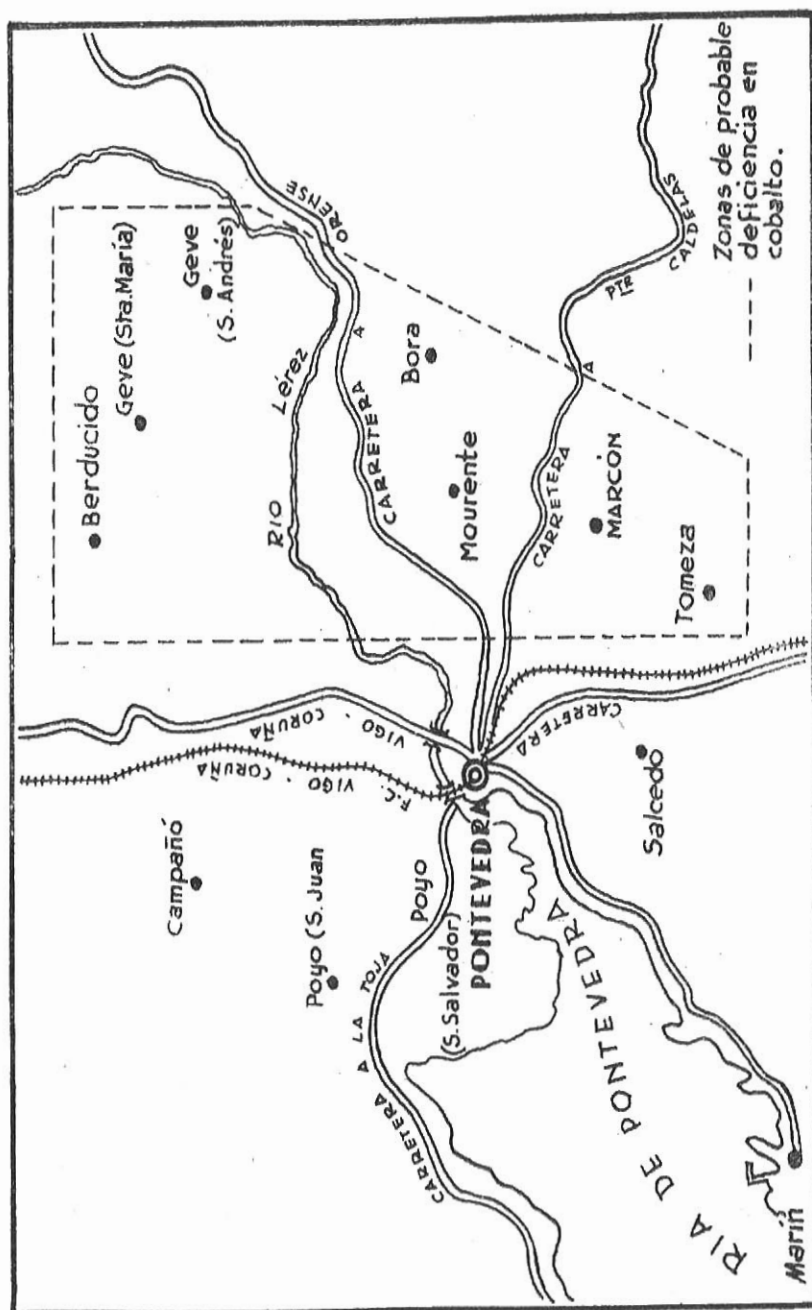


Fig. 1.

Mapa que muestra zonas de Pontevedra de probable deficiencia en cobalto.

de relativa profundidad, considerados desde el punto de vista agrícola.

Se tomaron también muestras de plantas espontáneas dominantes en las referidas zonas, siendo éstas, por orden de abundancia; *Carinephorus canescens*, *Ulex nanus*, *Pteris aquilina* y *Cricacina*. Se han recogido muestras de *Lolium compositum* sometido a tratamiento de fertilizantes básicos, nitro-fosfo-potásicos, con la adición de distintas cantidades de cloruro de cobalto.

Esta experiencia se realizó en suelo de la zona de Salcedo, considerada como de buena producción, pero con bajo contenido en cobalto y, por consiguiente, teóricamente bueno para comprobar el grado de absorción de este nutriente y su interferencia con los otros elementos en la planta.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

En todas las muestras se averiguó el contenido de los micronutrientes cobre, cinc, cobalto y plomo. Para los suelos se siguió la técnica indicada por R. S. Holmes (8), que determina el cobre como carbamato, el cinc y plomo como ditizonato y el cobalto con nitrosocresol. Para la determinación de este elemento se trabajó con tres veces la cantidad de solución indicada en el método y concentrándola después. El pH se halló con potenciómetro Beckman.

Para el análisis de los mismos elementos minerales en las plantas se siguió la técnica indicada por R. Q. Parks y colaboradores (13), en las determinaciones del cobre, cinc y cobalto. El plomo, una vez separado del cobalto y cobre, tal como se indica en el método de Parks, se aisló con el cinc, separando la fracción correspondiente y sometiendo el resto de la solución al siguiente tratamiento:

Adición de 5 c. c. de citrato amónico al 25 por 100, 10 c. c. de cianuro potásico al 10 por 100 y ajustando el pH a 9,3 con amoníaco, usando azul de timol como indicador. Se agregaron 10 centímetros cúbicos de reactivo ditizona, agitando durante tres minutos, separando la fase tetracloruro de carbono y eliminando el

TABLA I

Análisis mecánico

Número de muestra	Arena gruesa por 100	Arena fina por 100	Limo por 100	Arcilla por 100
1	63	21	9	7
2	69	17	8	6
3	59	29	7	5
4	62	19	11	8
5	57	23	12	8
6	55	26	13	6
7	55	22	14	9
8	61	20	12	7
9	52	23	16	9
10	55	22	16	7
11	52	24	15	9
12	53	19	18	10
13	52	27	14	7
14	49	22	19	10
15	25	27	36	12
16	23	18	46	13
17	19	28	42	11
18	39	18	32	11
19	52	27	15	6
20	44	27	18	11
21	26	36	23	15
22	41	24	20	15
23	32	32	26	10
24	25	36	28	11
25	26	32	32	10
26	32	26	32	10
27	56	25	13	6
28	33	29	27	11
29	27	32	32	9
30	35	27	28	10
31	28	36	25	11
32	32	30	29	9
33	31	35	22	12
34	30	39	21	10
35	33	37	31	9
36	55	31	9	6
37	42	28	21	9
38	24	37	30	9
39	31	36	23	10
40	44	24	21	11
41	38	27	24	11
42	41	36	14	9
43	44	27	20	9
44	40	33	16	11
45	38	35	16	11
46	41	34	15	10
47	45	29	16	10
48	41	37	11	11
49	36	35	20	9
50	31	37	22	10

T A B L A I I
*Contenido de cobre, cinc, cobalto y plomo, en suelos cultivados y en perfiles de suelos naturales de zonas
 consideradas como no deficientes en cobalto*

S E R I E	Profundidad en cm.	Número de muestra	Cu ppm.	Zn ppm.	Co ppm.	Pb ppm.	Cu/Co ppm.	Co/Cu ppm.	Zn/Co ppm.	pH	Observaciones
Arenosa de Salcedo	0-25	1	87	19,8	0,4	8,0	217,5	0,005	49,5	6,05	Suelo Cultivado » » » » » » » » » » » » » »
	»	2	93	21,0	0,4	15,3	232,0	0,004	52,5	6,10	
	»	3	100	23,0	0,4	21,4	250,0	0,004	57,5	6,15	
	»	4	78	30,2	0,85	9,0	91,8	0,01	36,0	6,35	
	»	5	56	28,6	0,85	24,4	65,88	0,01	33,6	6,75	
	»	6	51	27,6	0,90	25,2	56,66	0,01	30,8	6,65	
	»	7	98	33,6	1,10	10,0	89,09	0,01	30,4	6,25	
	»	8	104	12,0	0,80	11,8	130,00	0,008	15,0	5,95	
	»	»	51	2,0	0,60	25,8	85,00	0,01	3,34	6,45	
	»	»	99	7,6	1,00	22,6	99,00	0,01	7,60	6,25	
	»	»	17	18,6	0,70	12,0	25,71	0,04	26,80	6,20	
	»	»	12	40,4	1,30	14,4	86,92	0,01	31,00	6,25	
	»	»	40	37,8	1,30	5,7	30,76	0,03	29,20	6,25	
	»	»	115	41,2	0,50	35,8	230,00	0,004	82,40	6,30	
Limo arenosa de Montes	0-30	15	52	32	2,0	12,3	26,0	0,04	16	5,45	Perfil
	30-60	16	10	42	2,7	12,1	3,7	0,27	15,2	5,65	»
	60-85	17	18	48	3,1	14,8	5,8	0,17	15,3	5,70	»

T A B L A I I I

Contenido de cobre, cinc, cobalto y plomo en suelos cultivados y en perfiles de suelos naturales de zonas.
consideradas como de probable deficiencia en cobalto

S E R I E	Profundidad en cm.	Numero de muestra	Cu ppm.	Zn ppm.	Co ppm.	Pb ppm.	Cu/Co ppm.	Co/Cu ppm.	pH	Observaciones
Arenosa de Porriño	0-25	18	7	31,4	2,1	14,2	3,3	0,3	5,55	Suelo cultivado
»	»	19	7	28	1,6	15,4	4,39	0,23	5,30	»
»	»	20	33	33	1,4	13,5	23,57	0,04	5,30	»
»	»	21	30	28	2,1	11,3	14,3	0,07	5,80	»
»	0-12	22	17	24	1,2	19,2	14,1	0,07	5,25	Perfil
»	12-32	23	12	17,3	0,6	12,4	20,0	0,05	5,30	»
»	32-42	24	12,6	15,2	0,7	10,4	18,0	0,05	5,75	»
»	42-55	25	9	14	0,4	10,0	22,5	0,05	5,90	»
»	55-58	26	10	13,6	0,5	10,2	20,0	0,05	6,15	»
»	58-90	27	13	19,2	1,6	4,8	8,1	0,12	5,15	»
»	0-25	28	11	7,2	0,5	3,6	22,0	0,04	5,20	»
»	25-40	29	9	19,4	0,7	5,6	12,8	0,07	5,35	»
»	40-50	30	19,2	12	1,4	4,4	13,7	0,07	5,35	»
»	50-55	31	14	8,8	0,4	5,0	35	0,03	5,55	»
»	55-70	32	9,6	23,8	1,0	13,2	9,6	0,1	5,45	»
Arenosa de La Reigosa	0-30	33	40	25,2	0,40	11	100	0,01	5,08	Suelo natural
»	0-10	34	19	30,8	0,30	5,6	63,33	0,01	4,8	Perfil
»	10-30	35	23	32	0,30	10,6	70,6	0,01	5,4	»
»	30-70	36	22	36	0,55	14,4	40	0,02	5,2	»
»	70-100	37	46	28,8	0,50	8,4	92	0,01	5,60	»
»	0-10	38	38	17,2	0,30	12,4	126,6	0,007	4,83	»
»	10-30	39	33	28,6	0,40	12,6	82,5	0,01	5,1	»
»	30-70	40	29	36,2	0,40	10,4	72,5	0,01	5,8	»

TABLA III (continuación)

SERIE	Profundidad en cm.	Número de muestra	Cu ppm.	Zn ppm.	Co ppm.	Pb ppm.	Cu/Co ppm.	Co/Cu ppm.	Zn/Co ppm.	pH	Observaciones
Arenosa de Berducido	0-28	41	14	44	0,30	15,6	46,66	0,02	146,2	5,85	Suelo cultivada » Perfil » » »
	0-30	42	22	24	0,10	9	220,2	0,004	240	5,55	
	0-28	43	15	49,2	0,50	14,4	30	0,03	98,5	5,90	
	28-60	44	31	49,6	0,40	15	77,5	0,01	124,0	5,87	
	60-100	45	26	56	0,55	14,6	47,27	0,02	102	5,00	
Arenosa de Sta. M.ª de Geve	0-40	46	21	44	0,50	20,8	42	0,02	88	6,05	»
	40-60	47	56	45,6	0,40	14,2	140	0,007	114	6,07	»
	60-100	48	63	46,4	0,10	15,6	630	0,001	464	6,25	»
Arenosa de Bordel	0-30	49	46	35	0,55	11,6	83,6	0,01	63,8	5,45	Suelo virgen
Arenosa de Peón	0-30	50	24	32,4	0,10	10,8	240	0,004	324	5,65	»

exceso de ditizona por agitación con 50 c. c. de hidróxido amónico centinormal, recogiendo la fase tetracloruro de carbono que es lavada al Spekker para la determinación colorimétrica del plomo.

Todos los reactivos usados se purificaron; se trabajó siempre con material de vidrio Pyrex, incluído los embudos de separación, y utilizando en todos los casos agua bidestilada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los datos de cobre, cinc, cobalto y plomo, obtenidos de los estudios de los suelos cultivados considerados como normales en cobalto, y el de los perfiles típicos de probable deficiencia en este elemento, así como las relaciones cobre/cobalto, cobalto/cobre y cinc/cobalto y pH, se dan en las tablas 2 y 3. El contenido máximo, mínimo y medio en dichos micronutrientes se muestra en la tabla 4.

La cantidad total de cobre en estos suelos es variable, aunque pueden indicarse algunas generalizaciones. La superficie de los que se consideran de buena producción —zona de Salcedo— tiene el mayor contenido en este elemento, con un promedio de 78 partes por millón y una serie de valores comprendidos entre 40 y 115 partes por millón, a excepción de la muestra número 11, que sólo contiene 17 partes por millón. En las zonas de suelos explotados muy recientemente —Porrillo y zona de Montes—, solamente la superficie del segundo de ellos alcanza los límites inferiores del primer grupo, quedando los demás por debajo de éste y alcanzando en las muestras 16, 18 y 19 límites de probable deficiencia en este elemento. En los perfiles de Sta. María de Geve, Berducido y una de las áreas de La Reigosa, la superficie tiene, en general, mayor contenido en cobre que los horizontes del subsuelo, aumentando regularmente con la profundidad en los dos primeros y de modo variable en el segundo. Por el contrario, otra zona de La Reigosa y en Montes, disminuye el contenido de la superficie a los horizontes del subsuelo.

Es igualmente variable la cantidad total de cinc, aunque suce-

de lo contrario que para el cobre. Los suelos de las zonas cultivadas por largo tiempo, y consideradas de buena producción, contienen un promedio más bajo que las de nuevo cultivo y que los perfiles, correspondiendo la mayor concentración a las zonas de Berducido y Sta. María de Geve, con un valor medio de 44,6 y 45 partes por millón, a la primera, y a la segunda, respectivamente, mientras que en el área considerada como fértil alcanza solamente 24 p. p. m. En todos los perfiles la superficie del suelo tiene un contenido menor que los horizontes del subsuelo, aumentando regularmente con la profundidad. Las muestras 9 y 10 tienen valores muy bajos —2 y 7,6 p. p. m. respectivamente—, aún cuando no conocemos ninguna deficiencia en este elemento.

El contenido total de cobalto en estos suelos también es variable. Los valores en las zonas agrícolas de buena producción están comprendidos entre 0,4 y 1,3 partes por millón. En la jurisdicción de Porriño, que en algunas partes fué considerada como deficiente en este elemento (3), no parece serlo en los suelos agrícolas analizados, si los comparamos con aquellos en los que ninguna deficiencia animal se haya percibido. Tampoco en los perfiles de la zona de Montes, inmediatamente próximos a suelos de nuevos cultivos, parece probable la deficiencia de este elemento, cuyos valores fluctúan entre 2,0 y 3,1 partes por millón, aumentando regularmente con la profundidad.

Los suelos de La Reigosa, Berducido, Sta. María de Geve, El Bordel y Peón, clasificados como de posible deficiencia en cobalto, tienen un contenido medio inferior a los normales, estando la serie de valores comprendido entre 0,10 y 0,55 partes por millón. En los perfiles de La Reigosa y Berducido la cantidad de cobalto aumenta, en general, a medida que se desarrolla la capa ferruginosa, mientras que en Geve disminuye regularmente cuando se pasa del horizonte superficial a los del subsuelo.

La serie de valores medios para el plomo está comprendida entre 10,8 y 16 partes por millón, no encontrándose diferencias apreciables entre los suelos agrícolas y vírgenes, ni tampoco es probable ningún efecto de toxicidad en la planta ni de interferencia sobre el cobalto que pudiera provocar deficiencia de éste. En la figura 5 puede observarse cómo el contenido en plomo en suelos de

zonas consideradas normales en cobalto es superior al de los de probable deficiencia.

No se encuentra ninguna variación definida en las relaciones Cu/Co, Co/Cu, Zn/Co en suelos.

El contenido total de estos micronutrientes en la vegetación espontánea de los suelos vírgenes de zonas de posible deficiencia en cobalto, así como las relaciones de la planta más estudiadas, Cu/Co y Co/Cu, y los valores máximos, mínimos y medios se dan en las tablas 5 y 6. Los datos indican que la mayor cantidad de Cu se encontró en plantas del monte del Bordel, considerada como de probable deficiencia en cobalto, y que es a la vez la de mayor contenido en el suelo —de origen granítico y el de menor profundidad—. *Corinephorus canescens* y *Pteris aquilina*, tiene un contenido de 23 y 28 p. p. m., muy superior a cualquier otro vegetal de las demás zonas, incluida la planta experimental *Lolium compositum*, mientras que en la vegetación del resto de las áreas es inferior al de esta gramínea.

El contenido en cinc de plantas espontáneas (fig. 3), es, en general menor que la del *Lolium compositum*, correspondiendo el valor más alto a la especie *Pteris aquilina* del monte Bordel. Si se estudia la variación del pH, también representada en la gráfica, puede observarse que guarda cierto paralelismo con la variación de aquel nutriente en la especie *Ulex namus*. Por el contrario, en las plantas *Corinephorus canescens* y *Pteris aquilina*, al aumentar el pH del suelo disminuye el contenido de cinc en la planta e inversamente.

Estudiando la fig. 4 puede observarse que en las especies vegetales, recogidas en zonas de probable deficiencia en cobalto, el contenido en este elemento se mantiene por debajo de *Lolium compositum*. El valor máximo corresponde a la especie *Corinephorus canescens* —0,11 p. p. m.—, recogida en la Reigosa y el mínimo —0,03 p. p. m.— a *Pteris aquilina* y *Ulex namus* de la misma zona, que tienen una concentración de cobalto en el suelo intermedia entre el del Bordel y el del monte Peón. Este último lugar, con la mínima cantidad del elemento en el suelo, da valores medios sensiblemente iguales a las otras áreas, incluidos el Bordel, en el que la concentración en el suelo alcanzó el máximo valor.

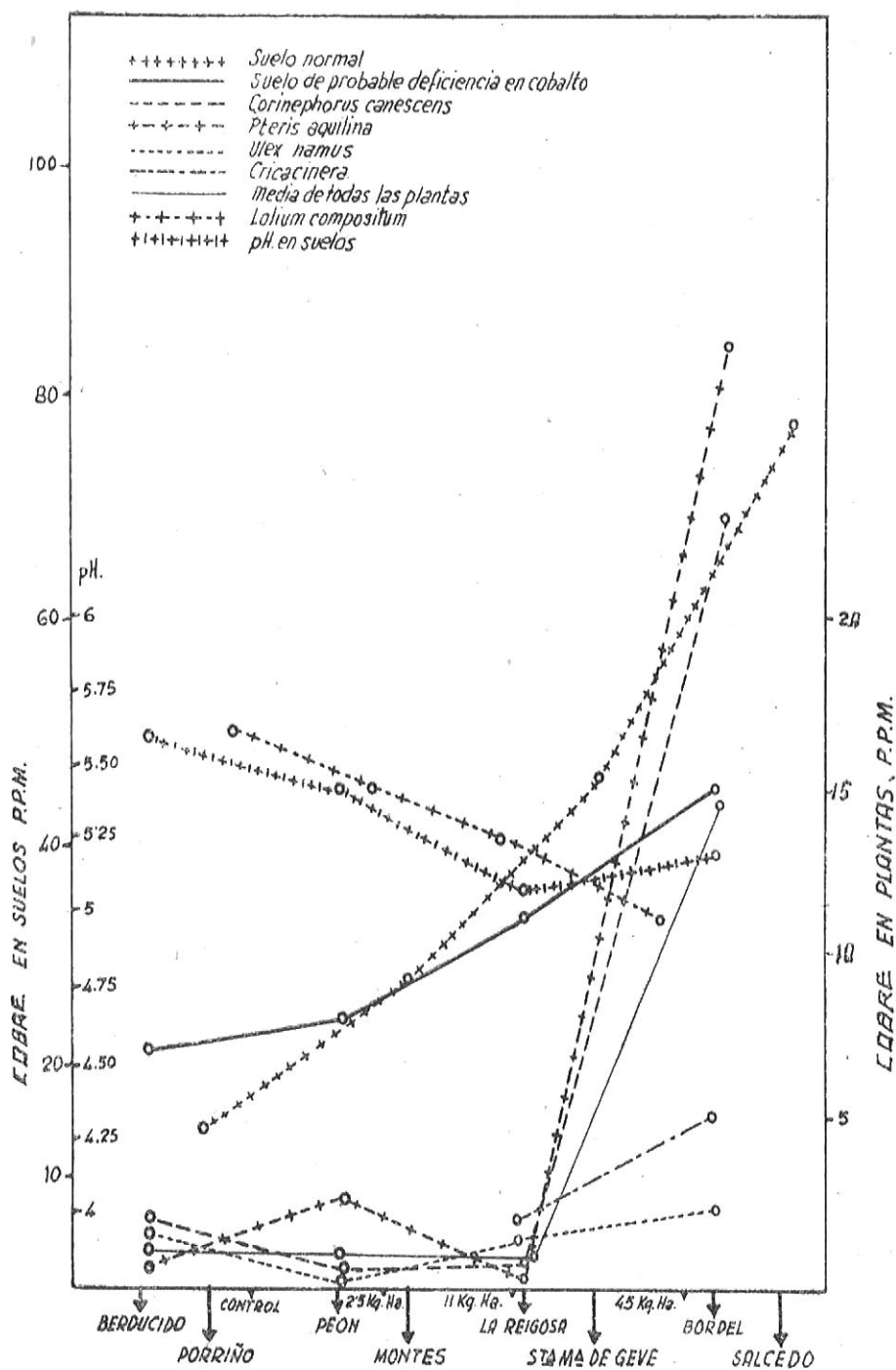


FIG. 2.

Comparación entre el contenido de cobre en las series de suelos estudiadas, el de plantas espontáneas que crecen sobre ellos y el de la pratense experimental *Lolium compositum*.

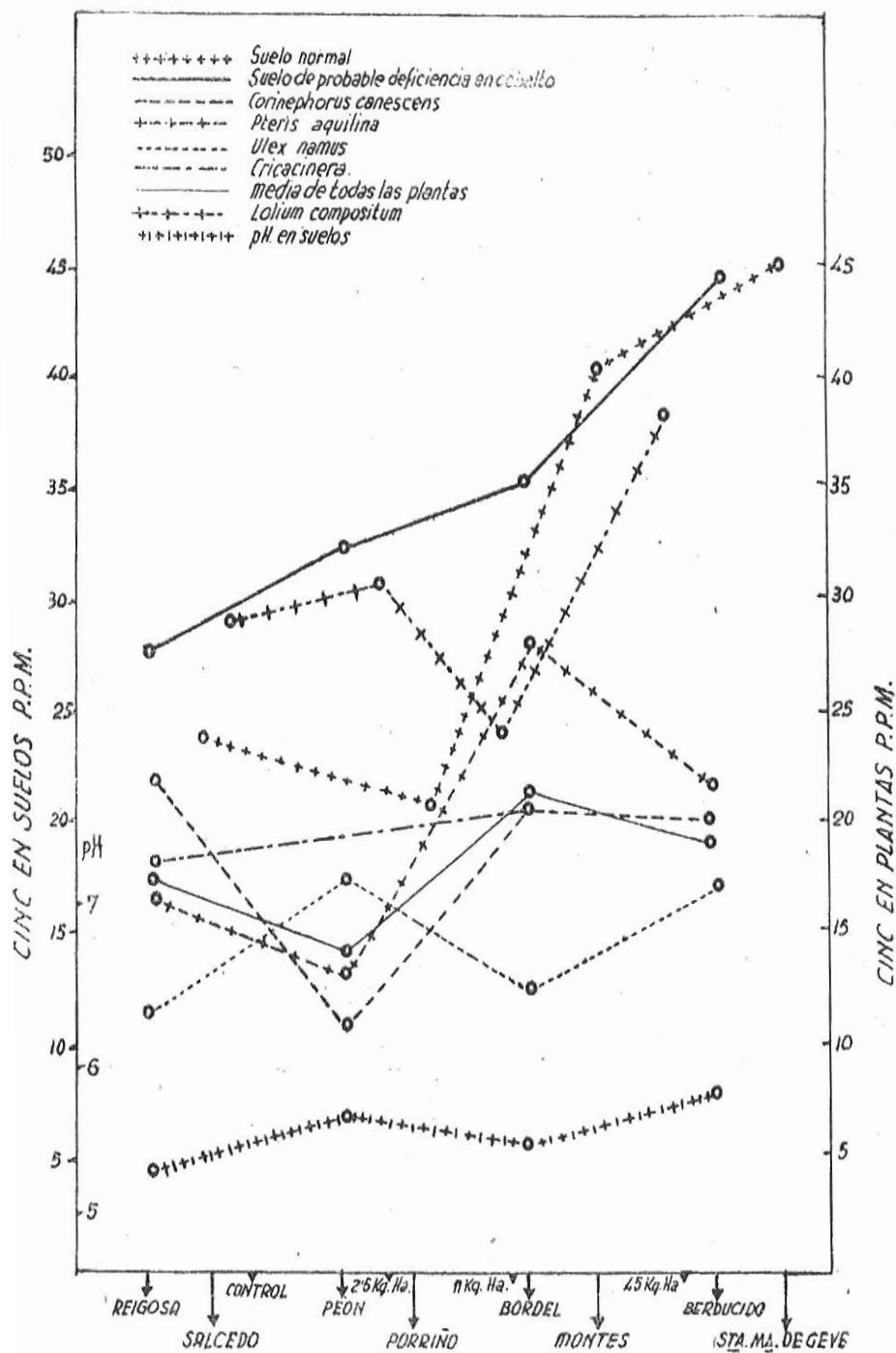


FIG. 8.

Comparación entre el contenido de cinc en las series de suelos estudiadas, el de plantas espontáneas que crecen sobre ellos y el de la pratense experimental *Lolium compositum*.

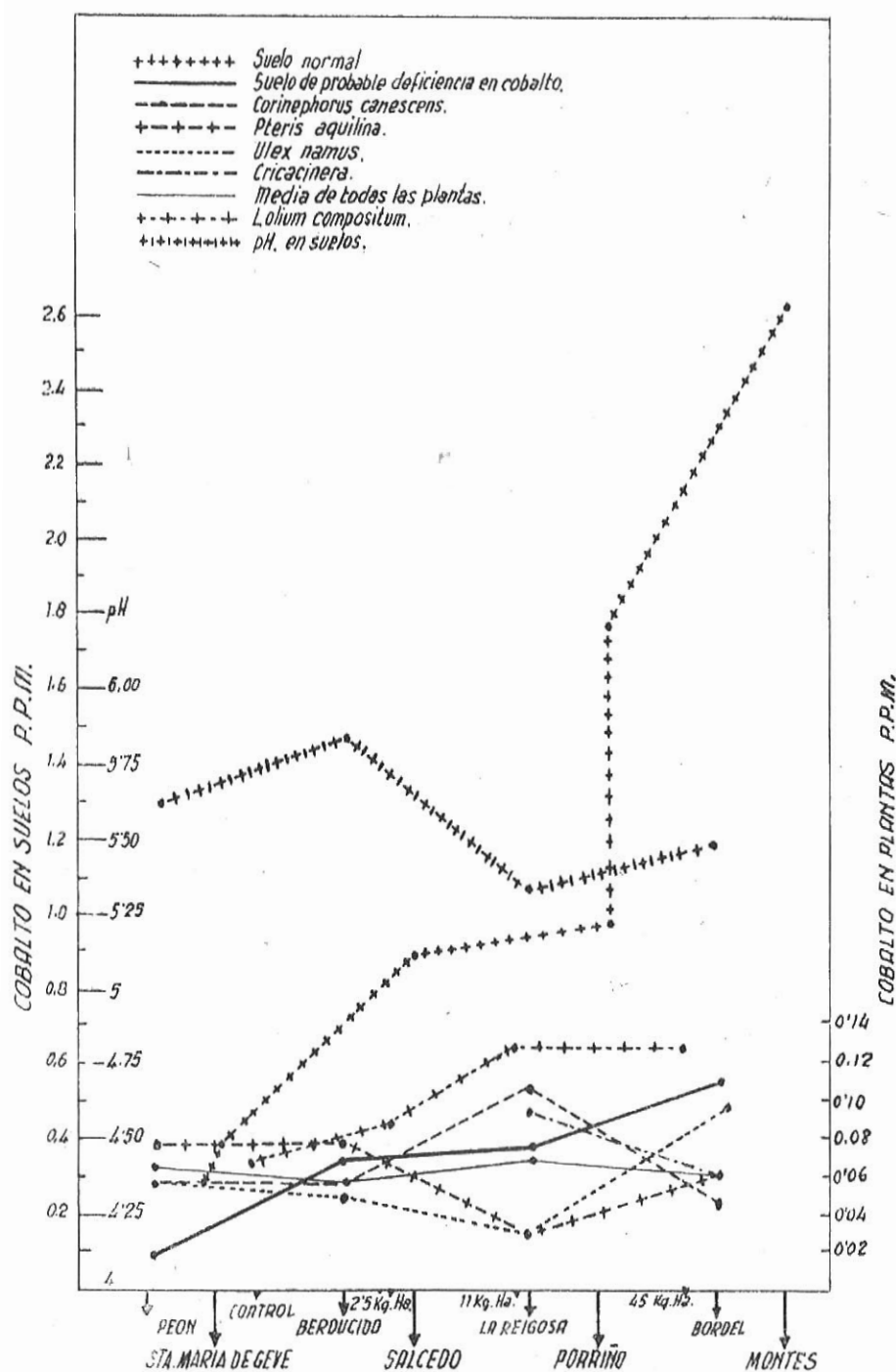


FIG. 4.

Comparación entre el contenido de cobalto en las series de suelos estudiadas, el de plantas espontáneas que crecen sobre ellos y el de la pratense experimental *Lolium compositum*.

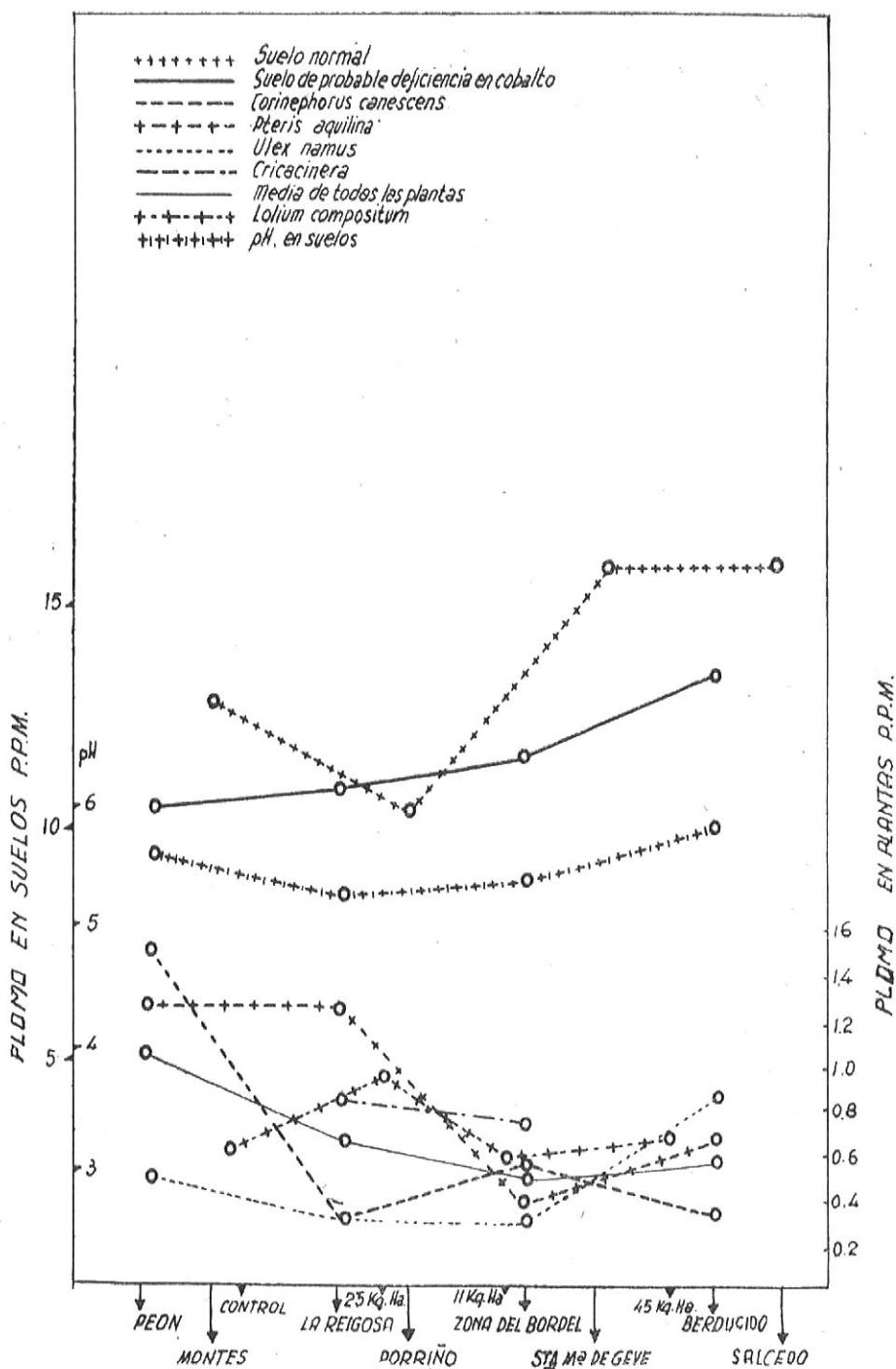


FIG. 5.

Comparación entre el contenido de plomo en las series de suelos estudiadas, el de plantas espontáneas que crecen sobre ellos y el de la pratense experimental *Lolium compositum*.

T A B L A I V
Contenido máximo, mínimo y medio de cobre, cinc, cobalto y plomo en suelos de la provincia de Pontevedra

	Cobre ppm.			Cinc ppm.			Cobalto ppm.			Plomo ppm.		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Salcedo.....	115	17	78	41,2	2	24	1,3	0,4	0,9	35,8	5,7	16
Montes.....	52	10	27	48	32,2	40,6	3,1	2,0	2,6	14,8	12,1	13
Porrño.....	33	7	14,2	33	7,2	19,6	2,1	0,4	1,08	19,2	3,6	10,2
La Reigosa.....	46	19	31	36,2	17,2	29	0,55	0,3	0,39	14,4	5,6	11
Berducido..	31	14	21	56	24	44,1	0,55	0,1	0,37	15,6	9,0	13,7
Sta. M. ^a de Gcve....	63	21	46	46,4	44	45	0,50	0,1	0,30	20,8	14,2	16
Bordel.....			46			35			0,55			11,6
Peón.....			24			32,4			0,10			10,8

T A B L A V
Contenido de cobre, cinc, cobalto y plomo en plantas espontáneas de áreas de posible deficiencia en cobalto

Localidad	Muestra	Cu ppm.	Zn ppm.	Co ppm.	Pb ppm.	Cu/Co ppm.	Co/Cu ppm.
La Reigosa	Corinephorus canescens	0,68	22,22	0,11	0,30	6,18	0,162
	Pteris aquilina	0,40	16,88	0,03	1,22	13,33	0,075
	Cricacina	2,10	18,66	0,10	0,82	21,00	0,047
	Ulex namus	1,30	12,44	0,03	0,30	43,43	0,023
Berducido	Corinephorus canescens	2,00	20,00	0,06	0,30	33,33	0,030
	Pteris aquilina	0,40	21,77	0,08	0,62	5,00	0,200
	Ulex namus	1,90	16,88	0,05	0,82	38,00	0,026
Bordel	Corinephorus canescens	23,00	20,44	0,05	0,51	460,00	0,0021
	Pteris aquilina	28,00	28,44	0,06	0,39	466,66	0,0021
	Cricacina	5,00	20,44	0,01	0,77	83,33	0,012
	Ulex namus	2,10	12,88	0,10	0,30	21,00	0,0476
Peón	Corinephorus canescens	0,40	11,11	0,06	1,52	6,66	0,150
	Pteris aquilina	2,80	13,33	0,08	1,25	35,00	0,028
	Ulex namus	0,14	17,77	0,07	0,49	2,00	0,500

T A B L A V I
*Contenido máximo, mínimo y medio de cobre, cinc, cobalto y plomo en plantas espontáneas
 de áreas de probable deficiencia en cobalto*

Localidad	Cobre ppm.			Cinc ppm.			Cobalto ppm.			Plomo ppm.		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
La Reigosa.....	2,10	0,40	1,12	22,22	12,44	17,50	0,11	0,03	0,07	1,22	0,30	0,66
Berducido.....	2,09	1,90	1,40	21,77	16,88	19,55	0,08	0,05	0,06	0,82	0,30	0,58
Bordel.....	28,00	2,10	14,20	28,44	12,88	20,55	0,10	0,05	0,07	0,77	0,30	0,49
Peón.....	2,80	0,14	1,11	17,77	11,11	14,07	0,08	0,06	0,07	1,52	0,49	1,08

T A B L A V I I
*Contenido máximo, mínimo y medio de cobre, cinc, cobalto y plomo en Lolium compositum
 sometidos a tratamientos de cobalto*

Tratamiento	Cobre ppm.			Cinc ppm.			Cobalto ppm.			plomo ppm.			
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	
Control	23,6	9,8	16,7	40,38	19,11	29,73	0,10	0,06	0,08	0,90	0,29	0,60	
2,5	20,0	9,2	14,8	51,74	11,14	30,22	0,11	0,07	0,09	1,43	0,71	0,90	
11	18,0	9,2	13,6	28,44	19,81	24,12	0,17	0,13	0,16	0,58	0,44	0,51	
45	14,5	9,8	11,7	61,71	28,35	38,37	0,14	0,08	0,13	1,30	0,15	0,64	
													Cu/Co
													239,5
													164,4
													104,5
													90,0
													0,0042
													0,0060
													0,0095
													0,0111

TABLA VIII

Relación Cu/Cu, Zn/Zn, Co/Co y Pb/Pb, entre el suelo y la planta en zonas de posible deficiencia en cobalto

Localidad	Especies vegetales	Cu/Cu	Zn/Zn	Co/Co	Pb/Pb
La Reigosa	<i>Corinephorus canescens</i>	47,50	1,26	3,54	36,66
	<i>Pteris aquilina</i>	83,25	1,65	13,00	9,01
	<i>Cricacinera</i>	15,85	1,50	3,90	13,41
	<i>Ulex namus</i>	25,61	2,25	13,00	36,66
Berducido	<i>Corinephorus canescens</i>	10,50	2,23	6,16	45,66
	<i>Pteris aquilina</i>	52,50	2,04	4,62	22,09
	<i>Ulex namus</i>	11,05	2,64	7,40	16,70
Bordel	<i>Corinephorus canescens</i>	2,00	1,69	11,00	22,74
	<i>Pteris aquilina</i>	1,64	1,23	9,16	29,74
	<i>Cricacinera</i>	9,20	1,69	9,16	15,06
	<i>Ulex namus</i>	21,90	2,73	5,50	38,66
Peón	<i>Corinephorus canescens</i>	60,00	2,91	1,66	7,10
	<i>Pteris aquilina</i>	8,57	2,43	1,35	8,64
	<i>Ulex namus</i>	171,44	1,76	1,42	22,04

El pH del suelo es correlativo con el contenido en cobalto de la especie *Pteris aquilina*, y en la *Corinephorus canescens* a los valores más altos del pH corresponden los contenidos más bajos en este nutriente, e inversamente.

Los valores más altos de plomo corresponden al monte del Peón, con un contenido medio de 1,08 p. p. m. y el más bajo al Bordel, con 0,49 p. p. m. El valor medio en las plantas disminuye, en general, al aumentar la cantidad de plomo encontrado en los suelos, con excepción de la zona del Bordel, en la que teniendo menor contenido que en Berducido, alcanza un valor medio inferior en plantas.

Estudiando la marcha de los tres elementos, Cu, Zn y Pb puede observarse cierto paralelismo entre los primeros: al pasar de la Reigosa al Bordel se nota un aumento de estos elementos para disminuir en Peón. Por el contrario, observamos que el plomo alcanza su valor mínimo en Bordel y el máximo en la zona del Peón, que se corresponde con el valor mínimo de aquellos dos elementos.

La aplicación del cloruro de cobalto al suelo arenoso, representativo de la zona considerada como normal en producción, pero de

bajo contenido en cobalto, se realizó en las siguientes cantidades: 0, 2,5, 11 y 45 kgs. de cloruro de cobalto por hectárea. La absorción de este elemento por la planta se incrementó desde 0,08 en el control a 0,09 y 0,15 para las dos primeras, pero la aplicación de 45 kgs./Ha. no afectó ni a la absorción ni produjo efecto perceptible sobre aquélla, como puede observarse en la tabla 7.

La absorción del cobre por el *Lolium compositum* disminuye paralelamente al aumentar la cantidad de cloruro de cobalto adicionada al suelo, como puede observarse en la misma tabla.

No se encuentra una clara interferencia entre el contenido en cinc en la planta y la adición de sales de cobalto al suelo, ya que mientras asciende al adicionar 2,5 kgs. de cloruro de cobalto, disminuye al incrementar la cantidad de esta sal.

Tampoco se encuentra ninguna variación definida entre los tratamientos de sales de cobalto y la absorción de plomo por el *Lolium compositum*.

Estudiando los datos de las relaciones Cu/Cu, Zn/Zn, Co/Co y Pb/Pb, entre el contenido en el suelo y en las plantas que se indican en la tabla 8, se infiere que la relación Cu/Cu en *Ulex namus* y *Corinephorus canescens* varía de una manera semejante: al pasar de la zona de Berducido a la de Peón aumenta en ambas especies para disminuir de ésta a La Reigosa, disminución que se realiza también en el Bordel. Por el contrario, en la especie *Pteris aquilina* la variación es opuesta, y en las otras especies decrecen de La Reigosa al Bordel.

Puede apreciarse también que la razón Zn/Zn en las especies *Corinephorus canescens* y *Pteris aquilina*, aumentan y disminuyen paralelamente de una zona a la otra, siendo en la planta *Ulex namus* la variación inversa.

La relación Co/Co para la especie *Ulex namus* y *Pteris aquilina* aumenta al pasar del monte del Peón a Berducido y de éste a La Reigosa, para luego disminuir en el Bordel.

En la relación Pb/Pb el paralelismo se observa en las mismas especies, ya que en ambas aumenta o disminuyen cuando se pasa de una zona a la otra. En el caso de la planta *Corinephorus canescens* aumenta al pasar del Peón a La Reigosa, como en las otras especies, pero luego presenta un comportamiento opuesto.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El análisis químico de algunos suelos y plantas espontáneas de la provincia de Pontevedra, realizado para iniciar el estudio de la distribución de los micronutrientes, cobre cinc, plomo y cobalto, y de ciertos factores asociados a deficiencias de este último elemento, han revelado las siguientes conclusiones:

El contenido en cobre de los suelos, cuya textura se extiende desde arena-gruesa a areno-limosa, está comprendida entre 7 y 115 p. p. m., con un promedio de 78 p. p. m. La superficie de los perfiles de algunas zonas tiene una concentración mayor de este constituyente que los horizontes del subsuelo, contrariamente de lo encontrado en otras áreas estudiadas.

Los suelos de las zonas agrícolas consideradas de buena producción contienen un valor medio en cinc —24 p. p. m.—, más bajo que los de nuevo cultivo y que los perfiles de suelos naturales —32 p. p. m.—. En éstos los horizontes A tienen un contenido menor que los del subsuelo.

De los valores de plomo obtenidos, cuya media es de 12,0 p. p. m., y de las experiencias realizadas, no parece deducirse ningún efecto de toxicidad sobre la planta, ni que produzca acción antagonica alguna en la absorción del cobalto.

La serie de valores del cobalto, para las muestras analizadas, está comprendida entre 0,10 y 3,1 p. p. m., siendo el valor medio de los suelos agrícolas considerados de buena producción, 0,9 p. p. m. y los de las zonas de Pontevedra clasificados como de probable deficiencia, solamente es de 0,31 p. p. m. Los perfiles de la jurisdicción de Porriño, considerada en principio deficiente, tienen un contenido medio bajo, pero sensiblemente igual a la de las áreas consideradas como fértiles. Los suelos cultivados de esta misma zona tienen un valor aproximadamente doble de los naturales —1,8 p. p. m.—. En algunos perfiles el contenido en cobalto aumenta a medida que se desarrolla la capa ferruginosa, mientras que en otros disminuye regularmente cuando se pasa del horizonte superficial a los del subsuelo.

De los datos que se presentan en esta comunicación, no indican relación general consistente entre el contenido de los micronutrientes estudiados del suelo y los de todas las plantas, ni entre el pH y la variación de estos nutrientes. Sin embargo, la zona de Bordel, que es la de mayor contenido en cobre en el suelo, es también la que presenta mayor concentración en las plantas.

La serie de valores de cobalto en plantas espontáneas se distribuyen desde 0,03 a 0,11 p. p. m., con un valor medio para todas las muestras de 0,06 p. p. m., siendo el contenido en la mayoría de los vegetales de 0,05 p. p. m., números éstos más bajos que el valor crítico prescrito por Mitchell de 0,09 partes por millón.

Las aplicaciones de 2,5, 11 y 45 kgs./Ha. de cloruro de cobalto a la planta experimental *Lolium compositum*, cultivada en zona de carácter no deficiente en este nutriente, incrementó el contenido de este elemento desde 0,08, en el control, hasta 0,15 para los tratamientos de 11 y 45 kgs./Ha.

Los resultados de estos estudios indican que el contenido en cobalto, tanto en suelos como en plantas, es bajo comparado con la media de los valores encontrados en otros países. Los datos obtenidos en las series de La Reigosa, Berducido, Geve, Bordel y Peón, en las que esporádicamente se presentaron enfermedades en el ganado vacuno y que respondieron a tratamientos de complejos minerales que incluía sales de cobalto, con un contenido bajo en suelos y en casi todos los vegetales, inferiores al valor crítico, y menor también que en las zonas consideradas como fértiles, en las que no se conoce ninguna carencia, indican como posible causa de la anemia nutricional encontrada la deficiencia de cobalto, sin que intervenga acción antagónica de los otros nutrientes estudiados. Sin embargo, dada la diferencia de valores encontrados, a esta conclusión, basada en el análisis total comparativo y en datos de otros investigadores, habrá que añadir las obtenidas de los experimentos que tengan en cuenta las posibles variaciones en la utilización de estos elementos por el animal.

Manifestamos nuestro agradecimiento al INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA VEGETAL por la beca otorgada a uno de nosotros (J. P.); a don Apolinar Bugallo las informaciones sobre las

zonas de posible carencia en cobalto y los tratamientos suministrados, y a Benito Sánchez, señora Ameijeiras y Gerardo Dios, su valiosa ayuda en la obtención de las muestras.

Misión Biológica de Galicia. Pontevedra.

Sección de Química Agrícola.

SUMMARY

The chemical analysis for copper, zinc, lead and cobalt of a number of soils and dominant plants growing on them, in order to determine their distribution and whether any deficiency of cobalt does exist as the cause a nutritional disease of cattle in Pontevedra province, reveals the following:

The copper content of the soils with texture between sandy and sandy-silty—range from 7 to 115 parts per million with an average of 78 ppm. The surface soils of some profiles had a higher copper content than their subsoil horizons; the contrary was observed in other areas.

The agricultural soils of good fertility had a zinc average for all samples of 24 ppm., lower than the representative soil profiles and than those of new cultivated zones—32 ppm.—. The A horizons had a lower content than the subsoil ones.

The average for lead was found to be 12,0 ppm. No antagonistic effect with the cobalt content was clearly shown nor evidence of toxicity on the plant was revealed.

The soils range in total cobalt content from 0,10 to 3,1 ppm. The average for agricultural areas considered of good production was 0,9 ppm. and those formed from granitic materials, where nutritional disorders of animals was observed, only 0,31 ppm. The diluvial soils studied here, and previously considered as deficient one, had a higher average than the others—1,2 ppm. and on the cultivated fields of this areas 1,8 ppm.—. In some soil profiles the cobalt content is higher in the ferruginous horizons, by the contrary, in others decrease generally with the subsoil horizons.

From the limited data reported in this paper give no evidence of any relationship existing between the micronutrients content in the soils and that of the plants, no between the pH and the mineral elements determined. Nevertheless, the area of higher copper content in the soil has also higher concentration in the plant.

The cobalt content of wild plants growing on the different soil series, considered as deficient in this element, range from 0,03 to 0,11 ppm. and the average is 0,06 ppm., lower than the critical value of 0,09 parts per million prescribed by Mitchell.

Applications of 2,5, 11 and 45 Kgs./Ha. of cobalt chloride to the experimental plant *Lolium compositum* increased the cobalt content from 0,08, in the control, to 0,15 for 11 and 45 Kgs./Ha. treatments.

From the results obtain in this report is probably a lack of cobalt content in soils as the cause of sporadic nutrient diseases occurring in cattle around Pontevedra. Nevertheless, from all the results, based on total comparative analysis, to this conclusion the possible variations in availability of these elements to the animal must be added.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BECKER, R. B.; ERWIN, T. C., and HENDERSON, J. B.: 1946. Relation of soil type and composition to the occurrence of nutritional anemia in cattle. *Soil Sci.*, 62: 388-392.
- (2) CARDA, P.; LUQUE, J. M., y GALLEGO, E.: 1953. Anemias por carencia de oligoelementos en el ganado español. *Cien. Vet.*, 99: 41-47.
- (3) CARDA, P., y OCAMPO, N.: 1951. Sobre la anemia carencial del ganado vacuno («Sequeira»). *Cien. Vet.*, 81: 115-132.
- (4) ELLIS, G. H., and THOMPSON: 1945. Determination of cobalt in biological material with nitrosocresol. *Ind. Eng. Chem., Anal. Edaf.* 17: 254-257.
- (5) FUJIMOTO, G., and SHERMAN, G. D.: 1950. Cobalt content of typical soils and plants of the Hawanam Islands. *Agron. Jour.*, 42: 577-581.
- (6) GONZÁLEZ, G., y GALLEGO, R.: 1953. Contribución al estudio de la composición mineral de algunos forrajes de Galicia. *Anal. Edaf.*, 12: 767-780.
- (7) HEWITT, E. J.: 1948. Experiments on iron metabolism in plants. I. Some effects of metal-induced iron deficiency. *The Annual Report. of the Agric. Hortic. Res. Sta.*, 66-80.
- (8) HOLMES, R. S.: 1944. Determination of total copper, zinc, cobalt and lead in soils and soil solution. *Soil Sci.*, 9: 348-357.
- (9) KENNETH, C., and MAC DONALD, H. A.: 1951. Absorption of mineral elements by forage plants: III. The relation of stage of growth to the micronutrient element content of timothy and some legumes. *Agron. Jour.*, 43: 589-1.593.
- (10) MITCHELL, R. L.: 1944. The distribution of trace elements in soils and grasses. *Proc. of the nutri. Soc.*, 1: 183-189.
- (11) MITCHELL, R. L.: 1945. Cobalt and nickel in soils and plants. *Soils. Sci.*
- (12) MONIER-WILLIAMS, G. W.: 1940. Trace elements in food Chapman Hall. London.
- (13) PARKS, R. Q.; HOOD, S. L.; HURWITZ, C., and RILLIS, G. H.: 1953. Quantitative chemical microdetermination of twelve elements in plant tissue. A systematic procedure. *Ind. Eng. Chem. Anal. Edaf.*, 15: 527-533.

- (14) STEWART, J.; MITCHELL, R. L., and STEWART, A. B.: 1941 Pining in sheep: its control by administration of cobalt and by use of cobalt-rich fertilizers. *The Empire Jour. of Exper. Agric.*, 9: 145-152.
- (15) STEWART, J.; MITCHELL, R. L., and STEWART, A. B.: 1942. Pining in sheep: II. Confirmatory experiments on its control by cobalt-rich fertilizers. *The Empire Jour. of Exper. Agric.*, 10: 57-60.
- (16) WRIGHT, J. R., and LAWTON, K.: 1954. Cobalt investigations on some Nova Scotia soils. *Soil Sci.*, 77: 95-105.