

# Sistema de soporte para la recomendación de fertilización fosfatada en pasturas

R. Cuadro<sup>1\*</sup>, J.H. Molfino<sup>2</sup>, y A. Quincke<sup>1</sup>

- *Los suelos del Uruguay son naturalmente deficientes en su capacidad de suministro de fósforo. Así, el fertilizante fosfatado es un insumo central en pasturas a base de leguminosas.*
- *Las recomendaciones vigentes presentan limitantes para implementar un adecuado manejo de la fertilización fosfatada en forma generalizada a nivel de país.*
- *Este trabajo describe un sistema de soporte, actualmente en desarrollo, para la recomendación de fertilización fosfatada en pasturas.*

## Introducción

La competitividad de la producción de carne y leche de Uruguay se basa en gran medida en la rentabilidad del sistema pastoril. A su vez, es ampliamente conocido que se necesita contar con especies leguminosas forrajeras para aumentar la producción de forraje, tanto en cantidad como en calidad, y así lograr intensificar la producción pecuaria (Milot et al., 1987). Sin embargo, los suelos del Uruguay son naturalmente deficientes en su capacidad de suministro de fósforo (P) (Morón, 2008, Barbazán et al., 2007). Por lo tanto, el fertilizante fosfatado es un insumo central en pasturas a base de leguminosas.

Varios autores nacionales han revisado y resumido la trayectoria de experimentación e investigación sobre el tema (Morón, 2007; Bordoli, 2007). En general, se reconoce que las pautas y recomendaciones vigentes presentan limitantes para implementar un adecuado manejo de la fertilización fosfatada en forma generalizada a nivel de país.

El objetivo general es desarrollar un sistema de soporte para la recomendación de fertilización de pasturas, que tendrá los siguientes atributos generales:

- **Fácil acceso.** El acceso al sistema debe ser fácil, amigable y gratuito a través de internet ("sistema on-line").
- **Suelo-específico.** Las respuestas del sistema deben contemplar particularidades agronómicas relevantes (principalmente el tipo de suelo, la fertilidad actual, tipo de pastura).
- **Bases científicas.** Las respuestas del sistema deben estar basadas en el conocimiento vigente, producto de la investigación y experimentación científica.
- **Actualización continua.** Dicha base de información puede y debe ser actualizable y mejorable, conforme se producen nuevos resultados relevantes y pertinentes.
- **Retroalimentando investigación.** El sistema permitirá informar a la comunidad de investigación agronómica para priorizar futuros trabajos.

## Metodología

### Base experimental

Entre los años 2008 y 2012 se llevó a cabo una red de experimentos de fertilización fosfatada de pasturas, ubicados sobre diversos suelos de las principales zonas pecuarias del país (**Figura 1**) y que fueron instalados y manejados con un protocolo común de evaluaciones.

El objetivo general fue estudiar la respuesta a P en leguminosas forrajeras para un amplio rango de suelos del país. El experimento fue diseñado para evaluar el efecto de dos tipos de fertilizantes (fuente soluble o roca fosfórica) sobre dos especies (*Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*). Se utilizaron dos profundidades de muestreo (0-7.5 y 7.5-15 cm) y tres métodos de extracción de P (Bray-1, resinas catiónicas y ácido cítrico) como indicadores de disponibilidad de P en suelo. Los principales resultados son: la eficiencia de la roca

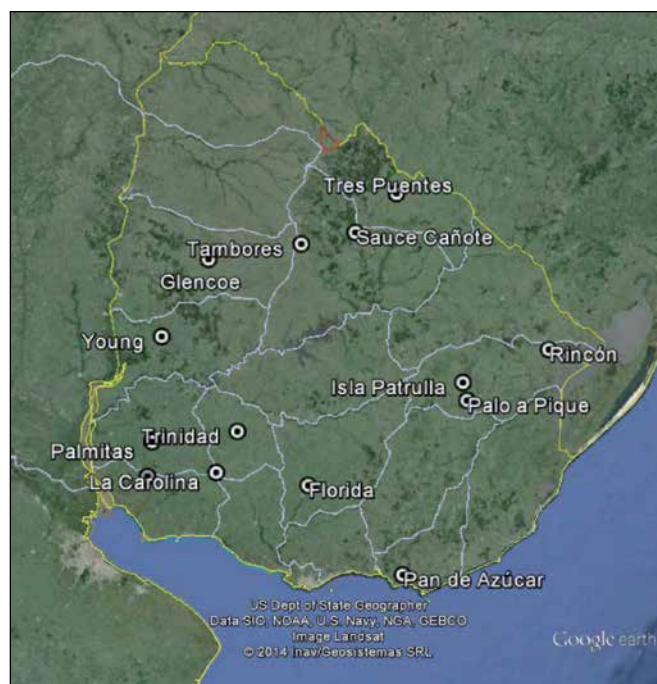


Figura 1. Mapa de ubicación de los 14 sitios experimentales de la red de fertilización de pasturas (2008-2012).

<sup>1</sup> Ings. Agrs. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

<sup>2</sup> Ing. Agr. Consultor Independiente

\* Autor de contacto. Correo electrónico: rcuadro@tb.inia.org.ar

**Tabla 1. Identificación y características edáficas de los 14 sitios experimentales de la red de fertilización de pasturas.**

Nombre sitio	Zona agroecológica	Tipo de suelos	Unidad de suelos*	Material generador	Grupo CONEAT**
La Carolina	Sedimentos / Cristalino	Brunosol Éútrico Vértico	La Carolina	Sedimentos cuaternarios sobre Cristalino	10.12
Trinidad	Sedimentos gravillosos / Cristalino	Brunosol Subéútrico	Isla Mala	Sedimentos con gravillas sobre Cristalino	10.3; 5.4
Florida	Cristalino	Brunosol Dístrico Háplico	San Gabriel-Guaycurú	Cristalino	5.02b
Pan de Azúcar	Sierras rocosas del Este	Inceptisol	Sierra de Aiguá, Sierra de Ánimas	Cristalino	2.11a
Palo a Pique	Lomadas del Este	Brunosol Subéútrico Lúvico	Alférez	Sedimentos poco espesos y gravillosos sobre Cristalino	10.7
Isla Patrulla	Sierras no rocosas del Este	Luvisol	Cerro Chato, Bañado del Oro	Sedimentos con gravillas sobre Cristalino alterado	2.13; 2.20
Tres Puentes	Noreste	Brunosol Subéútrico	Tres Puentes	Sedimentos Pelíticos Grises	6.13
Rincón	Bajos del Este	Planosol Subéútrico	Río Branco	Sedimentos limo arcillosos	3.52
Sauce Cañote	Bajos del Noreste	Planosol Dístrico	Río Tacuarembó	Sedimentos	G03.21
Tambores	Basalto profundo	Brunosol Éútrico Vértico	Itapebí - Tres Árboles	Sedimentos limo arcillosos sobre Basalto	12.11; 12.21
Glencoe	Basalto profundo	Vertisol Háplico	Itapebí - Tres Árboles	Sedimentos limo arcillosos sobre Basalto	12.11; 12.21
Ombúes	Litoral Oeste / Libertad	Vertisol Típico	Risso, Libertad	Sedimentos cuaternarios	10.1; 10.8b; parte de 10.5
Young	Litoral Oeste / Fray Bentos	Brunosol Éútrico Vértico	Young, Bequeló	Sedimentos cuaternarios sobre Fray Bentos	11.5; 11.6; parte de 11.4
Palmitas	Litoral Oeste / Cretáceo	Brunosol Subéútrico	Cuchilla del Corralito	Sedimentos arenosos sobre Cretáceo	9.5

\* Unidad de Suelos según la Carta de Reconocimiento de Suelos 1:1 millón (MAP/DSF, 1976)  
 \*\* Grupo CONEAT según MGAP/DGRNR/CONEAT (1994)

fosfórica como fuente de P según suelos, la calibración de métodos de análisis de P extractable según tipo de suelo y fuente de P (es decir niveles críticos ajustados), y determinar el *Equivalente Fertilizante* para distintos suelos y según fuentes de fertilizantes.

Las principales características edáficas de los sitios de la mencionada red se presentan en el **Tabla 1**.

### *Estudio de dominios de inferencia*

La investigación agronómica en el área de fertilización de

pasturas está basada en estudios “multi-sitio”, ensayos en redes, o repeticiones de ensayos en distintos sitios, a los efectos de abarcar y comprender la variabilidad debido a las particularidades edáficas (o de distintos “tipos de suelo”).

Se realizó un estudio de dominios de inferencia para poder clasificar y extrapolar los resultados experimentales y, en definitiva, poder realizar inferencias a nivel nacional. Para ello se usó la clasificación desarrollada por un equipo de expertos edafólogos para la Comisión Nacional de Estudios

Agroeconómicos de la Tierra (CONEAT) y su cartografía (MGAP/DGRNR/CONEAT, 1994). El mapa CONEAT está basado en 188 unidades de mapeo (llamados grupos CONEAT), a una escala 1:20 000 y es el único en el país generalizable a nivel predial, y es ampliamente conocido y utilizado por técnicos y productores. Se realizó una re-interpretación de la información disponible para fusionar grupos CONEAT, utilizando las siguientes características de los suelos:

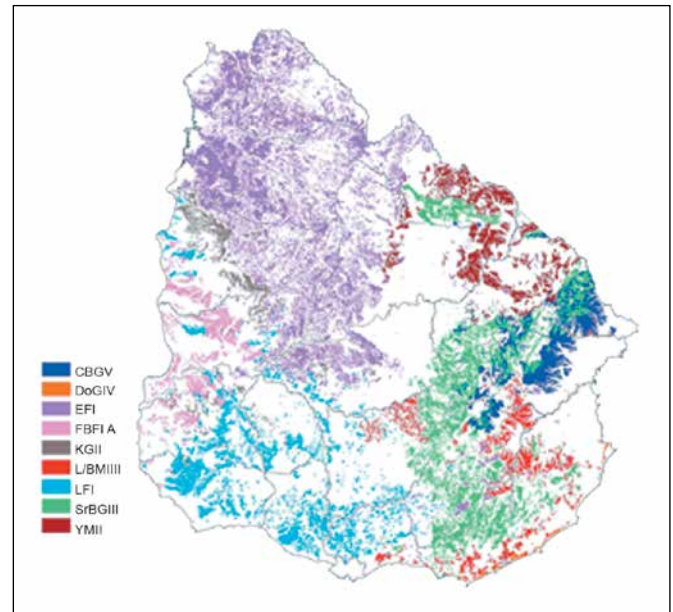
- Material generador, porque incide en el porcentaje y el tipo de arcilla, en el porcentaje y calidad de materia orgánica y en el ciclo de nutrientes, además de influir en el relieve de los grupos CONEAT;
- Textura, fácilmente reconocible en las observaciones de campo aún antes del análisis granulométrico;
- Propiedades químicas: materia orgánica, suma de bases, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación, pH, porcentajes de Al, Na y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y presencia de CO<sub>3</sub>Ca.

Como resultado de este análisis se obtuvieron 34 dominios de inferencia. Los resultados obtenidos en la red de fertilización de pasturas proveen información para nueve de ellos. En la **Figura 2** se presentan las zonas del país sobre las cuales, con los resultados de la mencionada red, sería posible efectuar recomendaciones de fertilización fosfatada en pasturas. El sistema prevé poder integrar resultados generados anteriormente

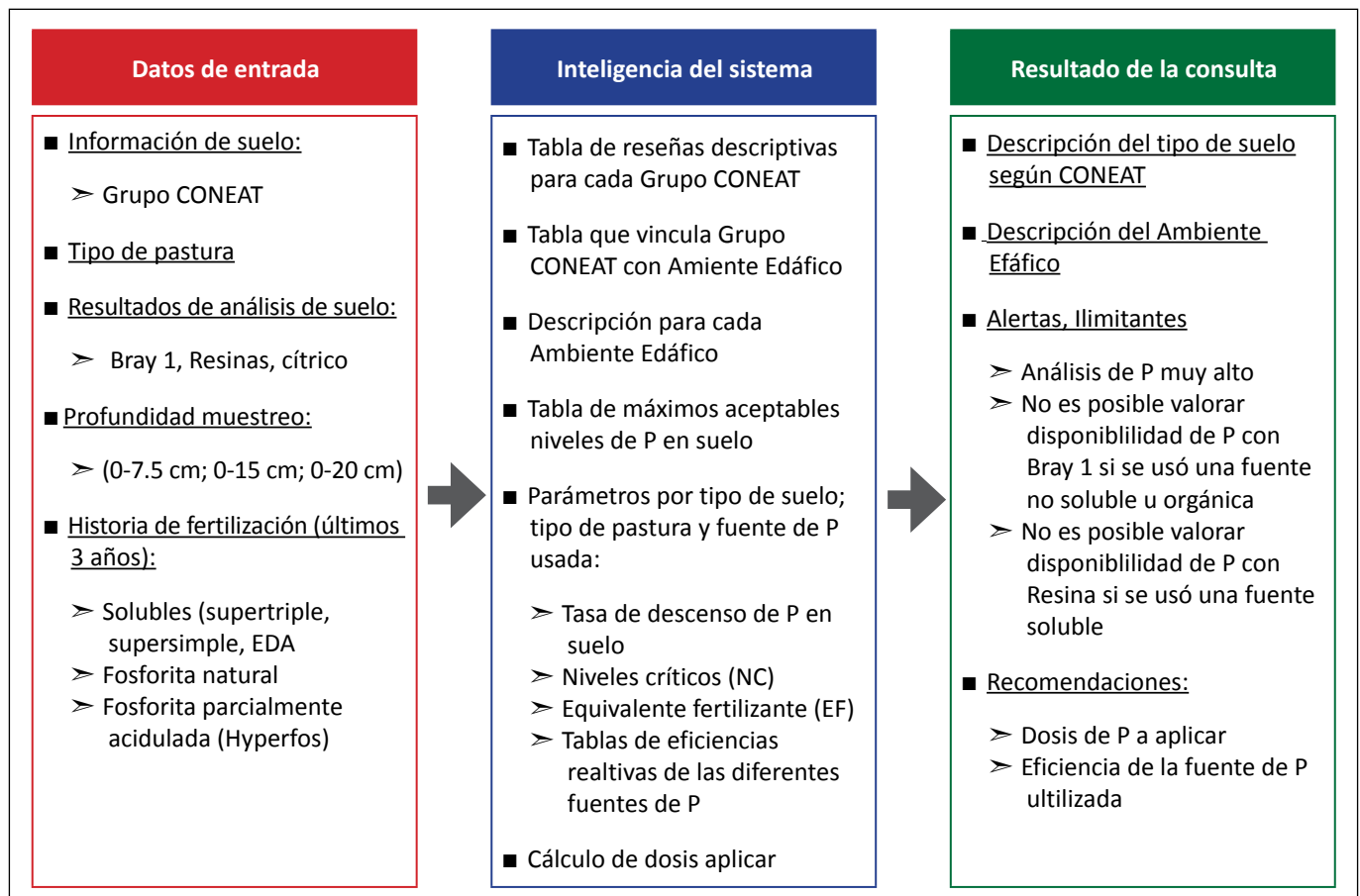
y/o en otros experimentos, y así aumentar la base de información que da sustento al mismo.

### Bases del sistema para orientar recomendaciones de fertilización fosfatada de pasturas

El funcionamiento general del sistema está resumido



**Figura 2. Distribución geográfica de los nueve dominios de inferencia en los que se dispone información a partir de los resultados generados en la red de fertilización.**



**Figura 3. Diagrama del funcionamiento general del sistema de soporte para la recomendación de fertilización fosfatada en pasturas.**

gráficamente en la **Figura 3**. Básicamente, el usuario deberá ingresar información del grupo CONEAT, nivel actual de P en el suelo (especificando el método de análisis y profundidad de muestreo) y la pastura a fertilizar. También se requerirá (o será deseable) indicar tipo de fertilizante fosfatado empleado en la historia reciente (Fuentes solubles o roca fosfórica), pues esto condiciona la interpretación de los análisis de suelos.

La información de salida consistirá en una sugerencia de dosis ( $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>), una medida de la eficiencia de la fosforita natural (respecto a la fuente soluble), una medida la eficiencia de respuesta (expresada como los kg de materia seca producidos por cada kg de  $P_2O_5$  aplicado), y una advertencia de posibles excesos de P en el suelo, en caso que corresponda.

La matriz de ecuaciones generadas está apoyada en una base de datos que tiene la particularidad de que es “dinámica”; esto significa que a medida que se vayan generando nuevos datos relacionados a respuesta a la fertilización, los mismos pueden ser incorporados para de esta manera ir mejorando el ajuste o incorporando suelos donde la red no ha generado información. La incorporación de información nueva va estar sujeta a un estudio previo por parte de una comisión especializada que valorará la pertinencia de dicha información.

### Consideraciones finales

Se espera que un sistema de soporte para recomendaciones de fertilización de pasturas permitirá acceder y utilizar la información experimental existente, con el resultado de que se logrará una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes fosfatados a nivel de sistema de producción. Esto estará basado especialmente por un mejor ajuste de los parámetros que son necesarios para efectuar la recomendación de la dosis de P. El ajuste de la fertilización fosfatada en base a indicadores objetivos debería además contribuir a mitigar los problemas de concentración excesiva de P en el suelo, contribuyendo a disminuir los riesgos de contaminación de aguas debido a dicho nutriente. La determinación de los niveles críticos ajustados por tipo de suelo, permitirá manejar las pasturas en base a leguminosas en una condición de fertilidad más ajustada al potencial de producción de acuerdo al ambiente donde se encuentren implantadas.

### Bibliografía

- Barbazán, M., M. Ferrando, y J. Zamalvide. 2007. Estado nutricional de *Lotus corniculatus* L. en Uruguay. *Agrociencia*, 11(1):22-34.
- Bordoli, J.M. 2007. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas. En: Manejo de la fertilidad en sistemas extensivos (Cultivos y Pasturas). Unidad de Educación Permanente y Postgrado. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 71-79.
- Millot, J., D. Risso, y R. Methol. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay: Informe técnico para la Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Montevideo: MGAP. 199 p.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca - DGRNR - CONEAT. 1994. Índice de productividad. Grupos CONEAT.
- Ministerio de Agricultura y Pesca – Dirección de suelos y fertilizantes. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1/1 000 000 y clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. Tomo 3. 452 p.
- Morón, A. 2007. Avances hacia a una nueva guía de fertilización de pasturas. En: Seminario Internacional de Nutrición Vegetal (Paysandú, Uruguay, 2007). Criterios para la Fertilización de cultivos y pasturas. Paysandú: UDELAR. EEMAC, Facultad de Agronomía.
- Morón, A. 2008. Relevamiento del estado nutricional y la fertilidad del suelo en cultivos de trébol blanco en la zona Este de Uruguay. En: Seminario de actualización técnica: fertilización fosfatada de pasturas en la región este, INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. Serie Técnica; 172:17-29.