

## 2. Estimación de umbrales críticos de P extractable en suelo para trébol blanco y lotus corniculatus

Cuadro, R.<sup>1</sup>, Quincke, A.<sup>2</sup>, Giorello, D.<sup>1</sup>, Bermúdez, R.<sup>3</sup>

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La producción de carne y leche de Uruguay requiere pasturas con especies leguminosas forrajeras que permitan aumentar la producción de forraje, tanto en cantidad como en calidad. En virtud de que los suelos del Uruguay son naturalmente deficientes en su capacidad de suministro de fósforo (P), el fertilizante fosfatado es un insumo fundamental en la productividad de las pasturas. Por ello, la fertilización fosfatada de pasturas ha sido objeto de estudio de distintos grupos de investigación, a fin de establecer criterios y recomendaciones para implementar un buen manejo agronómico de este nutriente. Varios trabajos resumen el conocimiento sobre la dinámica del fósforo en Uruguay (por ejemplo Castro *et al.*, 1981; Mallarino y Casanova, 1984; Morón, 1996; Zamalvide, 1992), lo cual da cuenta de la extensa historia de investigación y experimentación sobre este tema en nuestro país.

### Fósforo “disponible” y “extractable”

Si bien las plantas se abastecen solamente del P que se encuentra en forma disuelta en el suelo (básicamente como los aniones inorgánicos  $H_2PO_4^-$  y  $HPO_4^{2-}$ ), la capacidad de aporte de P del suelo está determinada en gran medida por una fracción inorgánica de la fase sólida que se denomina fósforo “lábil” o “disponible”. Esta denominación se debe a que dicha fracción es capaz de reponer el fósforo de la solución de suelo a medida que éste es removido por la absorción radicular de las plantas en crecimiento. Además el P en el suelo se encuentra en una tercera fracción, que se de-

nomina “no lábil” en virtud de que comprende formas de P no aprovechables para las plantas. De todas formas, las tres fracciones se encuentran en un sistema de equilibrios, según el siguiente esquema de disponibilidad de P propuesto por Larsen (1977):

P solución ↔ P lábil ↔ P no lábil

Por ello, el abordaje más común y aceptado para el manejo agronómico y ambiental de la fertilización fosfatada está basado en la estimación del P disponible mediante algún método de extracción química en el laboratorio. Cualquier método de extracción se basa en un protocolo de laboratorio con una “solución extractante” que se hace reaccionar con una muestra de suelo para solubilizar una fracción reactiva de P por medio de uno o más mecanismos químicos. El resultado del análisis es el P extractable ( $mg\ P\ kg^{-1}$ ) con un método de análisis dado (p.ej Bray I). La cantidad de P extractable puede variar no sólo por la naturaleza de la solución extractora, sino también por el tiempo de agitación y por la relación suelo: solución. Además, la solución extractora puede también reaccionar con otros componentes del suelo (por ejemplo óxidos, arcillas, carbonatos), lo cual determina que un mismo método puede tener distinta capacidad de extracción de P en diferentes tipos de suelos.

Dadas estas consideraciones, el análisis de P extractable debe ser entendido como un *indicador* de la cantidad de P que efectivamente se encuentra disponible para las plantas. Así, el resultado del análisis de suelo, sólo *tendrá utilidad* si se dispone de la *información de interpretación* para el método empleado y el tipo de suelo en cuestión.

<sup>1</sup> Ing. Agr., Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes. INIA Tacuarembó.

<sup>2</sup> Ing. Agr. PhD., Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes. INIA La Estanzuela.

<sup>3</sup> Ing. Agr. MPhil., hasta 2015 Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes. INIA Treinta y Tres.

El modelo más utilizado para el estudio de la respuesta a la fertilización fosfatada y la determinación de niveles y umbrales críticos para cultivos y pasturas, se basa en la relación entre el rendimiento relativo (respecto de un rendimiento máximo o del tratamiento fertilizado) y el nivel de P extractable en suelo, que puede ser medido por diferentes métodos analíticos. A partir de dichos valores se determinan categorías de fertilidad fosfatada sobre la base de niveles críticos o umbrales (Ron; 2014). La interpretación de estas categorías establece que la probabilidad de respuesta y el beneficio económico son elevados solamente con niveles bajos y muy bajos de P y, en contraste, se reducen hacia los niveles óptimos o superiores de P en el suelo (Correndo, 2018)

La precisión que se puede lograr con la interpretación del resultado de un análisis de suelos, en cuanto a la respuesta vegetal que va a tener una pastura durante un año, tomando las muestras de suelo al inicio de la estación de crecimiento de la misma, es particularmente muy variable, ya que no tenemos la certeza de las características meteorológicas que controlarán el crecimiento de las plantas (Marino y Echeverría, 2018). En otras palabras, el grado de incertidumbre es elevado (Dahnke y Olson, 1990) y en general, los niveles de un nutriente en suelo explican no más de 40 a 60 % del rendimiento o respuesta del cultivo (Correndo y García, 2017, citado por Marino y Echeverría, 2018).

#### Niveles críticos

En la predicción de las necesidades de fósforo para pasturas de leguminosas ha sido necesario establecer los niveles críticos de fósforo, considerando como nivel crítico aquella concentración de fósforo del suelo determinado por un extractante que permite obtener el 90% del rendimiento máximo. Teniendo siempre presente que los niveles críticos dependen principalmente del tipo de cultivo, propiedades del suelo y condiciones ambientales y los extractantes analíticos utilizados, es necesario disponer de métodos

de diagnóstico de la fertilidad que se ajusten lo mejor posible a nuestros ambientes edáficos. Errores en la determinación de concentraciones críticas resultan en incorrectas decisiones relativas a las aplicaciones de fertilizantes (Mallarino, et. al. 1992).

En ensayos de respuesta a la fertilización fosfatada llevados adelante en diferentes regiones del país, sobre pasturas con un importante aporte del componente leguminosa a la biomasa total producida, se ha demostrado una respuesta significativa en la producción de materia seca de la especie sembrada al aumento de los niveles de fósforo (P) en el suelo (Bordoli, 1982; Risso, et. al 2014).

Las especies pueden tener diferentes capacidades para absorber nutrientes desde el suelo, debido a diferencias en su morfología. Esto hace que para el caso de nutrientes pocos móviles como el fósforo, existan diferencias importantes tanto desde el punto de visita de la eficiencia de utilización del nutriente dentro de la planta para producir materia seca, así como también a nivel de los requerimientos mínimos de P en el suelo para lograr maximizar las producciones de materia seca (Bordoli, 1998).

Si bien los umbrales son la base fundamental para la recomendación de fertilización, es necesario complementar dicha información con modelos que permitan predecir la dosis necesaria en cada suelo particular para alcanzar esos umbrales críticos (Rubio, et. al., 2007). Es así que es de vital importancia poder optimizar el uso y manejo de la nutrición fosfatada de acuerdo a la relación entre las necesidades potenciales de las pasturas y la disponibilidad que dicho nutriente presenta a nivel del suelo.

## OBJETIVOS

El objetivo específico del presente trabajo es establecer niveles críticos de P extractable en el suelo que permitirán formular recomendaciones de fertilización según las particularidades de suelo o historia de fertilización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en base a la red de experimentos de la presente publicación. La metodología general empleada está resumida en el Capítulo 1 de la misma. Se utilizaron los tratamientos 1, 3 4, 7, 8, 11, 12, 15 y 16 (cuadro 1.4).

La producción anual de materia seca de trébol blanco o de lotus de cada parcela permitió establecer, para cada año, sitio y especie, el rendimiento relativo (RR) de cada tratamiento. El mismo fue calculado como:  $RR = \text{rendimiento observado} / \text{rendimiento máximo promedio (de cada fuente por bloque)} * 100$ .

Todos los años, previo a la refertilización, se hizo el muestreo de suelos a dos profundidades: 0-7,5 y 7,5-15 cm. Los datos reportados de P extractable en suelo para la profundidad 0-15 cm se corresponde con el promedio entre las dos profundidades muestreadas. El P extractable en el suelo se determinó por tres métodos de extracción: Bray I (Bray y Kurtz, 1945), resinas de intercambio catiónico (Zamuz y Castro, 1974), y ácido cítrico.

Se obtuvieron los P críticos e intervalos de confianza para las combinaciones de especie ( $n=2$ ) \* sitio ( $n=14$ ) \* fuente ( $n=2$ ) \* método de análisis de P ( $n=3$ ) \* profundidad de muestreo ( $n=2$ ). Los umbrales críticos reportados corresponden a los obtenidos en promedio para 2 años en 10 sitios y 3 años en 4 sitios.

Para el cálculo de los umbrales óptimos para un RR del 90% se utilizó la curva de calibración del arcoseno- logaritmo (ALCC), reportada por Dyson y Conyers (2013) y modificada por Correndo et. al 2017. El ALCC se ha desarrollado para determinar límites

de confianza y el valor crítico para varios nutrientes. El mismo considera como variables aleatorias el rendimiento relativo de la producción anual de materia seca y el valor de análisis de suelo. El método ALCC modificado se ajustó con paquete Excel (Correndo, et. al, 2017b).

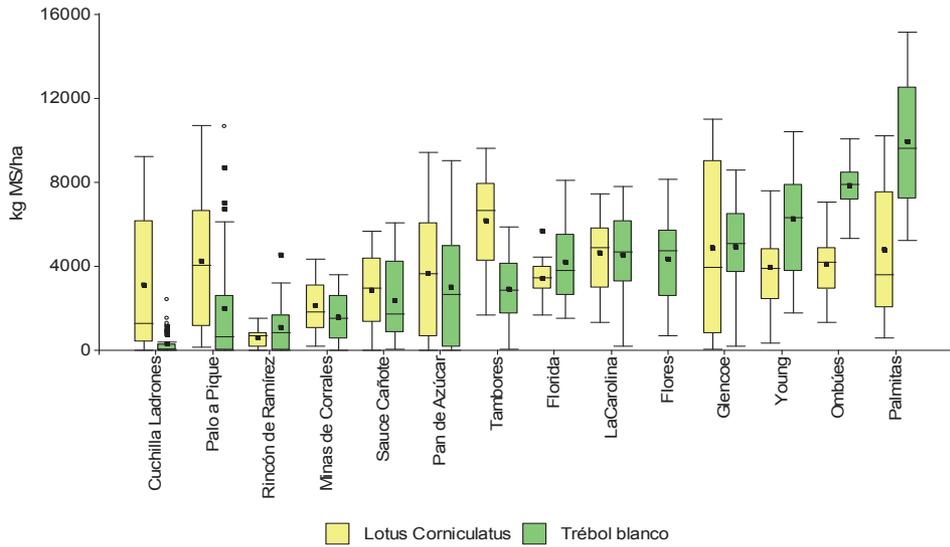
Para comparar los diferentes P críticos obtenidos en los diferentes años para cada combinación, se realizó un análisis de varianza poniendo P crítico como variable dependiente y sitio, fuente, profundidad de muestreo y método de análisis como variables clasificatorias (información no presentada en esta publicación).

Para el caso de trébol blanco no se presenta información de la zona de sierras rocosas del este (Cuchilla de los Ladrones) debido a que no hubo una buena implantación del ensayo por restricciones propias del tipo de suelo para esta leguminosa. En el caso de *Lotus corniculatus*, no se presenta información de las zonas del litoral oeste (sobre Libertad y Cretáceo) debido a que los ensayos tuvieron una importante contaminación de trébol blanco. En la zona de sedimentos gravillosos sobre Cristalino (Flores) no se sembró el ensayo de lotus.

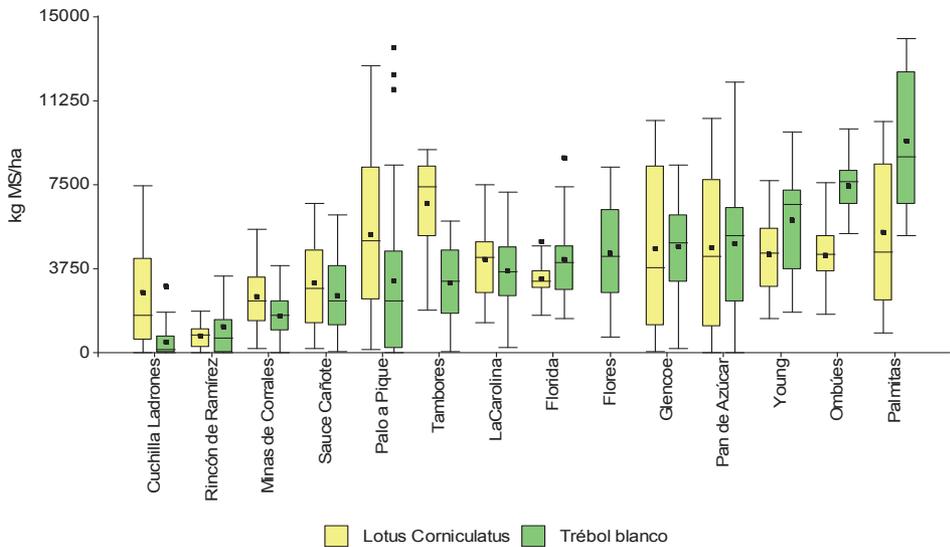
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 2.1 y 2.2 se presentan las producciones de materia seca obtenidas por sitio, para trébol blanco y lotus por fuente de P aplicada, para el promedio de los años evaluados.

Nota: en este capítulo, los sitios Isla Patrulla, Tres Puentes y Trinidad se denominan Cuchilla Ladrones, Minas de Corrales y Flores, respectivamente.



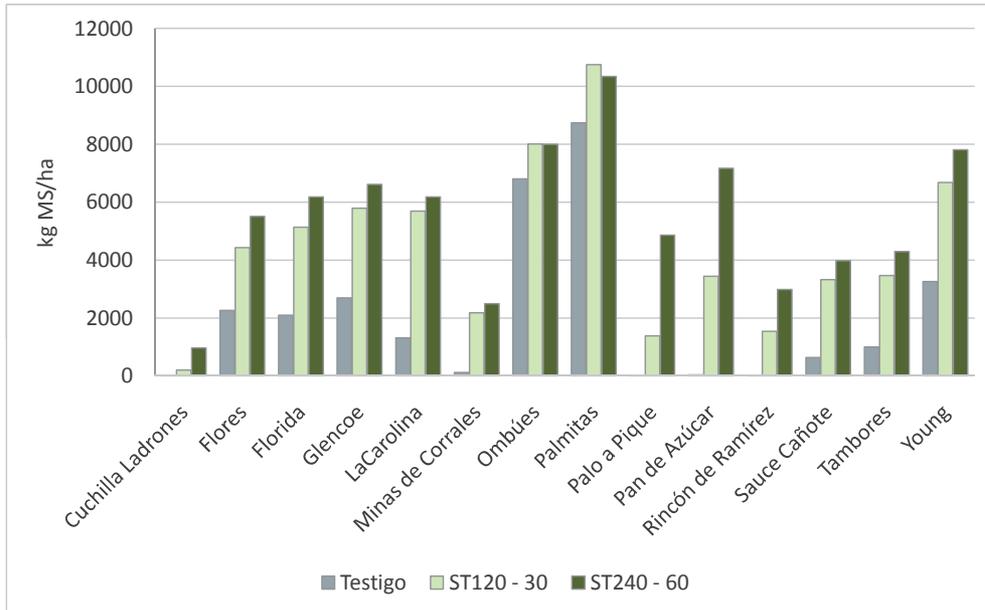
**Figura 2.1.** Box-plot para la producción de materia seca (kg/ha) de trébol blanco y *Lotus corniculatus*, según sitio, utilizando como fuente de fósforo super triple.



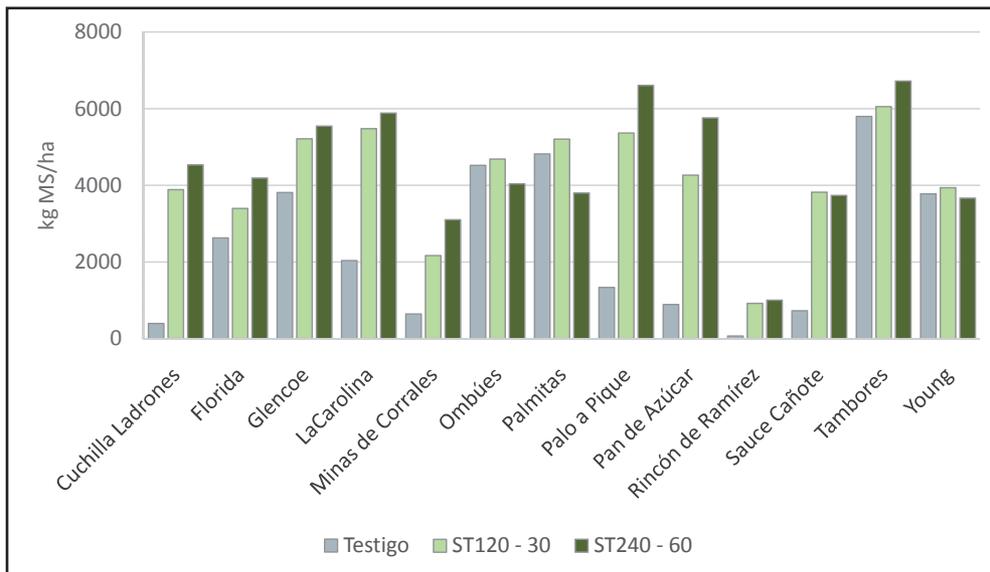
**Figura 2.2.** Box-plot para la producción de materia seca (kg/ha) de trébol blanco y *Lotus corniculatus*, según sitio, utilizando como fuente de fósforo fosforita natural.

Los rangos de producción de materia seca obtenidos durante los años evaluados fueron entre 0 y 14000 kg MS/ha con una media de 4480 kg MS/ha para trébol blanco y entre 0 y 12800 kg MS/ha con una media de 4226 kg MS/ha para *Lotus corniculatus*. Se destacan sitios como Cuchilla de los Ladrones (Sierras no rocosas del Este) donde la materia seca promedio anual de trébol blanco fue muy baja, de-

bido a una baja adaptación de la especie a esos tipos de suelos, registrándose producciones solamente en las parcelas con mayores dosis de P aplicados. En el otro extremo tenemos Palmitas (Litoral oeste/Cretáceo) y Ombúes (Litoral oeste/Libertad) con los mayores niveles de producción de materia seca para trébol blanco. En estos dos sitios ya se partía de niveles altos de P en suelo.



**Figura 2.3.** Producción de materia seca (kg/ha) de trébol blanco por tratamiento, según diferentes niveles de fertilización inicial y refertilización de fósforo, por sitio, utilizando como fuente de fósforo super triple.



**Figura 2.4.** Producción de materia seca (kg/ha) de *Lotus corniculatus* por tratamiento, según diferentes niveles de fertilización inicial y refertilización de fósforo, por sitio, utilizando como fuente de fósforo super triple.

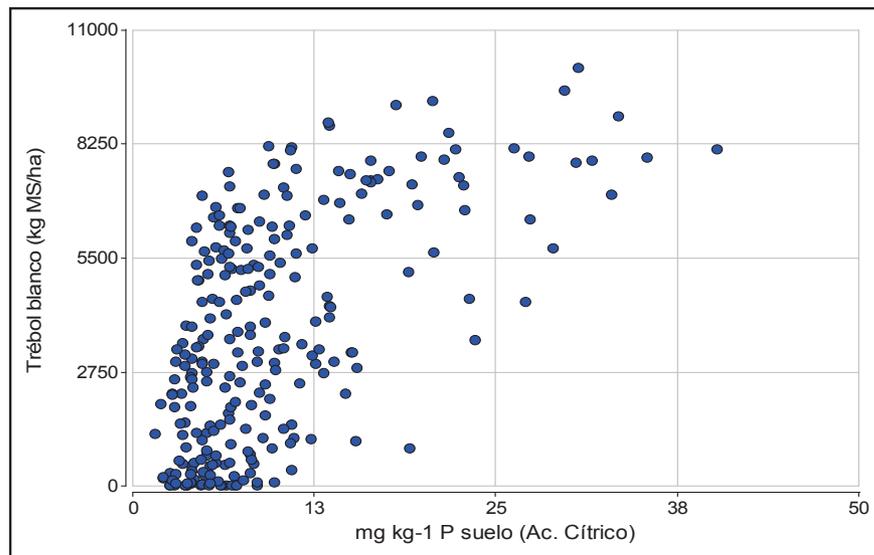
La producción de materia seca tanto para trébol blanco como para lotus fue muy variable entre años y sitios evaluados. De igual manera en todos los sitios existió una respuesta positiva en producción de materia seca ante el agregado de fósforo, para ambas fuentes evaluadas (Figuras 2.3 y 2.4).

Las respuestas en producción de materia seca se relacionaron con el P extractable del suelo obtenido en el otoño previo, dependiendo dichas relaciones del tipo de fertilizante utilizado, el método de análisis seleccionado y la profundidad de muestreo. En las figuras 2.5 y 2.6 se muestran dos ejemplos de las

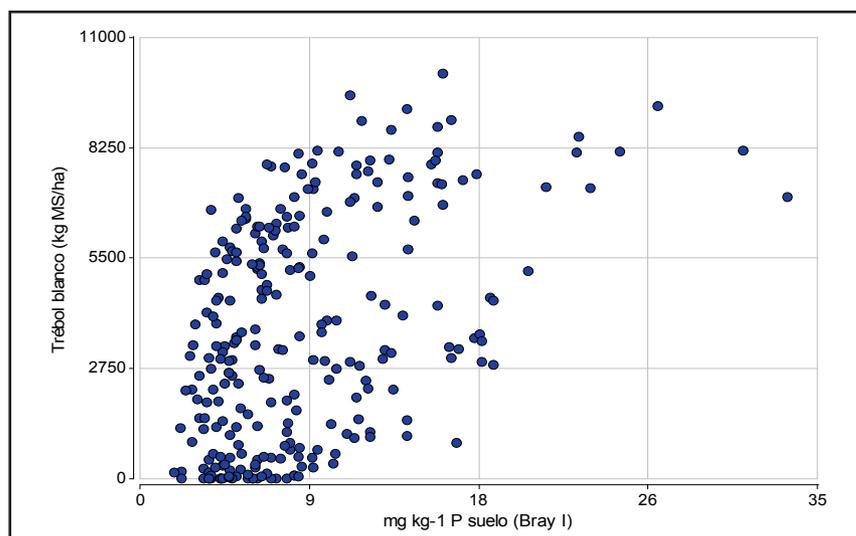
respuestas obtenidas en producción de materia seca ante el aumento de los niveles de P en suelo. Dichas respuestas fueron utilizadas para realizar las calibraciones de los umbrales críticos presentadas más adelante.

Los valores de P críticos fueron diferentes significativamente entre especies, profundidad de muestreo, sitio, fuente de P utilizada y

método de análisis de P extractable en suelo ( $P < 0.05$ ). La profundidad de muestreo más superficial (0-7.5 cm) fue la que presentó la mayor variabilidad entre los valores de P críticos registrados ( $p < 0.05$ ), existiendo una interacción con la fuente de P utilizada y el método de análisis de P utilizado ( $p < 0.05$ ). En los cuadros 2.1 y 2.2 se presentan los rangos óptimos de P en el suelo por espe-



**Figura 2.5.** Respuesta en producción anual de materia seca de trébol blanco (kg MS/ha) al aumento en P extractable debido a la fertilización con super triple. La profundidad de muestreo es 0-15 cm y el P extractable es medido con el método del ácido cítrico.



**Figura 2.6.** Respuesta en producción anual de materia seca de trébol blanco (kg MS/ha) al aumento en P extractable debido a la fertilización con super triple. La profundidad de muestreo es 0-15 cm y el P extractable es medido con el método Bray I.

cie, según zona agroecológica, profundidad de muestreo, fuente de P utilizada, y método de análisis. Para la combinación fosforita na-

tural como fuente de P y método Bray no se presenta información debido a que el modelo no fue significativo.

**Cuadro 2.1.** Rango óptimo de P extractable (mínimo -máximo, en mg P kg<sup>-1</sup>) para trébol blanco según zona agroecológica, profundidad de muestreo, fuente de P utilizada y método de análisis.

Zona agroecológica	Super triple			Fosforita natural	
	Método	0-7,5 cm	0-15 cm	0-7,5 cm	0-15 cm
Sedimentos gravillosos/ Cristalino	Bray	11-20	8-17		
	Cítrico	17-25	10-18	21-45	14-31
	Resinas	14-24	9-18	22-51	15-36
Cristalino	Bray	9-19	7-11		
	Cítrico	10-19	8-11	20-29	10-13
	Resinas			9-17	
Sedimentos/Cristalino	Bray	9-19	8-14		
	Cítrico	15-27	11-20	21-36	14-22
	Resinas	14-30	11-21	35-83	24-48
Sierras rocosas/ Cristalino	Bray	6-11	9-14		
	Cítrico	8-13	8-14	18-27	12-18
	Resinas			10-21	7-13
Basalto/Brunosol	Bray	9-13	7-11		
	Cítrico	12-17	8-12	20-35	14-22
	Resinas	7-12	6-9	21-36	12-24
Basalto/Vertisol	Bray	19-25	15-18		
	Cítrico	17-25	13-17	22-35	15-23
	Resinas	25-34	18-23	33-55	22-34
Noreste/Brunosol	Bray	13-24	9-15		
	Cítrico	12-20	9-12	19-30	12-17
	Resinas	7-14	6-10	14-29	10-16
Noreste/Bajos	Bray	20-32	11-16		
	Cítrico	17-32	16-21	27-48	20-31
	Resinas	22-32	19-24	46-76	30-44
Litoral oeste/Libertad	Bray	13-20	10-15		
	Cítrico	23-32	20-27	31-52	24-40
	Resinas	37-55	30-43	37-55	37-48
Litoral oeste/Cretáceo	Bray	16-24	12-17		
	Cítrico	14-20	12-16	19-31	14-21
	Resinas	23-34	18-25	29-54	22-36
Litoral oeste/ Fray Bentos	Bray	9-13	9-11		
	Cítrico	11-16	8-11	18-34	14-21
	Resinas	8-15	9-12	14-38	14-28
Lomas del este	Bray	13-23	10-14		
	Cítrico	14-22	9-14	25-54	15-22
	Resinas	11-29	8-15	22-87	13-29
Bajos del este	Bray	11-22	11-16		
	Cítrico	11-20	10-15	17-27	13-18
	Resinas	10-16	10-14	18-33	14-22

**Cuadro 2.2.** Rango óptimo de P extractable (mínimo -máximo, en mg P kg<sup>-1</sup>) para *Lotus corniculatus* según zona agroecológica, profundidad de muestreo, fuente de P utilizada y método de análisis.

Zona agroecológica	Método	Super triple		Fosforita natural	
		0-7,5 cm	0-15 cm	0-7,5 cm	0-15 cm
Cristalino	Bray	8-12	7-10		
	Cítrico	14-21	8-12	18-43	10-20
	Resinas				
Sedimentos/ Cristalino	Bray	10-16	9-15		
	Cítrico	16-25	12-17	18-33	14-25
	Resinas	19-29	15-23	31-61	23-44
Sierras rocosas/ Cristalino	Bray	4-8	3-5		
	Cítrico	8-11	6-8	19-31	12-18
	Resinas			14-32	9-17
Basalto/Brunosol	Bray	6-13	5-8		
	Cítrico	13-25	8-14	24-48	13-20
	Resinas	8-16	5-10	32-95	18-48
Basalto/Vertisol	Bray	15-21	13-17		
	Cítrico	16-26	12-16	22-30	15-20
	Resinas	20-32	16-20	30-49	20-29
Noreste/Brunosol	Bray	8-13	6-9		
	Cítrico	10-16	7-10	18-41	11-22
	Resinas			13-35	9-18
Noreste/Bajos	Bray	19-38	17-24		
	Cítrico	18-34	15-22	32-48	18-36
	Resinas	18-36	17-24	41-77	23-44
Lomadas del este	Bray	10-15	8-10		
	Cítrico	11-16	8-10	20-46	13-26
	Resinas	5-11	5-8	12-43	9-22
Bajos del este	Bray	8-13			
	Cítrico	8-16	9-14	14-35	13-23
	Resinas	8-14	11-15	16-42	15-29
Sierras no rocosas del Este	Bray	8-15	6-10		
	Cítrico	5-12	5-8	24-60	14-22
	Resinas			24-95	

La información obtenida en este trabajo debe comprender las particularidades relevantes, y a la misma vez debe ser presentada de forma simple. Los resultados de los cuadros 2.1 y 2.2 indican a igual que lo presentado por Bordoli (1998) que no es posible establecer un único rango de nivel crítico para todos los suelos estudiados. Además. En coincidencia con Ron (2014), los valores obtenidos muestran que los distintos métodos de análisis extraen distintas cantidades de P de la fracción lábil, por lo cual las calibraciones son diferentes.

Los umbrales críticos obtenidos para FN presentaron mayores rangos de variación con respecto a los obtenidos cuando la fuente de fósforo utilizada fue super triple. Con FN el método de resinas fue el que presentó mayor coeficiente de variación, con valores extremos más altos, con respecto a los obtenidos con el método del ácido cítrico.

Para el caso del sitio ubicado sobre suelos del litoral oeste/Libertad (Ombúes), los valores iniciales de P extractable fueron altos (promedio de 20 mg P kg<sup>-1</sup> para ác. cítrico). En consecuencia hubo una baja respuesta en trébol blanco, lo que se vio reflejado en altos rangos críticos observados. Para lotus ya se mencionó que hubo excesiva competencia de trébol blanco.

Por su parte, la zona de sierras rocosas del este (Cuchilla de los Ladrones) para lotus, tuvo buena respuesta a la fertilización fosfata cuando se utilizó super triple, pero no se

logró captar dicho aumento de fertilidad en el suelo a través de los métodos Bray y Cítrico. Esto provoca que los rangos críticos encontrados sean bajos. Similares resultados fueron encontrados en la zona de Sierras rocosas sobre Cristalino (Pan de Azúcar) tanto para trébol blanco como para lotus.

## CONCLUSIONES

Las diferencias encontradas en los valores de P críticos para ambas especies en los diferentes suelos, indican que no es posible establecer un único nivel crítico (o rango) para todos los suelos.

Es necesario a la hora de tomar decisiones de fertilización fosfata tener en cuenta la profundidad de muestreo, el método analítico de P utilizado, así como también la fuente de fósforo utilizada para la refertilización.

Conocido el umbral crítico de P, el siguiente paso es evaluar el nivel de P extractable del suelo. Para ello se debe seguir el protocolo de extracción de muestras de la forma más estricta posible. El muestreo debe ser lo más riguroso y preciso posible, ya que de él depende el diagnóstico preciso de la fertilidad fosforada del suelo en cuestión.

Con la información obtenida de umbrales óptimos de fósforo para ambas leguminosas, se espera poder establecer grupos de suelos que permitan aplicar los resultados a dominios de inferencia más amplios.

## BIBLIOGRAFÍA

**BORDOLI, J.M., J. CASELLA, O. CASANOVA, A.P. MALLARINO, Y A. RABUFFETTI.** 1982. Fertilización fosfatada de pasturas de Trébol rojo y raigrás en suelos de la cuenca lechera. 5ta. Reunión Técnica. Facultad de Agronomía, Montevideo.

**BORDOLI, J.; MALLARINO, A.** 1998. Deep and shallow banding of phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till Corn. En: *Agronomy journal*. 90:27-33.

**BRAY, R.H.; KURTZ, L.T.** 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59:39-45.

**CASTRO, J.L.; ZAMUZ, E.M. DE; BARBOZA, S.** 1981 Fertilización de pasturas en el Litoral Oeste del Uruguay. *Investigaciones Agronómicas (CIAAB)*, 2 (1): 56-67.

**CORRENDO, A. A., SALVAGIOTTI, F., GARCÍA, F. O. Y GUTIÉRREZ-BOEM, F. H.** 2017b. Modified ALCC Excel Tool. (v3. xlsx). [Software de cómputo]. Buenos Aires, Argentina. International Plant Nutrition Institute. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/317953836\\_Modified\\_ALCC\\_Excel\\_Tool](https://www.researchgate.net/publication/317953836_Modified_ALCC_Excel_Tool).

**CORRENDO, A.** 2018. Variables asociadas a la respuesta a la fertilización con nitrógeno y fósforo en maíz y soja en región pampeana. Tesis de Msc Universidad de Buenos Aires. Area Ciencias del Suelo. 165 pp.

**DAHNIKE, W. C. Y OLSON, R. A.** 1990. Soil test correlation, calibration and recommendation. En Westerman, R. L. (Ed.). *Soil testing and plant analysis*. Soil Science Society of America Book Series N°3. Madison, Wisconsin, EE.UU.: SSSA. P. 45-71.

**DYSON, C.; CONYERS, M.** 2013. Methodology for online biometric analysis of soil test – crop response datasets. *Crop & pasture Science*, 64, 435-441.

**LARSEN, S.** 1977. Evaluation of native and residual phosphorus in soil as a source of phosphorus for plants. En: Blair, G.J., (ed.). *Prospects for improving efficiency of phosphorus utilization; proceedings*. Armidale: Armidale University of New England. p. 31-33.

**MALLARINO, A.P.; CASANOVA, O.** 1984. Fertilización fosfatada de leguminosas forrajeras en suelos de texturas medias y finas. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay*, 2 (3): 196-203.

**MALLARINO, A. O.; BLACKMER, A.** 1992. Comparison of methods for determining critical concentrations of soil test phosphorus for Corn. *Agronomy Journal* 84:850-856.

**MARINO, M, A; ECHEVERRÍA, H.** 2018. Diagnóstico de requerimiento de fósforo para alfalfa (*Medicago sativa L*) en argiudoles. En: *Agriscientia*. Vol, 35:1124.

**RISSO, D.; CUADRO, R.; MORON, A.** Respuesta de un mejoramiento de campo a estrategias de fertilización fosfatada sobre un suelo de basalto. Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto. Montevideo, Serie técnica 217. UY: INIA, p. 35-53.

**RON, M.** 2014. Algunos Saberes implícitos en la calibración de análisis de suelos. En: XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II reunión nacional "Materia Orgánica y sustancias húmicas". Bahía Blanca.

**RUBIO G., M.J. CABELLO, Y F. GUTIERREZ BOEM.** 2007. ¿Cuánto fósforo hay que aplicar para alcanzar el umbral crítico de fósforo disponible en el suelo? II. Cálculos para las zonas Sur y Norte de la Región Pampeana. *Informaciones Agronómicas* 35: 6-10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

**ZAMALVIDE, JP.** 1992. Dinámica de fósforo en los suelos con especial referencia a la disponibilidad en rotaciones de cultivos y pasturas. *Rev. INIA Inv. Agr.* 1: 85 - 93.

**ZAMUZ, E.M. DE; CASTRO, J.L.** 1974. Evaluación de métodos de análisis de suelos para determinar fósforo asimilable. Montevideo: CIAAB. 15 p. (Boletín Técnico; 15).