



NATURALEZA, CONTENIDO DE FÓSFORO Y FUENTES DE VARIACIÓN

Los forrajes como fuente de fósforo en la alimentación de rumiantes

La deficiencia de fósforo, además de afectar a la salud, reduce el rendimiento productivo de los animales, disminuyendo la rentabilidad de las explotaciones ganaderas. El exceso de fósforo además de incrementar el impacto ambiental de la actividad ganadera conlleva un aumento innecesario del coste de la alimentación, repercutiendo también negativamente en la sostenibilidad biológica y económica de las explotaciones ganaderas. En consecuencia, en aras de mejorar la rentabilidad de las explotaciones y reducir el impacto ambiental es necesario realizar un uso adecuado del fósforo en la alimentación.

R. Bodas
Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León

J. Amor
P. Llorente
J. M. Vidal
Inatega-Industrias de Nutrición Animal, S.L

N. Prieto
F. J. Giráldez
Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE). Finca Marzanas

Para lograr este objetivo, entre otros factores, es imprescindible disponer de información sobre el contenido de fósforo de los alimentos, tema que se aborda en el presente artículo.

PAPEL DEL FÓSFORO

El fósforo (P) es un elemento mineral esencial en la dieta de los rumiantes. En los animales, aproximadamente el 80% del fósforo forma parte de los huesos y dientes, encontrándose el 20% en otros componentes (ácidos nucleicos, fosfolípidos, etc.) que participan en diversas funciones biológicas (Georgievski, 1982; Underwood y Suttle, 2001). Así, por ejemplo, interviene en la transferencia de energía, en el transporte

y metabolismo de los ácidos grasos, en la formación de proteínas, etc. En el caso de los animales rumiantes, el fósforo es, además, necesario para el funcionamiento de la microbiota del rumen, cuya actividad es imprescindible para que estos animales puedan utilizar de forma eficiente los forrajes, así como la pared celular de otras materias vegetales (p. e. cereales, semillas de oleaginosas, etc.) (Satter, 2003).

La deficiencia de fósforo causa anorexia, reducción del crecimiento en animales jóvenes o pérdida de peso y condición corporal en animales adultos. Influye también negativamente en la producción de leche y en la fertilidad. Por tanto, la deficiencia de fósforo, además de afectar a la salud, reduce el rendimiento productivo de los

animales, disminuyendo la rentabilidad de las explotaciones ganaderas.

CONTENIDO DE FÓSFORO EN LA RACIÓN

La presencia de fósforo en las materias primas es variable, especialmente en los forrajes. Para evitar deficiencias se incluyen en los piensos fuentes de fósforo inorgánico, generalmente fosfatos de origen mineral (meta, piro u ortofosfatos). Dada la importancia de este elemento mineral, la tendencia hasta hace relativamente poco tiempo ha sido formular dietas con un elevado margen de seguridad, es decir, aportando un exceso de fósforo. Desde un punto de vista económico, esta estrategia era asumible debido a su escasa repercusión en el coste de la alimentación. Sin embargo, esta situación ha cambiado en los últimos años.

En este sentido, la demanda de fósforo aumentó significativamente desde el año 2008 hasta la actualidad como consecuencia, en gran parte, del incremento de la utilización de este mineral para la fabricación de fertilizantes. Este incremento en la demanda, además de crear problemas de suministro a las industrias de fabricación de piensos, se tradujo en un aumento en su precio de venta, que se multiplicó casi por 4 desde el año 2004 (0,012 €/ unidad de fósforo) hasta el año 2008 (0,041 €/ unidad de fósforo).

La utilización excesiva de fósforo además contribuye a incrementar el impacto ambiental de la actividad ganadera, motivo por el cual en algunos países de nuestro entorno se han desarrollado planes de manejo de las deyecciones animales basados en el contenido de fósforo.

// LA DEFICIENCIA DE FÓSFORO CAUSA ANOREXIA, REDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO EN ANIMALES JÓVENES O PÉRDIDA DE PESO Y CONDICIÓN CORPORAL EN ANIMALES ADULTOS //

Las circunstancias actuales y, probablemente, las nuevas exigencias que se implementarán a medio plazo harán necesario establecer estrategias que permitan un uso más eficiente del fósforo en la alimentación de los rumiantes. En estas estrategias los forrajes desempeñarán un papel fundamental.

LOS FORRAJES EN LA ALIMENTACIÓN DEL VACUNO DE LECHE

Los forrajes constituyen una parte importante de la ración del ganado vacuno de leche, pudiendo representar alrededor de un 40% en las raciones de animales de alta producción y un mayor porcentaje en animales de menor producción o en etapas fisiológicas diferentes a la lactación.

Los forrajes más utilizados son el ensilado de maíz y la alfalfa, ésta en sus diferentes formas de conservación. A éstos, por orden de importancia, les siguen los cereales de invierno, el ballico o las praderas polifitas, también en diferentes formas de conservación. Por ejemplo, el heno o ensilado de ballico y de praderas polifitas forma parte habitual de las raciones de las explotaciones del norte (As-

turias y Cantabria) y del noroeste (Galicia), mientras que su utilización es menor en otras regiones. Esta utilización, como es lógico, coincide con la proporción (alrededor del 90%) que la producción de estos forrajes representa respecto al total de cultivos forrajeros.

Otro forraje muy utilizado, pero que no se considera cultivo forrajero, es la paja de cereal. En el año 2008 se produjeron en España algo más de 9 millones de toneladas de paja de cereal (MARM, 2010), obteniéndose la mayor parte de ella de cebada (57%) y de trigo (33%).

NATURALEZA DEL FÓSFORO EN LOS FORRAJES

El fósforo en los forrajes se encuentra mayoritariamente en forma orgánica, como constituyente de diferentes tipos de moléculas (p. e. ácidos nucleicos, fosfolípidos, foproteína, fosfoglicidos, ATP, etc.). Los vegetales también aportan fósforo en forma inorgánica, fundamentalmente como ortofosfatos (PO_4^{3-}), si bien en menor cantidad que el P orgánico, al contrario de lo que sucede en los alimentos de origen animal (Rebollar y Mateos, 1999; Underwood y Suttle, 2001).

En general, el contenido de fósforo es menor en los tallos que en las hojas, y en éstas menor que en los granos (Markovic y col., 2009; Skowronska y Filipek, 2010). El contenido de P en los granos, además, en su mayor parte se encuentra en forma de ácido fítico (fosfoglicido), el cual, dependiendo del pH del medio y del número de grupos ortofosfato que tenga, puede formar complejos insolubles con proteínas y almidón, así como sales insolubles con numerosos cationes (Ca, Mg, Zn, Cu, etc.).

Esta forma de presentación del fósforo limita su absorción en el caso de los animales monogástricos. En los rumiantes, sin embargo, gracias a la actividad fitasa de la microbiota ruminal no se plantea este problema (Thompson y Fowler, 1990).

FUENTES DE VARIACIÓN

El contenido de fósforo de los forrajes puede variar con múltiples factores, siendo las características del suelo, la aplicación de fertilizantes, el régimen hídrico y el estado de madurez los factores más relevantes (Meschy y Ramirez-Pérez, 2005).

En general, el contenido de fósforo en la planta aumenta al hacerlo el contenido en el suelo de este elemento.



Heno de alfalfa

FIGURA 1 / Contenido de fósforo (g / 100 g MS) en muestras de alfalfa henificada procedente de zonas de secano y regadío y de diferentes cortes. (Datos obtenidos en proyecto de investigación de la línea S31, financiada por la Agencia de Desarrollo Regional de la Junta de Castilla y León)

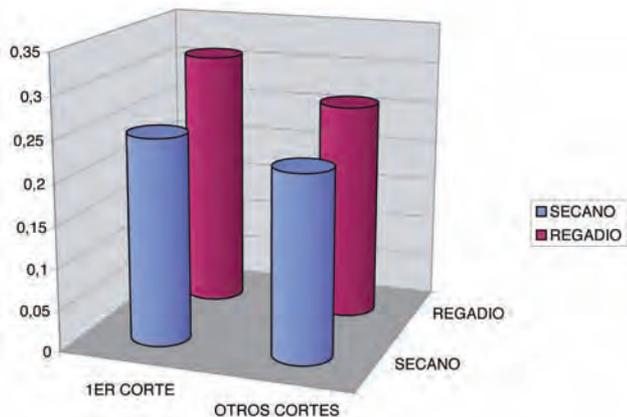


FIGURA 3 / Contenido de fósforo (g / 100 g MS) en muestras de ensilados de diferentes cultivos forrajeros

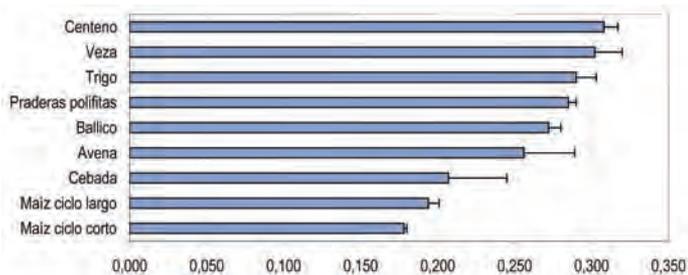
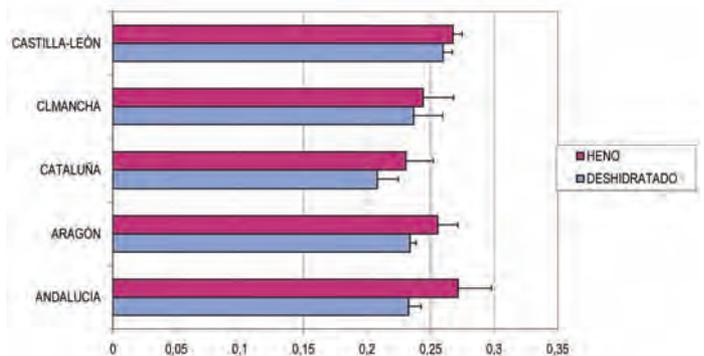


FIGURA 2 / Contenido de fósforo (g / 100 g MS) en muestras de alfalfa deshidratada o henificada recogidas en diferentes regiones de España



► El aporte hídrico

También condiciona el crecimiento vegetal y la acumulación de fósforo, aumentando al hacerlo aquél. En la **Figura 1**, se presentan datos de contenido de fósforo de muestras de heno de alfalfa de zonas de regadío y de secano, recogidas en diferentes localizaciones geográficas. Como puede apreciarse, el contenido fue mayor en las muestras procedentes de zonas de regadío, siendo también el contenido mayor en las muestras procedentes del primer corte.

► Estado vegetativo de la planta

En relación con el estado vegetativo de la planta en el momento de la siega, cabe señalar que el contenido de fósforo suele disminuir al avanzar el grado de madurez. La forma de conservación también puede influir en el contenido de fósforo. Así, en general, éste suele ser mayor en el forraje verde y ensilado que en el henificado, aunque estas diferencias posiblemente estén relacionadas

con el estado vegetativo de la planta en el momento de la siega y con las condiciones ambientales durante el proceso de henificado. Un estudio realizado por la empresa INATEGA en colaboración con el CSIC, en el que se analizaron muestras de alfalfa henificada y deshidratada obtenidas en diferentes regiones de nuestro país, sugiere que el contenido de fósforo suele ser mayor en los forrajes henificados que en aquellos deshidratados artificialmente (**Figura 2**).

// LOS FORRAJES CONSTITUYEN UNA PARTE IMPORTANTE DE LA RACIÓN DEL GANADO VACUNO DE LECHE, PUDIENDO REPRESENTAR ALREDEDOR DE UN 40% EN LAS RACIONES DE ANIMALES DE ALTA PRODUCCIÓN //

► Tipo de cultivo

El contenido de fósforo de los forrajes, lógicamente, varía en función del tipo de cultivo. En la **Figura 3** se presentan los valores, ordenados en orden decreciente, del contenido de fósforo de diferentes cultivos forrajeros. Parte de las diferencias observadas en los valores medios pueden atribuirse, sin duda, a los factores anteriormente mencionados. De hecho, la elevada variación dentro de cada tipo pone de manifiesto que, a nivel práctico, el origen de la muestra (con las fuentes de variación asociadas) puede ser más relevante para determinar el contenido de fósforo que el propio tipo de cultivo (**Figura 4**).

Con respecto a la paja, como puede apreciarse en la **Figura 5**, su contenido de fósforo es en general inferior al de otros cultivos forrajeros, presentando la paja de guisantes un contenido de este mineral superior al de las pajas de cereal. Asimismo, al igual que se observó en los cultivos forrajeros anteriormente citados, existe una variabilidad impor-

FIGURA 4 / Distribución de muestras de forraje ensilado de praderas polifitas y de ballico, de acuerdo con el contenido de fósforo (rangos de fósforo en mg / 100 q MS)

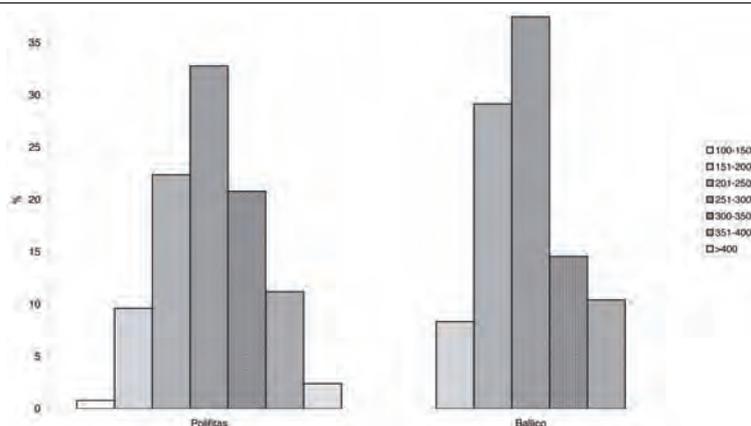
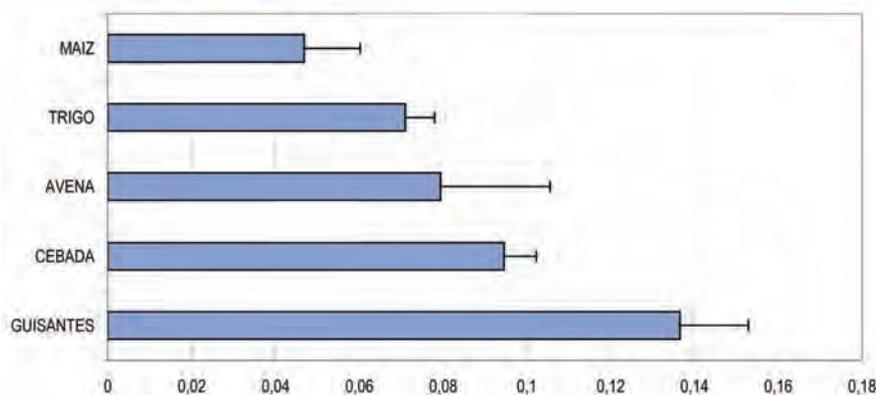


FIGURA 5 / Contenido de fósforo (g / 100 q MS) en muestras de diferentes tipos de paja



tante en el contenido de fósforo dentro de cada tipo de paja que es preciso tener en cuenta a la hora de formular las raciones.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La variabilidad existente en el contenido de fósforo de los forrajes, incluso dentro de cada tipo de cultivo y subtipo (ciclo de cultivo, método de conservación, etc.), constituye una dificultad añadida a la hora de diseñar con precisión raciones empleando los valores medios de contenido de fósforo publicados. Los programas actuales de formulación pueden incorporar en sus estimaciones la variabilidad en el contenido de los nutrientes, estrategia que permite establecer combinaciones de alimentos que cubran rangos de aporte de nutrientes, con una estimación asociada de probabilidad de cumplimiento (Green y col., 2007; INRA, 2007). Esta estrategia permite conocer, en cierta medida, el riesgo en la consecución de los objetivos perseguidos en la formulación de las raciones. Sin embargo,

en el futuro posiblemente sea necesario establecer otro tipo de estrategia que permita un uso más eficiente del fósforo.

En este sentido, la estrategia más adecuada para ajustar aportes y necesidades sería el diseño de correctores minerales *ad hoc*, teniendo en cuenta el contenido de fósforo de las materias primas que el ganadero o el fabricante de piensos estén utilizando en cada

// EL CONTENIDO DE FÓSFORO DE LOS FORRAJES PUEDE VARIAR CON MÚLTIPLES FACTORES, SIENDO LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO, LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES, EL RÉGIMEN HÍDRICO Y EL ESTADO DE MADUREZ LOS MÁS RELEVANTES //

momento. Obviamente, la elaboración de correctores específicos a medida incrementa el coste de producción, debido tanto a la realización de los análisis pertinentes como a la propia fabricación del corrector. No obstante, hay que tener en cuenta que este incremento en el coste podría ser absorbido, si no total, al menos parcialmente, por la reducción del contenido de fósforo en el corrector, especialmente si la evolución en el precio de las fuentes de fósforo inorgánico sigue su tendencia alcista. Además, tampoco puede descartarse que en un futuro próximo se realice una mayor monitorización del impacto ambiental (o del potencial contaminante) de las explotaciones ganaderas y se establezcan bonificaciones o penalizaciones en función del impacto de cada explotación.

BIBLIOGRAFÍA

Se puede acceder a los datos generados por el proyecto de la línea S31 (Junta de Castilla y León) realizado por la empresa Inatega, S.A en la página www.inatega.es y en la página del servicio de información de alimentos de la Universidad de Córdoba (www.uco.es/sia/).



Pradera polifita