

SUMAR FÓSFORO, HACE LA DIFERENCIA

FERTILIZACIÓN DE “P” EN PASTURAS



MANUAL TÉCNICO FICHAS 59 A 64



FERTILIZACIÓN CON “P” EN PASTURAS

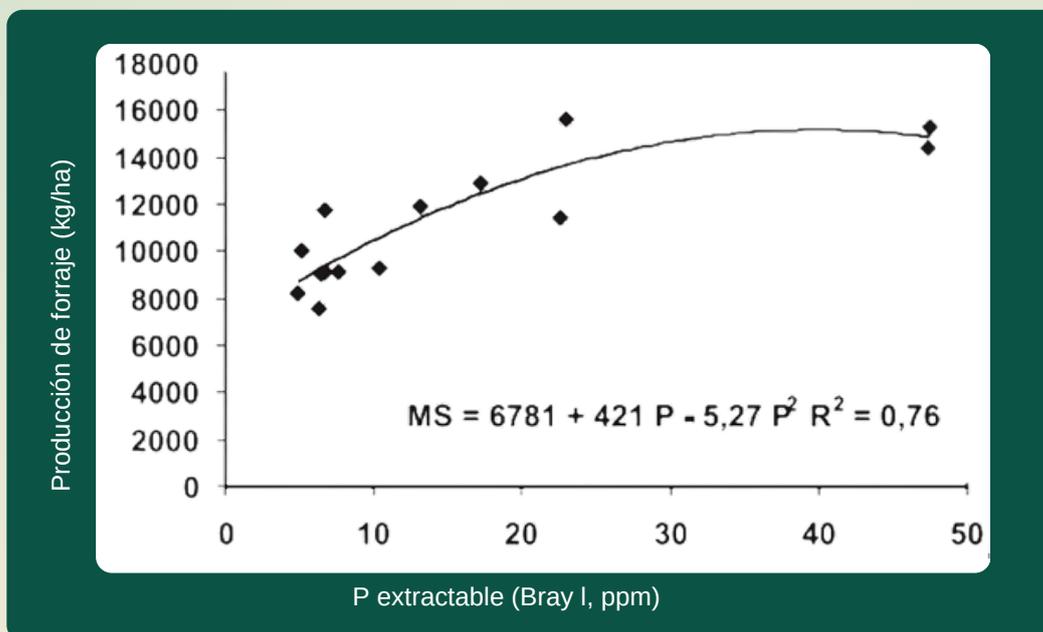
ÍNDICE

#58 - <u>REQUERIMIENTOS DE FÓSFORO DE LAS PASTURAS</u>	1
#59 - <u>VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS REQUERIMIENTOS DE FÓSFORO DE LAS PASTURAS</u>	3
#60 - <u>DIAGNÓSTICO DE DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN PASTURAS</u>	4
#61 - <u>PRODUCCIÓN DE PASTURAS Y APLICACIÓN DE FÓSFORO</u>	5
#62 - <u>RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE FÓSFORO EN PASTURAS</u>	7
#63 - <u>RESPUESTA ECONÓMICA A LA APLICACIÓN DE FÓSFORO EN PASTURAS</u>	8
#64 - <u>RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN PASTURAS</u>	10



La fertilización de pasturas con fósforo aumenta la cantidad, persistencia y calidad del forraje producido, pudiendo de esta manera elevar la producción animal por unidad de superficie. Las pasturas tienen requerimientos de fósforo que varían de acuerdo a la edad, nivel de crecimiento y a la composición de especies que la compongan. Los valores más altos de requerimiento por unidad de materia seca producida se refieren a estados jóvenes de las plantas en crecimiento. Los requerimientos de fósforo también varían con la forma de corte o cosecha del forraje: son máximos cuando se realiza una cosecha mecánica del forraje para pastoreo diferido o confección de reservas

La fertilización de pasturas con fósforo aumenta la cantidad, persistencia y calidad del forraje producido, pudiendo de esta manera elevar la producción animal por unidad de superficie, aunque en Argentina la práctica de fertilización en pasturas tiene un nivel de alcance muy limitado.



Fte: Berardo y Marino, 2000.

Las deficiencias nutricionales no sólo afectan la productividad de las pasturas, sino también la acumulación de materia orgánica del suelo, limitando la productividad del mismo en el mediano plazo.

Las pasturas tienen requerimientos de fósforo que varían de acuerdo a la edad, nivel de crecimiento y a la composición de especies que la compongan.

Requerimientos de fósforo de las pasturas

Especie	Requerimiento por Tn (Kg P/Tn MS)	Requerimiento de Alta Producción (16000 kg/ha)	Requerimiento de Producción Media (8000 kg/ha)
Alfalfa	2 - 4	32 - 64	16 - 32
Trébol rojo	2,7 - 3,2	43 - 51	22 - 26
Trébol blanco	3,4	54	27
Pasto Ovillo	3,6	58	29
Festuca	3,5 - 4	56 - 64	28 - 32
Raigrás	2,4 - 3,7	38 - 59	19 - 30
Gramíneas de verano (C4)	2,5 - 3,5	40 - 56	20 - 28

Los valores más altos de requerimiento por unidad de materia seca producida se refieren a estados jóvenes de las plantas en crecimiento, ya que cuando van creciendo los requerimientos por unidad de biomasa disminuyen, lo que se conoce como “dilución de los nutrientes”, lo cual ha sido comprobado en el caso del fósforo.

Los requerimientos de fósforo también varían con la forma de corte o cosecha del forraje. Cuando se hace pastoreo directo por el animal, algo del nutriente consumido vuelve al suelo (en general en forma muy desuniforme en el espacio) a través de las deyecciones líquidas y sólidas; por el contrario, cuando se realiza una cosecha mecánica para pastoreo diferido o confección de reservas (silos, rollos, etc), la extracción es completa, muchas veces dejando escasa biomasa remanente, en este caso los requerimientos son máximos.

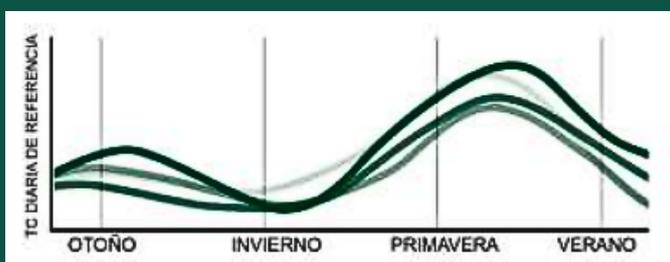
Más allá de la disponibilidad de fósforo, la fertilización con este elemento puede conducir a una mejor nutrición con nitrógeno, el nutriente que más suele limitar el crecimiento de las pasturas, por dos vías: a) un mayor crecimiento radicular y b) en las leguminosas (alfalfa, tréboles, lotus) la adecuada provisión de fósforo es esencial para garantizar un correcto funcionamiento de los nódulos que alojan las bacterias (Rizobios) que fijan nitrógeno atmosférico desde el aire (FBN), por lo cual la fertilización con fósforo es una práctica ineludible para fomentar la participación de las leguminosas en la pastura.

Más allá de las consideraciones sobre las pasturas, debemos recordar que la mayor parte de la superficie destinada a la generación de recursos forrajeros en Argentina se ubica en sistemas con escasa o nula aplicación de insumos, como pueden ser los campos naturales o pastizales, montes, islas, bajos inundables, etc, que también pueden ser beneficiados con una mejora en la nutrición fosforada.

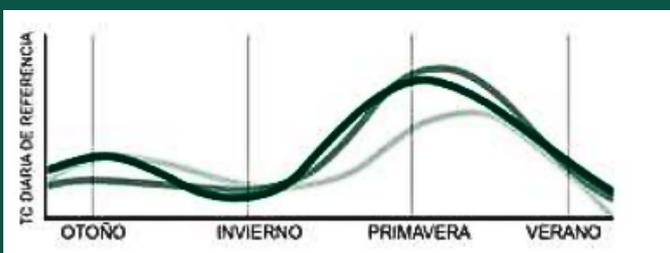
Las pasturas, al estar compuesta por especies de ciclo perenne, varían sus requerimientos, de acuerdo con los niveles de crecimiento en biomasa en cada momento del año. Las especies de ciclo de vida otoño-inverno-primaveral, presentan los requerimientos de fósforo más altos a fines de invierno y primavera. Por su parte, las especies de ciclo primavera-estivo-otoñal, tienen sus máximos requerimientos en primavera y verano.

Las pasturas, al estar compuesta por especies de ciclo perenne, varían sus requerimientos durante las estaciones de crecimiento del año, de acuerdo a los niveles de crecimiento en biomasa en cada momento del año.

Variación estacional de los requerimientos de "P"



- Alfalfa
- Lotus
- Trebol blanco
- Trebol rojo



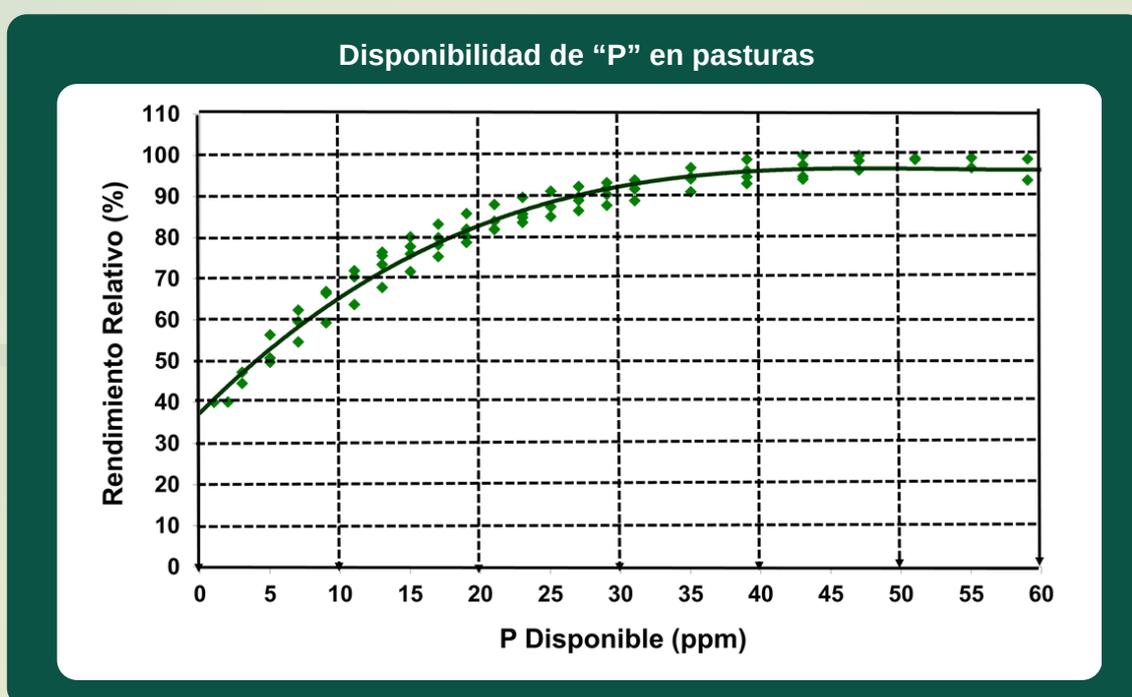
- Frescura alta
- Agropiro
- Pasto ovilo

Las especies de ciclo de vida otoño-inverno-primaveral (OIP: Trébol Blanco, Festuca, Pasto Ovillo, Agropiro, Raigrás, etc.) presentan los requerimientos de fósforo más altos a fines de invierno y primavera, acumulando en ese período entre el 50 y el 70% del forraje producido en el año. Por su parte, las especies de ciclo primavera-estivo-otoñal (PEO: Alfalfa, Trébol Rojo, Pasto Miel, etc.) tienen sus máximos requerimientos en primavera verano, lo que permite una mayor provisión desde el suelo a través de la mineralización de la materia orgánica del suelo y liberación de los nutrientes en momentos de altas temperaturas.

Fte: Marino y Berardo, 2014.

La probabilidad de respuesta en producción de forraje a la aplicación de fósforo puede ser correctamente caracterizada por el análisis de fósforo extractable en suelos. Se han informado niveles críticos para el cultivo de alfalfa entre 25 y 30 ppm de fósforo extractable; si se decide una refertilización a partir del 2º año, se sugiere reducir el umbral crítico en 2-3 ppm. Cuando se utiliza la herramienta del análisis de suelos para ir monitoreando la provisión de fósforo en el ciclo de cultivo de las pasturas, es importante realizar el muestreo del suelo en el mismo momento del año. Las pasturas suelen componerse de cultivos perennes, por lo que el análisis de concentración de fósforo en plantas es una herramienta adicional que puede usarse para corregir deficiencias de este nutriente.

La probabilidad de respuesta en producción de forraje a la aplicación de fósforo puede ser correctamente caracterizada por el análisis de fósforo extractable en suelos, con extractante Bray & Kurtz 1 en la mayoría de las regiones productivas de Argentina.



Rendimiento relativo de la alfalfa en función del nivel de fósforo extractable.

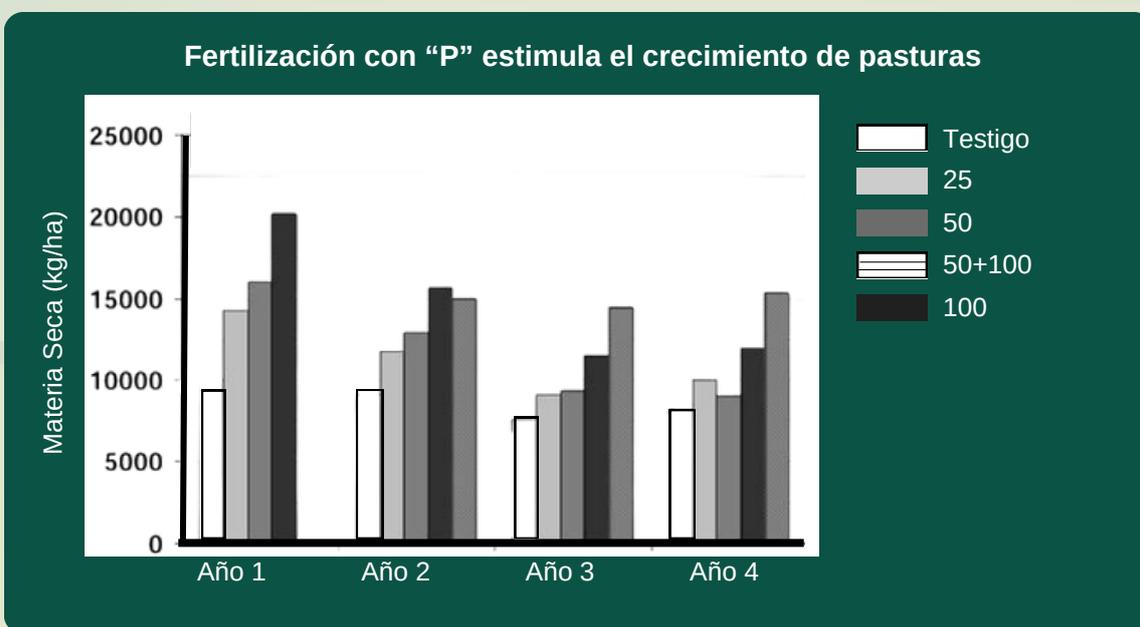
Fte: Quintero y Boschetti 2020, con datos de Berardo y Marino (2000), Vivas y Quaino (2000) y Quintero y Col. (2000).

Se han informado niveles críticos para el cultivo de alfalfa entre 25 y 30 ppm de fósforo extractable, lo que implica que la mayoría de los suelos donde se cultiva presenta altas chances de probabilidad de respuesta a este nutriente. Para el caso de decidir una refertilización a partir del 2do año, se sugiere reducir el umbral crítico en 2-3 ppm, debido a que las plantas tienen un sistema radicular ya desarrollado. Cuando se utiliza la herramienta del análisis de suelos para ir monitoreando la provisión de fósforo en el ciclo de cultivo de las pasturas, es importante realizar el muestreo del suelo en el mismo momento del año, debido a fluctuaciones estacionales en la absorción del elemento y en la liberación del nutriente, especialmente desde la materia orgánica del suelo vía mineralización. Como la mayor parte de los requerimientos se dan en primavera, sería recomendable que el momento del muestreo sea a principios de esta estación. Las pasturas suelen componerse de cultivos perennes, por lo que el análisis de concentración de fósforo medido en plantas es una herramienta adicional que puede usarse para corregir deficiencias de este nutriente, modalidad que no es de utilidad en cultivos anuales con poca oportunidad de corrección de estos déficits. Para obtener este análisis, se suele muestrear una cantidad de plantas enteras representativas del lote, dejando un remanente de corte entre 5 y 8 cm de altura.

Fte: Marino y Berardo, 2014.

La fertilización con fósforo, al estimular el crecimiento, también adelanta el momento de posibilidad de utilización del forraje, anticipando la oferta de este. Las pasturas de alfalfa o base alfalfa tienen altas respuestas a la aplicación de P: en Santa Fe, se observaron aumentos de producción entre 35 y 47% y en el Sudeste bonaerense aumentos de hasta un 100%. En pasturas consociadas, la fertilización con fósforo estimula el crecimiento de las plantas que componen la mezcla, para que haya una respuesta relevante es importante cubrir también los requerimientos de nitrógeno de las especies gramíneas.

La producción en cantidad y la persistencia de las pasturas se ve afectada por la disponibilidad de fósforo, y la interacción entre este elemento y otros nutrientes importantes como el nitrógeno y el azufre. La fertilización con fósforo, al estimular el crecimiento, también adelanta el momento de posibilidad de utilización del forraje, anticipando la oferta del mismo.

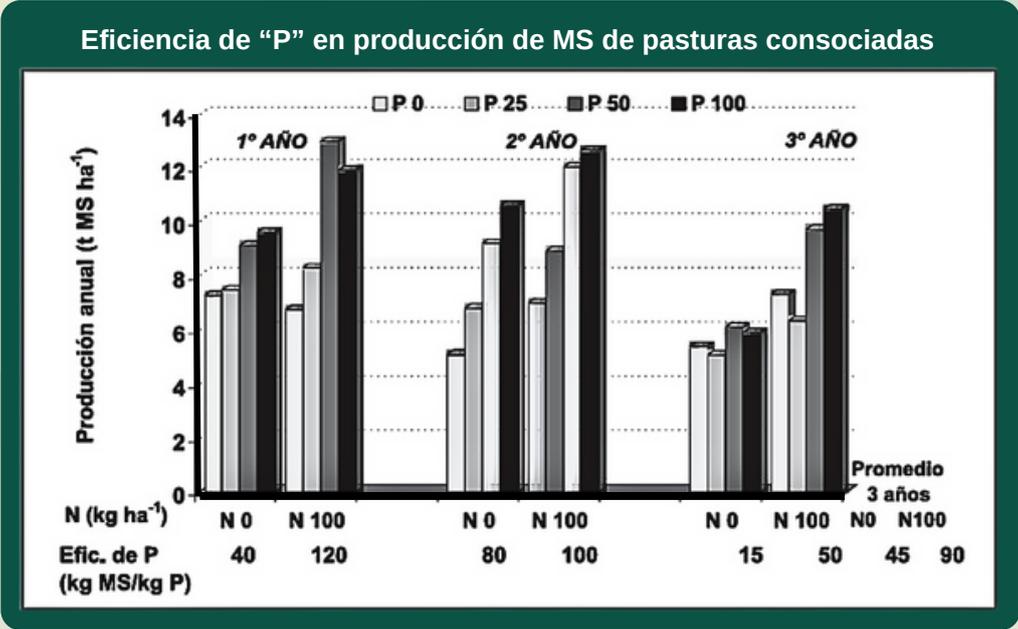


Producción de MS de alfalfa con distintas dosis de fósforo aplicados a la siembra (25, 50 y 100) y con una dosis de refertilización anual (50+100). Nivel de P extractable a la siembra 10 ppm.

Fte: Berardo y Marino, 2000

Las pasturas de alfalfa o base alfalfa tienen altas producciones, y por ello altos requerimientos. Se han informado en Santa Fe aumentos de producción entre 35 y 47%, y aún más altos cuando se combinó a la fertilización fosforada con el agregado de azufre, mientras que en el sudeste bonaerense se observaron aumentos de hasta un 100% en la producción de forraje con la aplicación de diferentes dosis de fósforo (dosis máxima 100 kg de P elemento por hectárea). En pasturas consociadas, con niveles de producción algo menores, la fertilización con fósforo estimula el crecimiento de las plantas que componen la mezcla, pero para que haya una respuesta relevante de la aplicación de fósforo, es importante cubrir los requerimientos de nitrógeno de las especies, 106 particularmente de las especies gramíneas, observándose las mayores respuestas con disponibilidades óptimas de ambos nutrientes.

Eficiencia de "P" en producción de MS de pasturas consociadas



Producción de MS de pasturas consociadas (festuca, cebadilla criolla, pasto ovido, trébol rojo y trébol blanco) con distintas dosis de fósforo aplicados a la siembra (0, 25, 50 y 100) y de nitrógeno (0 y 100 kg/ha). Nivel de P extractable a la siembra 10 ppm.

Fte: Marino y Berardo, 2000 Fte: Marino y Berardo, 2014.

Las respuestas de la aplicación de fósforo a las pasturas dependen de la composición de las mismas y de los niveles de fósforo inicial. Revisando experimentos de 3 años se citan eficiencias acumuladas entre 128 y 200 kg MS/kg de P en pasturas consociadas y entre 110 y 228 kg de MS/kg de P en pasturas de alfalfa.

Las respuestas de la aplicación de fósforo a las pasturas dependen de la composición de las mismas. Por ejemplo, las respuestas de las leguminosas a la aplicación de fósforo son más altas que las de las gramíneas, ya que son especies más exigentes en este nutriente.

Recurso forrajero	Zona	Comentarios	Dosis (Kg P/ha)	Producción (Kg MS/ha)	Eficiencia de uso (Kg MS/kg P)	Referencia
Pradera	Azul (Bs As)	Festuca y T Rojo	16		294	Marchegiani y Satorre, 1981
pasturas	Oeste Entre Ríos	Base Alfalfa L. corniculatus y festuca	0 32	4094 7321	100	Quintero et al. 1995
pasturas	Entre Ríos	Refertilización	0 16 + 8	9708 13371	153	Quintero et al. 1997
pasturas	Balcarce (Bs As)	3 años	0 22 44	9200 12970 17039	171 178	Berardo, 1996
pasturas	Balcarce (Bs As)	3 años O N con 100 N	0 50 50	17792 24432 34743	133 274	Berardo, 1998
Alfalfa	Balcarce (Bs As)	Primer año Residual año 2 Residual año 3 total 3 años	100		97 62 34 194	Berardo, 1998
Pastizal natural	Cnel. Vidal (Bs As)	Fertilización en cobertura	20		70	Costa y García, 1997
Trebol rojo	Este Entre Ríos	20 meses	30 60		238 144	De Battista y Costa, 1998
pasturas	Este La Pampa	18 meses	0 67	17589 23187	84	Duarte y Díaz Zorita, 2003

Eficiencia agronómica de fósforo en ensayos con pasturas y pastizales de la Región Pampeana.

Fte: *García, 2006. (Marino y Berardo, 2014).*

Revisando experimentos de 3 años citan eficiencias acumuladas entre 128 y 200 kg MS/kg de P en pasturas consociadas (los valores más bajos corresponden a situaciones sin fertilización nitrogenada), y entre 110 y 228 kg de MS/kg de P en pasturas de alfalfa. Los datos aportados apoyan la idea de que la eficiencia de uso del fósforo también se afecta por el nivel de nutrición nitrogenada: se observaron en el sudeste bonaerense respuestas a la aplicación de fósforo cuando se aplicó fertilizante nitrogenado que duplicaron a las respuestas sin nitrógeno (90 vs 45 kg MS por kg de P aplicado).

Fte: *Marino y Berardo, 2014. García, F. 2006.*

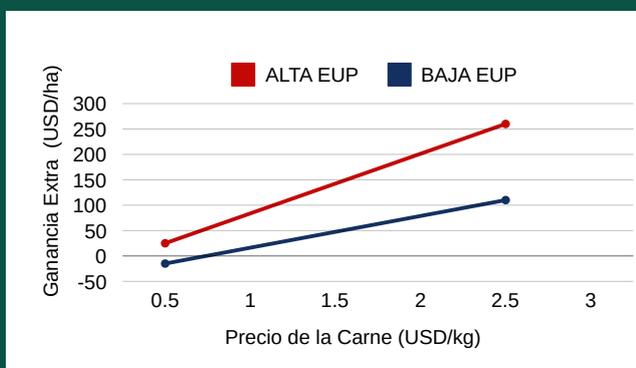
La respuesta física de la aplicación de fósforo condiciona la rentabilidad económica de la práctica. Aún con eficiencias relativamente bajas del fósforo aplicado, los incrementos factibles en la producción de carne por aumentos en el forraje derivados de la fertilización fosforada derivan en márgenes de rentabilidad atractivos, aún con precios de fertilizantes elevados.

La respuesta física de la aplicación de fósforo condiciona la rentabilidad económica de la práctica.

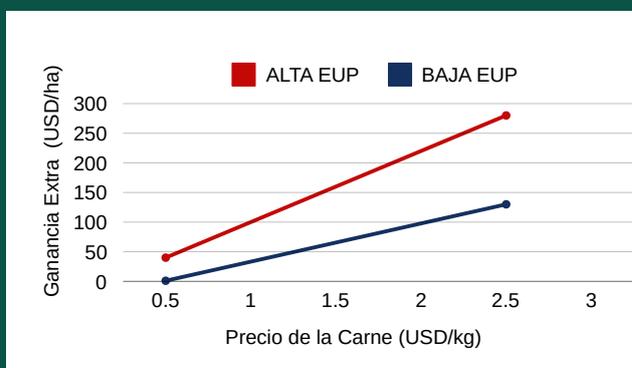
Período	Tipo de pasturas	Respuesta (kg MS/ha/año/kg P aplicado)
Anual	Alfalfa	70 - 100
Anual	pasturas consociada	40 - 50
Anual	pasturas consociada + N	90 - 100
Acumulada 3-4 años		200 - 250

Respuesta en materia seca producida (MS) por unidad de fósforo aplicado. Fte: Marino y Berardo, 2020.

Valor del MAP: 975 U\$\$/Tn (Mar 2024)



Valor del MAP: 682 U\$\$/Tn (2014-2024)



Respuesta económica a la aplicación de 20 kg de fósforo por hectárea, considerando una transformación de 1 kg de carne por 15 kg de MS de forraje. Las flechas indican el precio de la carne en abril de 2024 (aproximadamente 2 U\$\$/kg). Baja EUP: 45 kg MS/kg de P; Alta EUP: 90 kg MS/kg de P.

Fte: FERTILIZAR AC, en base a datos de EUP de Marino y Berardo, 2020.

Aún con eficiencias relativamente bajas del fósforo aplicado, los incrementos factibles en la producción de carne por aumentos en el forraje derivados de la fertilización fosforada derivan en márgenes de rentabilidad elevados, aún con precios de fertilizantes elevados; por ejemplo, con un valor para la carne de 1,5 U\$\$/kg, la aplicación de 20 kg/ha de fósforo puede generar incrementos en las ganancias marginales (valor de la producción extra menos el costo del fertilizante) de entre 52 (eficiencias de uso bajas: 45 kg de MS/kg de P) y 142 U\$\$/ha (eficiencias de uso relativamente altas: 90 kg de MS/kg de 110 P), considerando un valor del Fosfato Monoamónico (MAP) relativamente alto e igual a 975 U\$\$/Tn (Valor en marzo 2024).

EUP (kg MS/kg P)	Valor MAP (US\$/kg)	Valor P (US\$/kg)	Valor Carne (US\$/kg)	Ganancia extra por ha (US\$)
45	0,57	1,1	0,5	8
45	0,57	1,1	1	38
45	0,57	1,1	1,5	68
45	0,57	1,1	2	98
90	0,57	1,1	0,5	38
90	0,57	1,1	1	98
90	0,57	1,1	1,5	158
90	0,57	1,1	2	218
45	0,68	1,31	0,5	3,8
45	0,68	1,31	1	33,8
45	0,68	1,31	1,5	63,8
45	0,68	1,31	2	93,8
90	0,68	1,31	0,5	33,8
90	0,68	1,31	1	93,8
90	0,68	1,31	1,5	153,8
90	0,68	1,31	2	213,8
45	0,975	1,88	0,5	-7,5
45	0,975	1,88	1	22,5
45	0,975	1,88	1,5	52,5
45	0,975	1,88	2	82,5
90	0,975	1,88	0,5	22,5
90	0,975	1,88	1	82,5
90	0,975	1,88	1,5	142,5
90	0,975	1,88	2	202,5

Ganancias marginales en función de Eficiencia de uso del fósforo (EUP), y precios de fertilizante y carne. Se considera una eficiencia de conversión de 1 kg de carne por 15 kg de MS de forraje.

Fte: FERTILIZAR AC, en base a datos de EUP de Marino y Berardo, 2020 y García F, 2006.

Fte: Marino y Berardo, 2020. García F. 2006.

Las dosis de fósforo a aplicar en pasturas pueden ser más elevadas que para los cultivos anuales, ya que, al ser una combinación de una o más especies perennes, las plantas pueden aprovechar el fósforo aplicado en los años subsiguientes a la siembra. Se considera que una aplicación de 20 kg/ha de fósforo pueden sostener una producción de 10 toneladas de materia seca de forraje por hectárea. La textura del suelo influye en la respuesta generada a la fertilización fosforada,

El momento y forma de aplicación recomendada es a la siembra localizada, cerca de la semilla, debido a la escasa movilidad del fósforo en el suelo. Las fuentes más usadas para la fertilización de pasturas son aquellas que combinan una solubilidad rápida con amplia disponibilidad comercial, aunque en pasturas perennes es muy factible el uso de fuentes menos solubles y más económicas como la roca fosfórica.

Como explicamos, las dosis de fósforo a aplicar en pasturas pueden ser más elevadas ya que las plantas pueden aprovechar el fósforo aplicado en los años subsiguientes a la siembra. Es probable que una alta proporción, entre un 70 y un 80% del fertilizante que se aplique a la siembra, sea absorbido por la pasturas en los 4-5 años de producción; en suelos ácidos o muy arcillosos esta proporción es seguramente menor, debiéndose ajustar dosis o fuente. En principio y como regla general, se considera que una aplicación de 20 kg/ha de fósforo pueden sostener una producción de 10 toneladas de materia seca de forraje por hectárea (las plantas precisan más que eso, si se considera que el aporte de fósforo por el suelo puede ser escaso, el aporte debería ser mayor). No obstante, la dosis debe definirse de acuerdo a:

- Contenido de fósforo extractable del suelo
- Composición de especies de la pasturas (o pastizal)
- Nivel de productividad esperado en relación con el clima y al suelo
- Uso complementario de nitrógeno y azufre: si son agregados, la productividad esperada y los requerimientos derivados aumentan
- Eficiencia de cosecha del forraje: si se cosecha para pastoreo diferido o reservas, las dosis deben aumentarse un 20-30%

Existen algunas guías orientativas de necesidad de fertilización con fósforo de acuerdo a la composición del recurso forrajero y el nivel de fósforo extractable (P Bray):

Nivel "P" Bray ppm	Valoración agronómica	Alfalfa	pasturas consociadas	Gramíneas
		Kg P/ha		
< 5	Muy bajo	100 - 125	75 - 100	50 - 75
6 - 10	Bajo	75 - 100	50 - 75	25 - 50
11 - 15	Medio bajo	50 - 75	25-50	10 - 25
16 - 20	Medio alto	25-50	10 - 25	-
21 - 30	Alto	10 - 25	-	-
> 30	Muy alto	-	-	-

La textura del suelo (proporciones de arena, limo y arcilla) influye en la respuesta generada a nivel de producción a la fertilización fosforado, por lo que se han propuesto recomendaciones de fertilización en pasturas de alfalfa de acuerdo a las características texturales de los suelos:



La textura del suelo (proporciones de arena, limo y arcilla) influye en la respuesta generada a nivel de producción a la fertilización fosforada, por lo que se han propuesto recomendaciones de fertilización en pasturas de alfalfa de acuerdo a las características texturales de los suelos:

TIPO DE SUELO			
"P" disponible (ppm)	Franco arenoso a arenoso (arcilla >10%)	Franco a franco limoso (arcilla 10 a 30%)	Franco arcilloso (arcilla >30%)
< 5	> 250	> 300	> 360
5 - 12	250 - 160	300 - 200	360 - 230
12 - 18	160 - 90	200 - 100	230 - 130
18 - 25	< 90	< 100	< 130
Refertilización	80	100	120

Recomendaciones de fertilización con fósforo (en kg de superfosfato triple SPT por ha) para distintos tipos de suelos y niveles de fósforo extractable. Refertilización a partir de 14 ppm.

Fte: Quintero y Boschetti, 2005.

El momento y forma de aplicación recomendada es a la siembra localizada, cerca de la semilla, debida a la escasa movilidad del fósforo en el suelo. En pasturas ya implantadas, puede realizarse una refertilización anual en otoño o, debido a la residualidad mencionada, cada 2 años de producción. Las fuentes más usadas para la fertilización de pasturas son aquellas que combinan una solubilidad rápida con amplia disponibilidad comercial: fosfato mono y diamónico, superfosfato triple y simple. Sin embargo, debido a que las pasturas son cultivos perennes, es muy factible el uso de fuentes menos solubles y más económicas como la roca fosfórica, especialmente en suelos tendientes a la acidez; por ejemplo, en el SE bonaerense, se ha registrado que la aplicación de roca fosfórica - aunque para el primer año mostró resultados poco destacados- sí presentó resultados en producción de pasturas igual o superior al Superfosfato Triple en el segundo y tercer año luego de la aplicación.

Fte: Berardo y Marino, 2003. Quintero y Boschetti, 2005. García F. 2006.