

1.3. RELEVAMIENTO DEL ESTADO NUTRICIONAL Y LA FERTILIDAD DEL SUELO EN CULTIVOS DE TRÉBOL BLANCO EN LA ZONA ESTE DE URUGUAY ⁽¹⁾

Alejandro Morón ⁽²⁾

INTRODUCCIÓN

El trébol blanco es una leguminosa de alta calidad, constituyente de las mejores pasturas del área templada. Es conocida por sus importantes requerimientos en la fertilidad de los suelos para producir altos rendimientos.

En la zona este del país, área de influencia de la cooperativa CALVASE (J.P. Varela-Lavalleja), existe un núcleo de productores dedicados a la producción de semillas de trébol blanco. Estos cultivos son utilizados por muchos productores con doble propósito: producción de forraje para pastoreo directo y producción de semillas. El objetivo del presente trabajo fue la realización de un relevamiento del estado nutricional y la fertilidad de los suelos de los cultivos de trébol blanco procurando detectar posibles limitantes nutricionales en la obtención de altos rendimientos de forraje y/o semillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología consistió en realizar un relevamiento de análisis de planta y suelo en chacras de trébol blanco (*Trifolium repens* cv Zapicán). Existe bibliografía, tipo guía interpretativa y de recomendación, de diversos orígenes con valores críticos para los macronutrientes y micronutrientes en plantas de trébol blanco para la producción

de forraje (Cornforth, 1984; Mills & Jones, 1996; Reuter & Robinson, 1997). La cantidad de trabajos realizados, así como la importancia que le fue asignada al tema fertilidad de suelos y nutrición en trébol blanco en Nueva Zelanda, determinó que se seleccionara la información proveniente de este país como base para establecer en forma provisoria los niveles críticos de los macro y micronutrientes en planta para interpretar los resultados en función de la producción de forraje. En el cuadro 1 se presentan los niveles críticos (valor inferior del rango de suficiencia) de concentraciones y relaciones sobre la base de bibliografía de N. Zelanda. Estos valores son para hojas más pecíolos en plantas en estado de crecimiento activo y altura de pastoreo.

Se tomaron muestras de un total de 40 chacras durante el mes de setiembre de 1998. La mayoría de los suelos se ubican dentro de la Unidad Alférez (Ministerio de Agricultura y Pesca, 1979) siendo los suelos dominantes Brunosoles subéutricos lúvicos y Argisoles subéutricos melánicos.

Análisis de planta

En cada chacra se tomaron dos muestras compuestas constituídas cada una de 6 a 8 submuestras de hojas más pecíolos de trébol blanco previo a la floración. Posteriormente las muestras vegetales fueron secadas (aire forzado a 60° C) y molidas.

⁽¹⁾El presente artículo tiene ampliaciones, cambios y correcciones respecto al publicado en la Serie Actividades de Difusión N° 200 de INIA La Estanzuela (1999)

⁽²⁾Ing. Agr., Dr., Sección Suelos INIA La Estanzuela.

Cuadro 1. Niveles críticos de las concentraciones y relaciones de macro y micronutrientes en trébol blanco.

Nutriente	Concentración	Unidades
Nitrógeno (N)	4.8	%
Fósforo (P)	0.35	%
Azufre (S)	0.25	%
Potasio (K)	2.00	%
Calcio (Ca)	0.40	%
Magnesio (Mg)	0.18	%
Manganeso (Mn)	25	mg /kg
Zinc (Zn)	16	mg /kg
Cobre (Cu)	6	mg /kg
Boro (B)	25	mg /kg
Hierro (Fe)	50	mg /kg
N/P	13	-
N/S	19	-
S/P	0.72	-

La preparación de los extractos vegetales y su determinación analítica fue realizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela según se resume a continuación:

- Nitrógeno: digestión sulfúrica y destilación con micro-Kjeldhal y posterior titulación.
- Fósforo: digestión sulfúrica y colorimetría con vanadomolibdato.
- Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc: digestión vía seca (500°C, 6 horas) y absorción atómica.
- Potasio, Sodio: digestión vía seca (500°C, 6 horas) y emisión atómica.
- Boro: digestión vía seca (550°C, 3 horas) y colorimetría con azometina-H
- Fósforo en savia: método rápido (Kit Fosforapid), semi-cuantitativo, de extracción mecánica de savia y determinación colorimétrica por apreciación visual (Morón, 1997).

Análisis de suelo

En cada chacra se tomaron dos muestras compuestas de 15 tomas a 0-15 cm de profundidad. Las muestras de suelo fueron sometidas a los siguientes análisis en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua de INIA La Estanzuela:

- Carbono orgánico: digestión húmeda con dicromato de potasio y calor externo con posterior titulación.
- Nitrógeno total: digestión con ácido sulfúrico concentrado, destilación con micro Kjeldahl y titulación.
- Fósforo disponible: a) resinas de intercambio catiónico; b) Bray I, c) Ácido Cítrico. Colorimetría con molibdato de amonio y ácido ascórbico.
- Calcio y Magnesio intercambiables: extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 y absorción atómica.

- Potasio y Sodio intercambiables: extracción con acetato de amonio 1N a pH 7 y emisión atómica.
- Cobre, Hierro, Manganeseo y Zinc disponibles: extracción con DTPA-TEA a pH 7.3 y absorción atómica.
- pH: en agua y cloruro de potasio 1N con potenciómetro y relación suelo-solución 1:2.5
- Aluminio intercambiable: sólo en muestras que presentaban pH en agua igual o inferior a 5.5. Extracción con KCl y posterior titulación.
- Acidez titulable: extracción con acetato de calcio 1N a pH 7 y posterior titulación.
- Boro disponible: extracción con Cl_2Ca en horno de microondas y colorimetría con azometina-H
- CIC a pH 7: $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Ac}$. Titulable
- % Saturación en bases : $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}) \cdot 100 / \text{CIC}$ pH 7
- Textura: Escala textural USDA. Separación de la fracción arena mediante tamiz, fracción arcilla determinada mediante hidrómetro y fracción limo por diferencia.

Informaciones generales

De cada chacra se registró información general de apoyo como fecha de siembra, tipo y cantidad de fertilizante utilizado, estado general del cultivo, composición botánica (estimación visual), nodulación (cantidad, color), altura del cultivo, manejo anterior del suelo, etc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales

De las 40 chacras relevadas el 45% eran cultivos de trébol blanco que se encontraban en su segundo año. El 28% eran cultivos instalados el mismo año del muestreo,

mientras que el 28% restante eran cultivos de 3 y 4 años. Las chacras tenían en promedio 37 hectáreas y se encontraban en el momento del muestreo con una composición botánica que en promedio era de 86% de trébol blanco. La altura del trébol blanco era de 20 cm en promedio de las 40 chacras, con un coeficiente de variación de 24% y rango de 9 a 28 cm entre chacras.

En el cuadro 2 se detalla la información respecto de la fertilización. Todas las chacras fueron fertilizadas en la instalación y un alto porcentaje realizó refertilizaciones. El fertilizante dominante tanto en la instalación como en las refertilizaciones fue el Superfosfato triple (0-46/46-0), en segundo término se encuentra el uso de fertilizantes binarios. La utilización de Superfosfato simple (0-21/23-0) es mínima. Existe mayor variación en las dosis utilizadas en la refertilizaciones que en la instalación.

Análisis de suelos

En el cuadro 3 se presentan los promedios y la variación de las principales características químicas y físicas de los suelos. De acuerdo con su textura promedio pueden catalogarse como suelos franco-limosos, con un contenido de C orgánico y N total concordante con ésta.

Son suelos moderadamente ácidos con cantidades de aluminio intercambiable bajas o nulas. La capacidad de intercambio (CIC) así como el porcentaje de saturación en bases no parecen limitantes. Puede señalarse como preocupante los niveles de potasio intercambiable que en promedio son de 0.28 meq K/100 g con un coeficiente de variación de 41%. En términos generales los valores de K intercambiables iguales o superiores a 0.30 meq/100 g no son limitantes para diferentes cultivos (van Raij *et al.*, 1996).

Los valores promedio de fósforo disponible, realizado por diferentes métodos, parecen bajos y lógicamente con un alto coeficiente de variación debido a que es una característica fuertemente influenciada por las cantidades y tipo de fertilizantes utilizados.

Cuadro 2. Características de la Fertilización.

	Implantación	1° Refertilización	2° Refertilización
N° chacras	40	29	11
% Fertilizadas	100	83	73
kg P ₂ O ₅ /ha	91	40	40
Mínimo P ₂ O ₅ kg/ha	60	0	0
Máximo P ₂ O ₅ kg/ha	130	92	92
% C. Variación	22	53	74
% SuperTriple*	55	71	88
% Binarios*	38	29	12
% SuperSimple*	8	-	-

* Porcentaje calculado en base a chacras fertilizadas. Supertriple (0-46/46-0), Supersimple (0-21/23-0); Binarios (ejem. 12-52/52-0).

Cuadro 3. Promedio y variación en las características químicas y físicas de los suelos en el horizonte 0.15 cm.

	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	C.Org %	N %	Bray I µg P/g	Resinas µg P/g	Ac.Cítrico µg P/g
Promedio	5.6	4.5	2.13	0.21	6.9	6.7	8.9
%CV	6	7	21	19	65	66	57
Mínimo	5.2	4.1	1.44	0.15	0.6	1.0	3.2
Máximo	7.2	6.2	3.55	0.34	22.8	24.5	27.7
	Al meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	K meq/100g	% K (K/CIC)100	Na meq/100g	A.Tit. meq/100g
Promedio	0.07	8.1	3.2	0.28	1.77	0.30	3.69
%CV	45	38	23	41	25	35	24
Mínimo	0.02	4.5	1.7	0.13	0.98	0.15	1.20
Máximo	0.15	18.8	4.5	0.69	3.26	0.88	6.05
	CICpH7 meq/100g	% Sat. Bases	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg
Promedio	15.5	75	2.4	188	73	0.75	0.68
%CV	25	8	41	22	31	30	19
Mínimo	9.7	63	1.3	68	32	0.46	0.37
Máximo	26.8	95	7.3	298	156	1.55	0.97
	% Arena	% Limo	% Arcilla				
Promedio	24	57	19				
%CV	19	9	21				
Mínimo	18	46	13				
Máximo	38	67	29				

De acuerdo con la interpretación publicada por van Raij *et al.* (1996) el promedio de cada micronutriente analizado estaría dentro de la categoría de alta disponibilidad excepto el promedio de Zn que se clasificaría como valor medio.

Análisis de planta

a) Macronutrientes

Fósforo. En la figura 1 se observan los valores de P en planta determinados por el método rápido del Kit Fosforapid. Tomando el valor de 90 mg P / ml como valor crítico por encima del cual no existe respuesta significativa al agregado de fósforo (Morón, 1997) se observa que en la mayoría de las

chacras existiría capacidad de respuesta al agregado de fertilizantes fosfatados. En la figura 2 se presentan los valores de P total en planta y el valor crítico correspondiente citado anteriormente en el cuadro 1. La interpretación es muy similar a la comentada para la figura 1. En la figura 3 se constata que existe una buena asociación entre el método de análisis rápido en savia y el contenido de P total en planta.

Se estudió la relación entre el contenido de P en planta y los métodos de análisis de P disponible Bray I, Resinas y Ácido Cítrico. El método del Ácido Cítrico fue el que presentó mejor asociación con el contenido de P en planta (Figura 4). Los datos sugieren un valor crítico en suelo entre 12 y 15 mg P/g por el método del Ácido Cítrico.

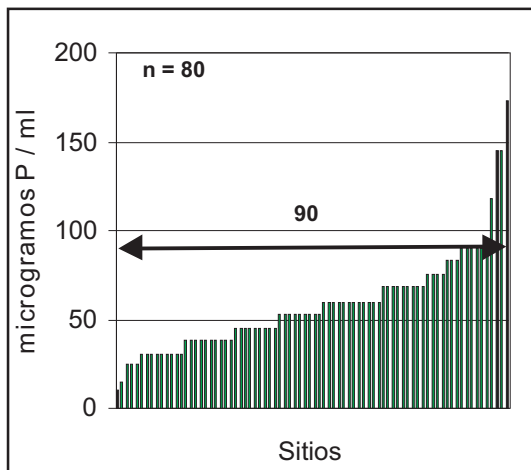


Figura 1. Análisis rápido de fósforo en plantas de trébol blanco.

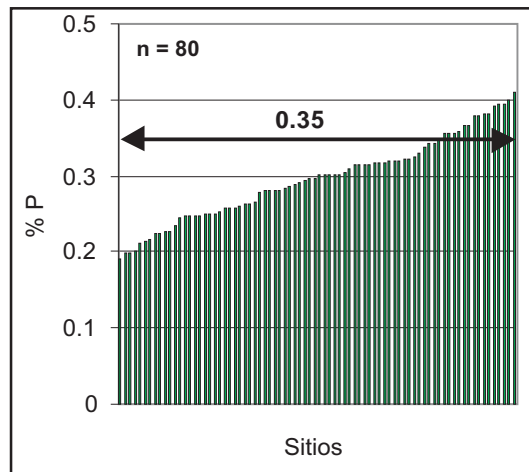


Figura 2. Análisis de fósforo total en plantas de trébol blanco.

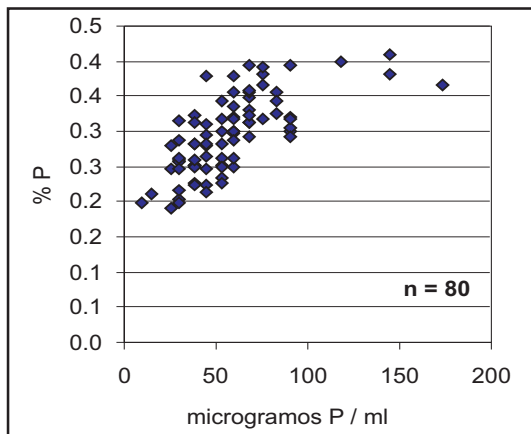


Figura 3. Relación fósforo total en planta y análisis rápido de P.

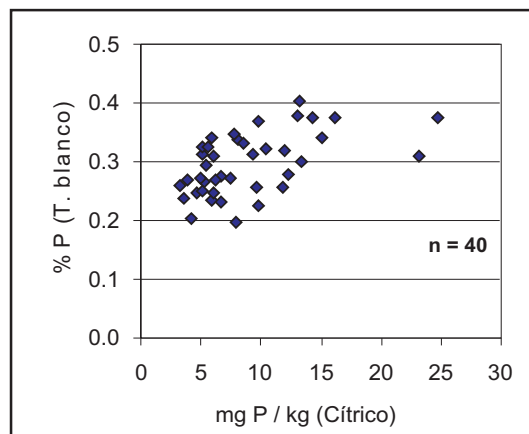


Figura 4. Relación entre contenido de P trébol blanco y análisis de suelos P-cítrico.

Azufre. En la figura 5 se observa que aproximadamente el 30% de las chacras tienen valores de S en planta inferiores al valor crítico. Debe recordarse que en la mayoría de las chacras no se utilizan fertilizantes portadores de azufre (Cuadro 2), lo cual significa que los valores observados en planta corresponden a la capacidad de suministro de S que tienen naturalmente los suelos.

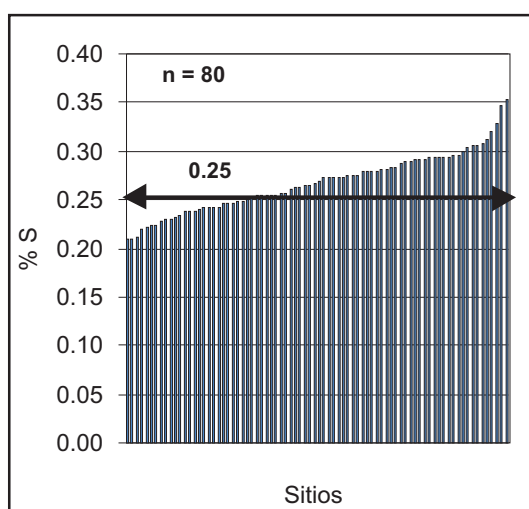


Figura 5. Contenido de azufre en parte aérea de plantas de trébol blanco.

En la figura 6 se presenta la relación S/P. El cociente de nutrientes nos permite estudiar el balance entre nutrientes y nos informa del exceso y/o deficiencia relativa

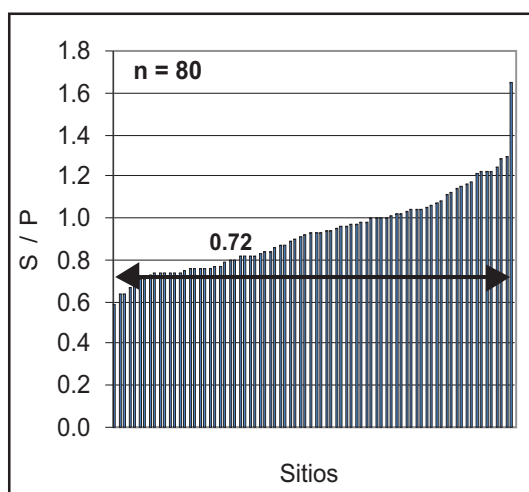


Figura 6. Relación S/P en parte aérea de plantas de trébol blanco.

de un nutriente respecto del otro. Es claro que en la mayoría de las chacras existe un déficit relativo de P respecto de la concentración de S.

Nitrógeno. En primer lugar debe tenerse presente que existe una fuerte asociación entre el contenido de N en el trébol blanco y su productividad (Sinclair *et al.*, 1996a; 1996b; Morón, información no publicada).

En forma consistente todos los valores de N en trébol blanco fueron inferiores al valor crítico de 4.8% de N (Figura 7). No se detectó asociación estadísticamente significativa entre altura del trébol blanco y contenido de N. El N en plantas de leguminosas noduladas puede tener dos orígenes: a) N mineral (NH_4^+ , NO_3^-) proveniente de la mineralización de la materia orgánica y/o de los fertilizantes; y b) N proveniente del proceso de fijación biológica (FBN). Excepto en condiciones de alta disponibilidad de N mineral es esperable que la mayoría del N de las leguminosas noduladas provenga de la FBN (Marschner, 1995). En Uruguay, García *et al.* (1994) presentaron información de trébol blanco, en condiciones normales, donde se cuantifica que el N proviene fundamentalmente de la FBN y esta tendencia se acentúa en invierno. En prácticamente todas las chacras el trébol blanco se encontraba nodulado en mayor o menor medida y con nódulos de color interno rojizo. La eficiencia del proceso de la FBN depende de factores genéticos de los microorganismos

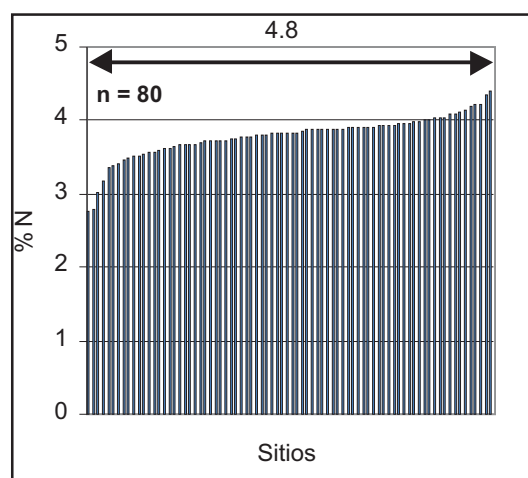


Figura 7. Contenido de N en parte aérea de plantas de trébol blanco.

y de la leguminosa así como de la interacción de estos con otros factores ambientales tales como acidez del suelo, disponibilidad de agua, temperatura, disponibilidad de P, disponibilidad de molibdeno, etc. (Giller & Wilson, 1991). En las figuras 8 y 9 se presentan las relaciones entre el contenido de P y S en planta con el contenido de N en planta. En ambos casos se observa la existencia de una asociación. En el cuadro 4 se encuentran las regresiones simples y múltiple de N versus P y S. Ambas variables, P y S, son significativas estadísticamente en su asociación con N, y en conjunto alcanzan a explicar el 57% de la variación de la concentración de N.

Es conocido que el suministro de P para las leguminosas noduladas tiene un importante efecto tanto en la nodulación como en la actividad de la enzima nitrogenasa. Las funciones del S muestran su relación con el N. El S es constituyente de los aminoácidos azufrados cisteína y metionina y por tanto su déficit inhibe la síntesis proteica (Marschner, 1995). También el S es constituyente de dos enzimas (ferredoxina y de las sub-unidades Fe-proteína y Mo-Fe-proteína de la nitrogenasa) que intervienen en la FBN y su deficiencia afecta negativamente el contenido de N de las leguminosas (Marschner, 1995). Por tanto, todo hace pensar que existe un déficit de N inducido por falta de P y S. En la figuras 10 y 11 se presentan las relaciones N/S y N/P. Parece claro que el déficit relativo de N es mayor que el de S.

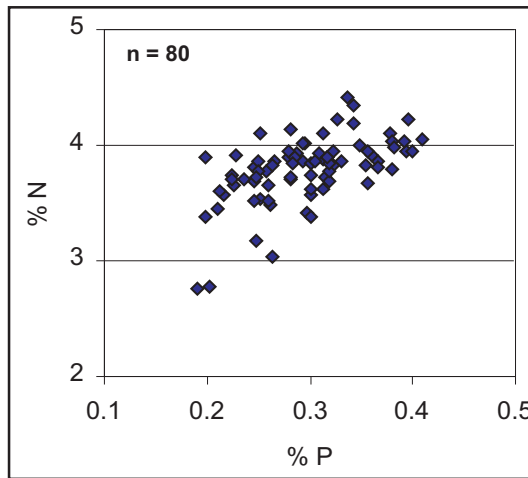


Figura 8. Relación entre el contenido de nitrógeno y fósforo en parte aérea de plantas de trébol blanco.

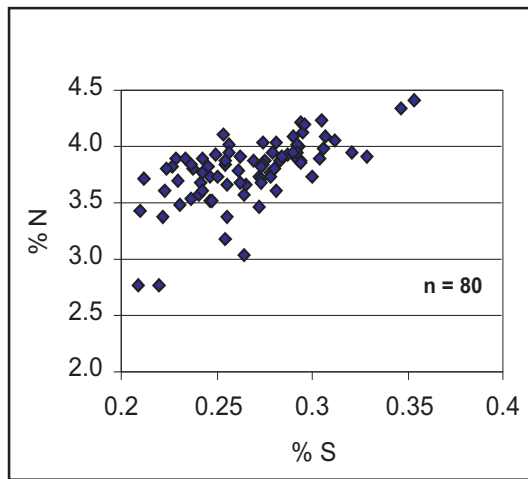


Figura 9. Relación entre el contenido de nitrógeno y el contenido de azufre en parte aérea de plantas de trébol blanco.

Cuadro 4. Relación entre el contenido de Nitrógeno y el de Fósforo y Azufre en plantas de trébol blanco.

Ecuación	R ²
% N = 2.89 + 3.03 x % P	0.33 ***
% N = 2.21 + 5.89 x % S	0.39 ***
% N = 1.77 + 2.39 x % P + 4.91 x % S	0.57 ***

n = 80.

*** = significativo 1%.

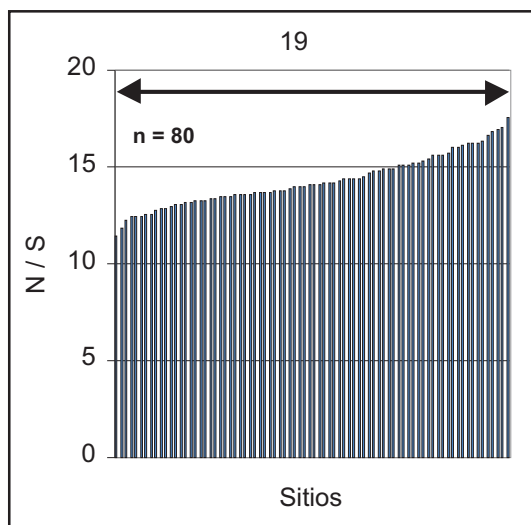


Figura 10. Relación nitrógeno azufre en parte aérea de plantas de trébol blanco.

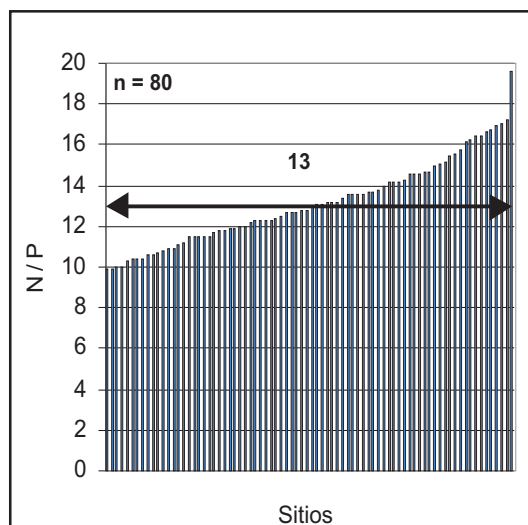


Figura 11. Relación nitrógeno-fósforo en parte aérea de plantas de trébol blanco.

Potasio. En la figura 12 se observan importantes variaciones en el contenido de K en las plantas de trébol blanco y un significativo porcentaje de situaciones con valores claramente inferiores al valor crítico. En relevamientos de otros cultivos (maíz, alfalfa) y en otras regiones de Uruguay también se constataron valores de K en planta inferiores al valor crítico (Morón & Baethgen, 1996; Morón, 1998).

El K es un macronutriente que cumple diversas funciones en las plantas: a) mantener el nivel de agua en las plantas, la presión osmótica y controlar la apertura y cierre de los estomas; b) acumulación y translocación de los hidratos de carbono sintetizados; y c) activador de una gran cantidad de enzimas.

Cuando se estudia la relación del contenido de K con el contenido de sodio (Na) en las plantas de trébol blanco se constata una relación inversa (Figura 13). Las plan-

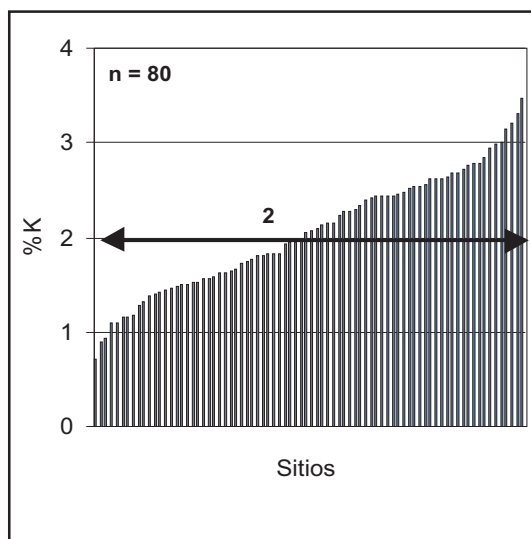


Figura 12. Contenido de potasio en parte aérea de plantas de trébol blanco.

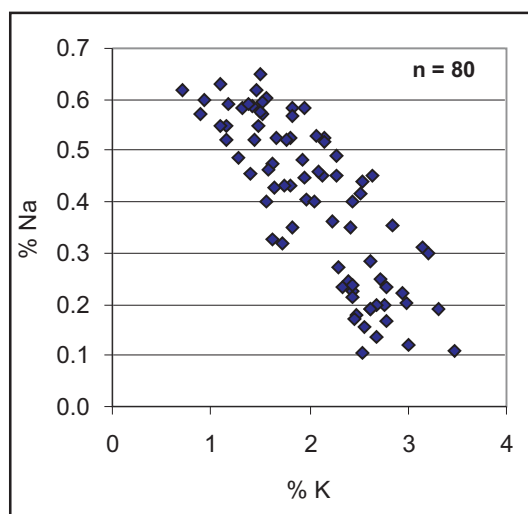


Figura 13. Relación entre el contenido de potasio y sodio en parte aérea de plantas de trébol blanco.

tas con contenido más bajo de K son las que tienen mayor concentración de Na. En algunas especies vegetales es posible que exista una sustitución parcial del K por el Na, especialmente en aquellas funciones vinculadas con el mantenimiento de la presión osmótica (Mills & Jones, 1996; Marschner, 1995). Específicamente, el trébol blanco es categorizado como una especie con características natrofilicas por varios autores (Tower & Smith, 1983; Dunlop & Hart, 1987; Marschner, 1995). Natrofilicas son las plantas que absorben el Na y lo transportan hasta sus hojas, mientras que las natrofóbicas absorben el Na lentamente acumulándolo en sus raíces o en las partes más bajas del tallo y transportándolo en bajas magnitudes hacia las hojas (Tower & Smith, 1983). De especial interés es el posible cambio de los niveles críticos de potasio en planta en especies natrofilicas cuando existe sodio disponible. Marschner (1995) cita ejemplos para gramíneas como Italian ryegrass y Rhodes grass donde los niveles críticos de K en planta son notoriamente inferiores cuando el contenido de sodio en las hojas es alto.

En la figura 14 se relaciona el contenido promedio de K en planta con el contenido promedio de K intercambiable en el suelo. Como tendencia general puede afirmarse que con valores iguales o superiores a 0.35 meq K/100 g de suelo no se registran valores inferiores a 2% de K en planta. En la figura 15 se relaciona el contenido promedio de K en planta con el porcentaje promedio de la capacidad de intercambio (CIC) ocupada por el K intercambiable. Con valores superiores al 2% de K de la CIC no se registran valores inferiores al 2% de K en planta.

Calcio y Magnesio. En las figuras 16 y 17 se observan los valores obtenidos para la concentración de calcio y magnesio en planta. En ambos casos, según el cuadro 1, no existen elementos para pensar en la existencia de limitaciones al rendimiento del trébol blanco por parte de estos macronutrientes. Esto es concordante con los valores de Ca y Mg intercambiables existentes en el suelo reportados en el cuadro 3.

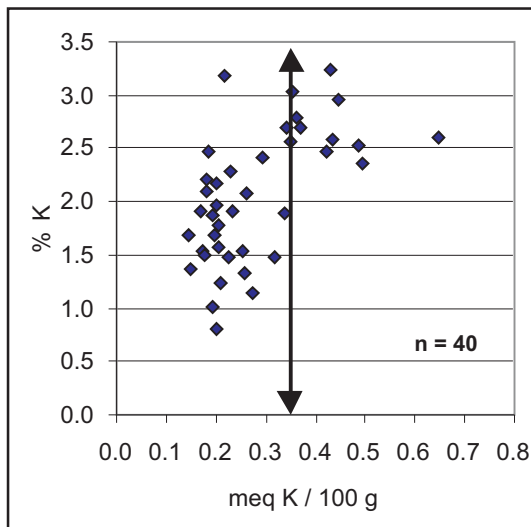


Figura 14. Relación entre el contenido de K en trébol blanco y K intercambiable en el suelo.

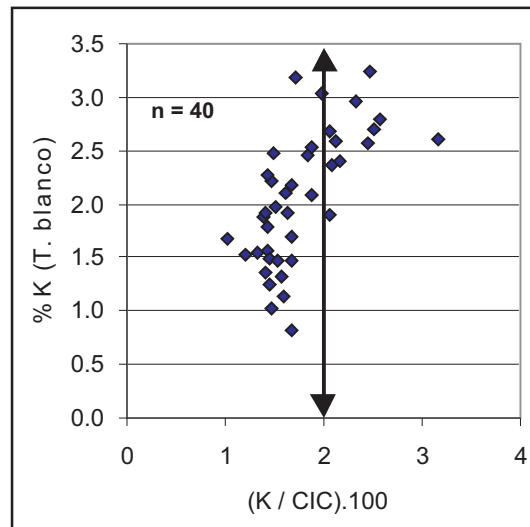


Figura 15. Relación entre el contenido de potasio de trébol blanco y el porcentaje de K.

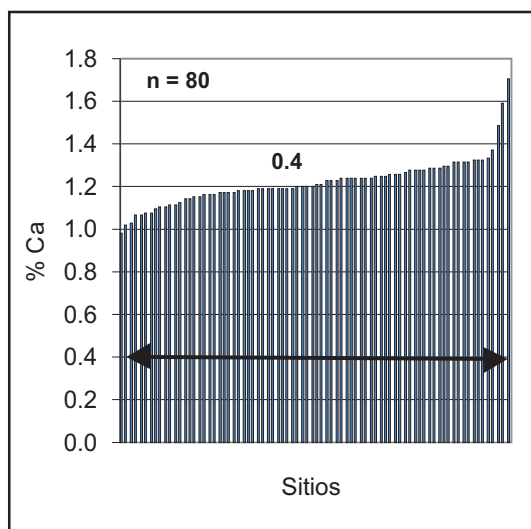


Figura 16. Contenido de calcio en parte aérea de plantas de trébol blanco.

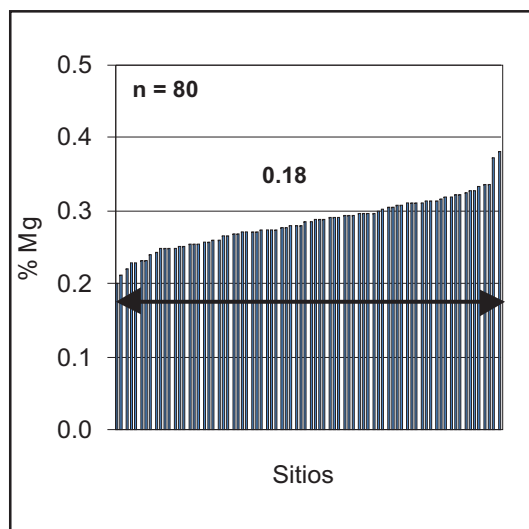


Figura 17. Contenido de magnesio en parte aérea de plantas de trébol blanco.

b) Micronutrientes

Cobre, Hierro. Tanto Cu (Figura 18) como Fe (Figura 19) no presentan valores que puedan significar limitaciones al rendimiento. Los valores de análisis de suelo de ambos micronutrientes presentados en el cuadro 3 se encuentran sustancialmente por encima de los valores presentados como críticos por van Raij *et al.* (1996).

Manganeso. En el caso particular del Mn (Figura 20) no presenta valores por debajo del nivel crítico. Su problema podría ser por la inversa. Es conocido que el exceso de Mn puede provocar toxicidad en las plantas y esta situación se encuentra asociada generalmente a suelos fuertemente ácidos (Martens & Westermann, 1991). Según los valores generales presentados por Jones (1991) los máximos valores encontrados en

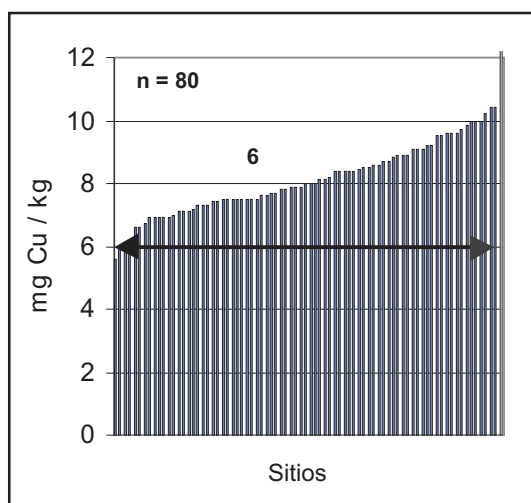


Figura 18. Contenido de cobre en parte aérea de plantas de trébol blanco.

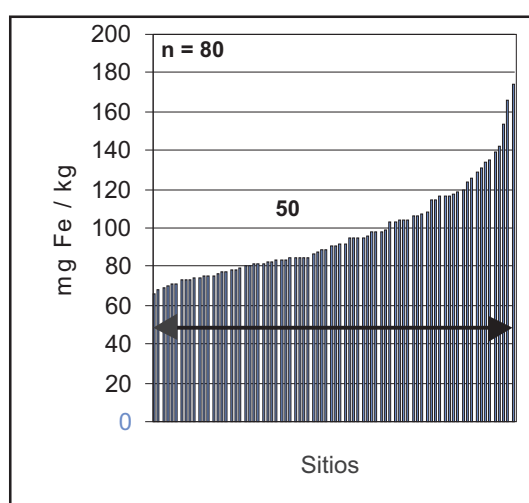


Figura 19. Contenido de hierro en parte aérea de plantas de trébol blanco.

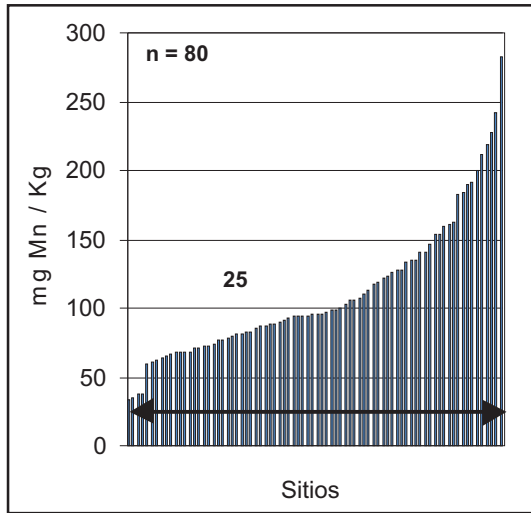


Figura 20. Contenido de manganeso en parte aérea de plantas de trébol blanco.

este relevamiento no estarían dentro de la zona de toxicidad (300-500 mg Mn/kg). Esto sería concordante con los valores de pH moderadamente ácidos, reportados en el cuadro 3, para la mayoría de los suelos.

Zinc. En el caso del Zn (Figura 21), al igual que el Mn, no existen valores en planta de trébol blanco inferiores al nivel crítico citado en el cuadro 1. Se presentan en algunas pocas chacras valores muy altos y en algunos casos sólo en una de las dos muestras analizadas por chacra. No existe

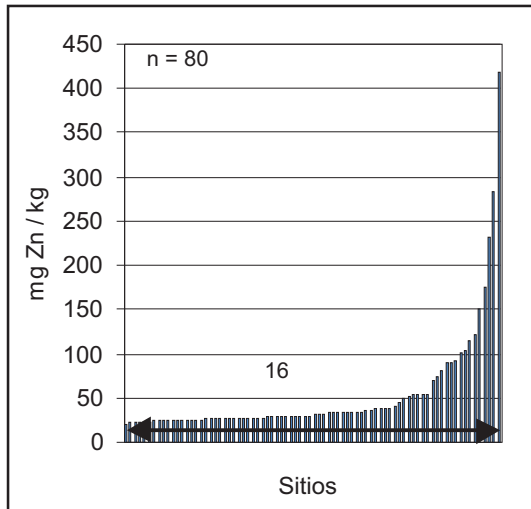


Figura 21. Contenido de zinc en parte aérea de plantas de trébol blanco.

hasta el momento una explicación satisfactoria para esto.

Boro. El B es el único micronutriente que presenta en aproximadamente un 15% de los casos valores moderadamente inferiores al nivel crítico en planta (Figura 22).

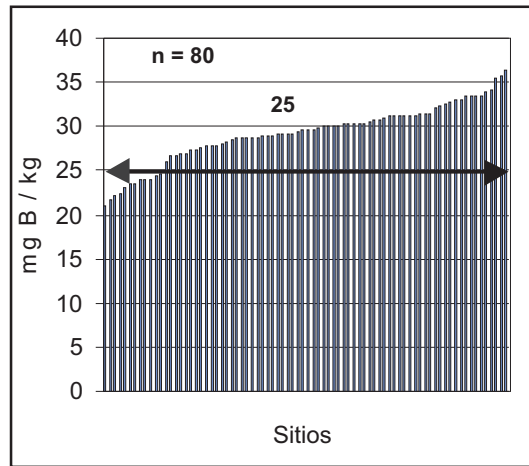


Figura 22. Contenido de boro en parte aérea de plantas de trébol blanco.

CONSIDERACIONES FINALES

Se constatan importantes deficiencias en el contenido de N en planta que encuentran una significativa asociación con los niveles de P y S en planta. Generalmente, el contenido de N en planta está estrechamente ligado al rendimiento.

La fertilización fosfatada utilizada se presenta como deficiente en la mayoría de las chacras analizadas. El diagnóstico de la deficiencia de P es confirmado tanto por el método rápido como por el análisis de P total en planta. A nivel de P disponible en suelo el método más promisorio es el del Ácido Cítrico.

La asociación entre los niveles de azufre y el contenido de N en la planta de trébol blanco plantea la necesidad de estudiar más detalladamente la respuesta al agregado de S así como la búsqueda de indicadores confiables que puedan predecir la respuesta a su agregado. El agregado de fertilizantes fosfatados que contengan azufre, como el Superfosfato simple, probablemente sea

una de las soluciones más prácticas y económicas para estos sistemas de producción.

Los bajos niveles de K en planta en un importante porcentaje de las chacras son llamativos. Pueden constituir una limitante al rendimiento. El nivel de K intercambiable en el suelo y/o su porcentaje de la CIC parecen ser indicadores utilizables. Es necesario encarar algún trabajo de respuesta a su agregado en las situaciones catalogadas como deficientes. Queda la interrogante del rol del Na en las situaciones de posibles deficiencias de K y consecuentemente el posible cambio en los niveles críticos de K.

Los micronutrientes estudiados no parecen limitantes, quedando como observación un bajo porcentaje de casos con niveles de B inferiores al nivel crítico. Como denominador común con el presente trabajo cabe mencionar que en relevamientos anteriores realizados en maíz (Morón & Baethgen, 1998) y alfalfa (Morón, 1998), en otras regiones de Uruguay, Fe y Mn no aparecieron como posibles limitantes al rendimiento.

Si bien este trabajo presenta por primera vez en el país información sobre el estado nutricional y la fertilidad de suelos en cultivos de trébol blanco en un número importante de chacras, debe tenerse cautela en la generalización o extrapolación de los resultados obtenidos para otras regiones con otros suelos y manejos del trébol blanco.

Por último, debe mencionarse que en esta región no es clara la ubicación del cultivo del trébol blanco en un sistema de rotaciones que utilice y capitalice las importantes cantidades de N que es capaz de incorporar el trébol blanco a través de la FBN.

AGRADECIMIENTOS

A los productores y el Ing. Agr. G. Rovira de la Cooperativa CALVASE por su apoyo en la realización de este trabajo. A los funcionarios de la Sección Suelos de INIA La Estanzuela N. Cabrera, M. Ernst y D. Bassahun por su dedicación y esfuerzo en distintas partes de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- CORNFORTH, I.S.** 1984. Plant Analysis. *In*: Cornforth, I.S. & Sinclair, A.G., compiled. Fertiliser and lime recommendations for pasture and crops in New Zealand. Ministry of Agriculture & Fisheries. Second Revised Edition. p.40-42.
- DUNLOP, J. ; HART, A. L.** 1987. Mineral nutrition. *In*: Baker, M.J. & Williams, W.M., eds., White Clover. CAB international. Cap. 5. p.153-183.
- EDMEADES, D.C.; SINCLAIR, A.G.; WATKINSON, J.H.; LEDGARD, S.F.; GHANI, A.; THORROLD, B.S.; BOSELL, C.C.; BRAITHWAITE, A.C.; BROWN, M.W.** 1994. Some recent developments en Sulphur research in New Zealand Agriculture. *Sulphur in Agriculture*, 18: 3-8.
- GARCÍA, J.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D.; CURBELO, S.** 1994. Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. *In*: Nitrógeno en Pasturas. INIA Serie Técnica 51. p.13-18.
- GILLER, K.E. & WILSON, K.J.** 1991. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. CAB International. 313 p.
- JONES, J. B.** 1991. Plant Tissue Analysis in Micronutrients. *In*: Mortvedt, J.J.; Cox, F.R.; Shuman, L.M.; Welch, R.M., eds. Micronutrients in Agriculture. SSSA. Cap. 13. p.477-521.
- MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T.** 1991. Fertilizer Applications for Correcting Micronutrients Deficiencies. *In*: Mortvedt, J.J.; Cox, F.R.; Shuman, L.M.; Welch, R.M., eds. Micronutrients in Agriculture. SSSA. Cap. 15. p.549-592.
- MARSCHNER, H.** 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Second Edition. 889 p.
- MCNAUGHT, K.J.** 1970. Diagnosis of mineral deficiencies in grass-legume pastures by plant analysis. *In*: Proceedings XI International Grassland Congress. Australia. p.334-338.
- MILLS, H. A.; JONES, J. B.** 1996. Plant analysis handbook II. Micro - Macro Publishing, Inc. 422 p.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA.** 1979. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay. Tomo III. Clasificación de Suelos. 452 p.
- MORÓN, A.** 1997. Phosphorus requirements in legumes: calibration of a rapid simple tissue test . *In: Proceedings XVIII International Grassland Congress. Canadá. Session 10 Soil Fertility, 10-15.*
- MORÓN, A.** 199). Requerimientos de fertilización y relevamiento nutricional. *In: Jornada de Alfalfa. (1998, Canelones, Uru.) p.15-20.*
- MORÓN, A.; BAETHGEN, W.** 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera. INIA Serie Técnica 73.
- MORÓN, A.; BAETHGEN W.** 1998. Micronutrient Status in Dairy Farms of Uruguay. *In: Proceedings XVI World Congress of Soil Science. Francia. CD ROM Symposium 14, p.1-5.*
- REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B.** 1997. Plant analysis: an interpretation manual. 2nd ed. CSIRO Publishing. 536 p.
- RODRÍGUEZ, M.; SINCLAIR, A.; MORTON, J.; MORRISON, J.; SMITH, C.; DODDS, K.** 1998. Nutrient ratios in herbage as indicators of balanced and adequate nutrition for white clover. *In: Proceedings XVI World Congress of Soil Science. Francia. CD ROM. Symposium 14, p.1-9.*
- SINCLAIR, A.G.; SMITH, L.C.; MORRISON, J.D.; DODDS, K.G.** 1996. Effects and interactions of phosphorus and sulphur on a mown white clover/ryegrass sward. 1. Herbage dry matter production and balanced nutrition. *New Zealand Journal of Agricultural Research, 39: 421-433.*
- SINCLAIR, A.G.; SMITH, L.C.; MORRISON, J.D.; DODDS, K.G.** 1996. Effects and interactions of phosphorus and sulphur on a mown white clover/ryegrass sward. 2. Concentrations and ratios of phosphorus, sulphur, and nitrogen in clover herbage in relation to blanced plant nutrition. *New Zealand Journal of Agricultural Research, 39: 435-445.*
- SINCLAIR, A.G.; SMITH, L.C.; MORRISON, J.D.; DODDS, K.G.** 1997. Effects and interactions of phosphorus and sulphur on a mown white clover/ryegrass sward. 3. Indices of nutrient adequacy. *New Zealand Journal of Agricultural Research, 40: 297-307.*
- TOWERS N.R.; SMITH, G.S.** 1983. Sodium. *In: Grace, N.D., ed. The mineral requirements of grazing ruminants. New Zealand Society of Animal Production. Occasional publication N° 9. cap. 17. p. 112-124.*
- van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.** 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico 100. 2° ed. Campinas. Instituto Agrônômico - Fundação IAC. 285 p.*