



Protocolos de muestreo para la predicción del rendimiento de forrajes y cultivos forrajeros

En el siguiente artículo se proponen protocolos de muestreo en campo para cada tipo de forraje y cultivo presente en la explotación (forraje herbáceo, de alto porte, maíz...) encaminados a predecir los rendimientos de cosecha como primer eslabón en la alimentación de precisión del vacuno lechero.

Adela Martínez Fernández, Silvia Baizán González, José Daniel Jiménez Calderón, Fernando Vicente Mainar, Consuelo González García, Alfonso Carballal Samalea

Programa de Investigación en Pastos y Forrajes
Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)
admartinez@serida.org

CONSIDERACIONES PREVIAS

El camino más fácil para incrementar la eficiencia en la alimentación del vacuno lechero es mediante una dieta equilibrada en energía y nitrógeno de acuerdo a sus requerimientos (Agrabié *et al.*, 2010). Esto conlleva la utilización de sistemas de alimentación que utilicen con eficiencia los recursos forrajeros propios, de manera que se produzca la mayor cantidad de unidades de valoración energética por hectárea de superficie agrícola útil (SAU) de la explotación.

Por ello, en un entorno competitivo como la producción ganadera, el objetivo primordial debe ser mejorar la eficiencia de los sistemas productivos, para lo que es fundamental la correcta gestión de los datos que se generan día a día en las explotaciones (Callejo Ramos, 2014), es decir, se hace necesaria la implementación de la ganadería de precisión, cuyo fundamento es la optimización del uso de los recursos del sistema para generar modelos más productivos, más eficientes, más precisos y de mayor rentabilidad (Giménez y De León, 2008). Uno de los puntos clave en

este proceso es el concepto de alimentación de precisión, es decir, el proceso de proveer al animal de un correcto aporte de nutrientes producidos mayoritariamente en la explotación. Esto implica la integración de las estrategias de gestión y manejo de los cultivos, con las de alimentación del ganado, con el propósito de mantener la sostenibilidad económica y ambiental.

Según Cerosaletti y Dewing (2008), la alimentación de precisión es un proceso de mejora continua que debe estar centrado en tres objetivos:

Mejorar la eficiencia de los nutrientes, la utilización de alimentos producidos en la explotación y los ingresos de la leche en relación con el coste de la alimentación.

Optimizar la producción de cultivos propios y la compra de nutrientes importados.

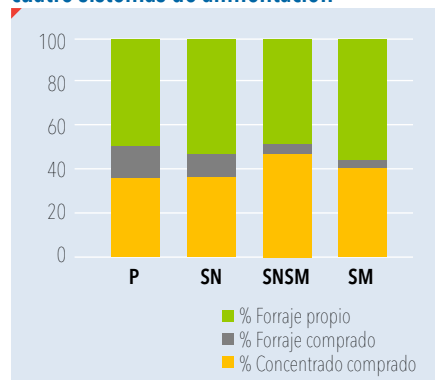
Reducir o minimizar la sobrealimentación y la excreción y acumulación de nutrientes.

En un estudio reciente realizado para evaluar la procedencia de los alimentos utilizados en los diferentes sistemas de alimentación identificados en Asturias (Santiago *et al.*, 2015) se ha comprobado que las explotaciones lecheras producen mayoritariamente sus propios forrajes, mientras que la totalidad del concentrado aportado en la ración es de origen externo (figura 1).



► UNO DE LOS PUNTOS CLAVE EN ESTE PROCESO ES EL CONCEPTO DE ALIMENTACIÓN DE PRECISIÓN

Figura 1. Procedencia de los alimentos en cuatro sistemas de alimentación



P: pastoreo; SH: ≤20 % SAU maíz; SHSM: 20-75 % SAU maíz; SM: ≥75 % SAU maíz

Estos datos constituyen un avance importante en el camino hacia la alimentación de precisión; sin embargo, aún hay muchas lagunas de información en torno a los rendimientos reales de las cosechas, las pérdidas de rendimiento que se producen durante los procesos de conservación y estabilización de los ensilados y, por supuesto, sobre el coste de producción real de estos forrajes.

Diversos autores han estimado los costes de producción de los ingredientes que componen la ración (Mangado y Amezttoy, 2005; Próspero *et al.*, 2013). Sin embargo, estos cálculos son generalistas y están realizados a partir de rendimientos medios de cosecha, sin considerar aspectos tan importantes como la zona de implantación del cultivo, el ciclo vegetativo, las condi-

ciones termopluviométricas, las mermas durante el proceso de conservación, etc.

Un claro ejemplo de esto lo tenemos en el cultivo de maíz forrajero en Asturias, cuyos rendimientos, comportamiento agronómico y contenido en principios nutritivos están claramente influenciados por el efecto ambiente, zona edafoclimática, ciclo FAO y variedad (Martínez Fernández *et al.*, 2014). Así, los rendimientos de maíz forrajero considerando las cuatro zonas edafoclimáticas de Asturias (zona costera occidental, zona costera oriental, zona interior baja, zona interior alta) de las 298 variedades evaluadas a lo largo de 22 años (1996-2017) oscilan entre 10,2 y 24,5 t MS/ha con un contenido en materia seca a la cosecha en estado de grano pastoso vítreo de $34,7 \pm 3,13$ %. En este intervalo el contenido en proteína osciló entre 5,8 y 8,6 % y el almidón entre 17,7 y 40,0 % (Carballal Samalea *et al.*, 2018). Esta gran variabilidad debería reflejarse necesariamente en los costes de producción. ►►



PRADERAS ANUALES Y PERENNES



NOVEDAD 2018

VEZA SANTIVA RI - NOVI BEOGRAD

- Excelente calidad
- Alto potencial productivo
- Resistente a las bajas temperaturas
- Semilla de calibre pequeño
- Tolerancia a suelos ligeramente ácidos

Selección de variedades gramíneas y leguminosas, adaptadas al clima y a los suelos de las zonas húmedas de la Península Ibérica



Mezclas de praderas disponibles en envases de 10 y 25 kg

WAMESTRADA S. L. L.
Zona industrial de Toedo
36680 A Estrada
Pontevedra, España
Telf. (0034) 986 572 445
info@semillaswam.com
www.semillaswam.com

► FACTORES COMO LA TEMPERATURA, LA INSOLACIÓN, LA INTEGRAL TÉRMICA DEL SUELO, ETC. DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO INFLUYEN DE MANERA SIGNIFICATIVA EN LOS RENDIMIENTOS

La fecha de siembra también tiene gran influencia en el rendimiento final de los cultivos. Así, por ejemplo, en algunas explotaciones con siembras de haba forrajera realizadas a finales de octubre se pueden superar claramente las 10 t de MS por ha, disminuyendo drásticamente este rendimiento con siembras tardías cuando la temperatura del suelo para la germinación de las semillas es insuficiente. Este mismo efecto, aunque no tan acusado, se observa también con los guisantes forrajeros. También se observan importantes diferencias de rendimiento cuando comparamos el mismo cultivo en años sucesivos, siendo las únicas variables diferentes la temperatura y la pluviometría del periodo de cultivo. González *et al.* (2014) y Baizán *et al.* (2015) obtuvieron, respectivamente, rendimientos teóricos de habas forrajeras en monocultivo de 7.030 kg MS/ha y 5.571 kg de MS/ha en dos años consecutivos en la misma parcela, con la misma variedad, misma dosis de siembra, misma fertilización y fechas de siembra y de cosecha similares.

En definitiva, factores como la temperatura, la insolación, la integral térmica del suelo o la cantidad de lluvia caída durante el desarrollo del cultivo influyen de manera significativa en los rendimientos. Por este motivo, a efectos de disponer de rendimientos medios lo más ajustados posibles a la realidad, será necesario crear una base de datos que incorpore registros de varios años y diferentes zonas. Esto nos permitirá mejorar las estimaciones reales de cosecha a partir de datos teóricos y de los obtenidos a partir de las muestras tomadas.



Cultivos herbáceos (1: raigrás italiano; 2: pradera polifita). Cultivos de alto porte con siembra a voleo (3: monocultivo de habas forrajeras; 4: monocultivo de guisante forrajero). Cultivos de alto porte con siembra en línea (5: maíz forrajero)

MUESTREO DE FORRAJES Y CULTIVOS FORRAJEROS PARA CONTROL DE PRODUCCIÓN

A continuación se exponen los protocolos de muestreo desarrollados para la estimación de los rendimientos de cosecha. Dichos protocolos se aplicarán inmediatamente antes de efectuar la cosecha y serán sencillos, ajustados a cada tipo de cultivo y solamente requerirán para su ejecución de las herramientas básicas disponibles habitualmente en las explotaciones (cinta métrica, cortacésped manual, hoz, báscula, microondas para determinar la materia seca, etc.).

A tal efecto se establecen 3 tipos de cultivos:

a) Cultivos herbáceos: se consideran como tales los cultivos que tapizan completamente la superficie del suelo y no dejan espacios abiertos, como el raigrás italiano, el centeno, la avena, etc. Este protocolo también servirá para los forrajes procedentes de prados y praderas.

b) Cultivos forrajeros de alto porte con siembra a voleo que se aprovechan en un único corte: se consideran en este grupo las leguminosas de alto porte en monocultivo como las habas forrajeras, los altramuces o el guisante forrajero y las asociaciones de estas leguminosas con otras especies que actúan como tutores en los intercultivos, como las mezclas guisante + triticale, guisante + raigrás, guisante + avena, habas + raigrás, habas + guisante, habas + colza, etc.

c) Cultivos forrajeros de alto porte con siembra en línea y aprovechados en corte único como el maíz, el sorgo o el girasol.

CONTROLES DE PRODUCCIÓN TEÓRICOS EN CULTIVOS HERBÁCEOS

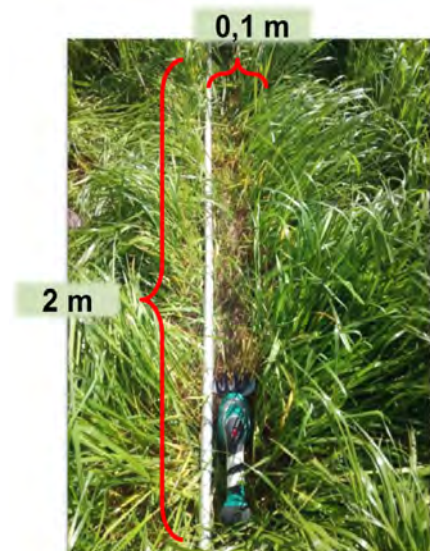
Simplificación del protocolo de muestreo descrito por Martínez-Fernández *et al.* (1995)

Las parcelas se muestrean en varias zonas, dependiendo de la superficie total considerada, utilizando un listón de 2 m de longitud y considerando cada zona muestreada como una repetición (A, B, C...). Se recorrerá la parcela en sentido longitudinal lanzando el listón 5 veces al azar caminando en un mismo sentido, segando a ras de suelo una franja de 10 cm de ancho a lo largo del listón (utilizando un cortacésped manual de jardín de 10 cm de anchura de peine) y acumulando en una bolsa el forraje recogido (repetición A). Se repetirá la operación en sentido perpendicular (repetición B) y así sucesivamente para cada una de las repeticiones consideradas. Finalmente, tendremos para cada zona de muestreo la cantidad de forraje acumulada correspondiente a 5 lanzamientos x 2 m de longitud x 0,1 m de ancho de corte = 1 m² de superficie (figuras 2 y 3). ►►

Figura 2.
Modo de
muestrear
cultivos
herbáceos



Figura 3. Toma de muestras de cultivos herbáceos para estimar rendimiento de cosecha



Se pesará el forraje acumulado de los cinco lanzamientos de cada repetición que representará el forraje disponible por m² en cada una de las zonas consideradas. El promedio de los valores de las *Xi* repeticiones representará el rendimiento en materia verde por m² (kg MV/m²). Esta cantidad se transformará en rendimiento de materia verde disponible por ha multiplicado por 10.000.

Si queremos saber el rendimiento en materia seca, será preciso determinar el porcentaje de materia seca (% MS) de cada una de las *Xi* muestras. El rendimiento medio de materia verde estimado por ha (kg MV/ha) se corregirá por el promedio de los valores de materia seca calculada para cada una de las *Xi* repeticiones. De esta forma, tendremos la estimación de los kg MS/ha.

Este procedimiento se repetirá en cada uno de los aprovechamientos previstos, considerando la producción total de la parcela la obtenida como sumatorio de los diferentes aprovechamientos.

CONTROLES DE PRODUCCIÓN TEÓRICOS EN CULTIVOS FORRAJEROS DE ALTO PORTE CON SIEMBRA A VOLEO

Para estos forrajes de mayor envergadura como las habas, los altramuces o el guisante, que se siembran a voleo y se aprovechan en un único corte, será preciso establecer una superficie mínima de muestreo que sea representativa del total de la superficie cultivada. En este caso, se hará primero un reconocimiento visual de la parcela para establecer los puntos de muestreo necesarios en función de la superficie a considerar y que serán representativos del rendimiento medio del cultivo en dicha parcela. Se considerarán zo-

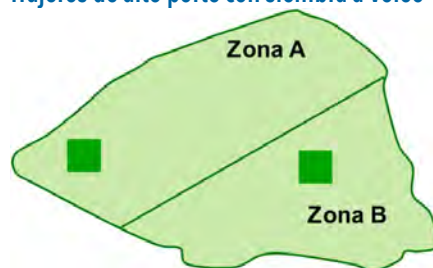
► PARA FORRAJES DE MAYOR ENVERGADURA (HABAS, ALTRAMUCES...) SERÁ PRECISO ESTABLECER UNA SUPERFICIE MÍNIMA DE MUESTRO QUE SEA REPRESENTATIVA DEL TOTAL DE LA SUPERFICIE CULTIVADA

nas en pendiente, zonas llanas, zonas de escasa cobertura, etc.

En cada uno de estos puntos se establecerá una superficie de muestreo de 1 m² que será considerado como una repetición (A, B, C...). Para ello solamente necesitaremos cuatro varillas rígidas que puedan clavarse en el terreno, una cuerda, una cinta métrica y una hoz. Se delimitará la superficie y se cortará todo el forraje presente en la misma (ver figuras 4 y 5). El promedio de los rendimientos de las zonas de muestreo consideradas representarán el rendimiento en materia verde por m² (kg MV/m²), esta cantidad se transformará en rendimiento por ha multiplicado por 10.000. Determinando el promedio del porcentaje de MS del forraje recogido en cada zona, podremos estimar los kg MS/ha.

Este tipo de forrajes se acumulan en un único aprovechamiento, por lo que este procedimiento solamente se realizará una vez en el momento de la cosecha. ►►

Figura 4. Modo de muestrear cultivos forrajeros de alto porte con siembra a voleo





Distribuidor de Semillas RAGT para Galicia y Asturias

Venta de todo tipo de semillas para praderas, mezclas especiales para coberteras y desinfección del suelo, mostazas, habas, guisantes, colzas, alfalfa, vezas y todo tipo de cereales

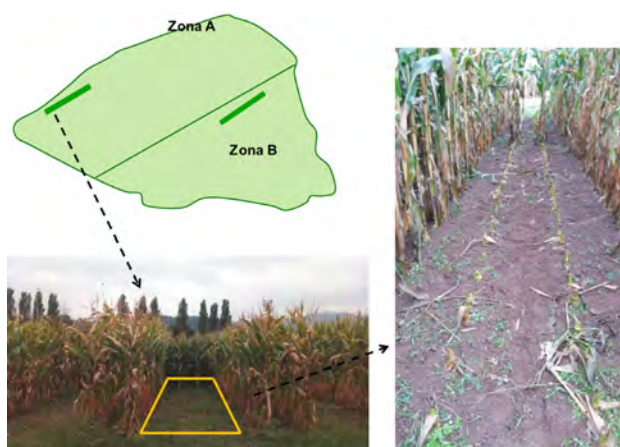
Polígono Lalín 2000
Ciudad del Transporte - nave A3
36500 LALÍN (Po)

gilangel@hotmail.es
Tel.: 670 535 636

Figura 5. Toma de muestras de cultivos forrajeros de alto porte con siembra a voleo



Figura 6. Modo de muestrear cultivos forrajeros de alto porte con siembra en línea



CONTROLES DE PRODUCCIÓN TEÓRICOS EN CULTIVOS FORRAJEROS DE ALTO PORTE CON SIEMBRA EN LÍNEA

Como en los casos anteriores, definiremos las zonas de muestreo (ver figura 6), con suficiente separación entre ellas para que cada zona constituya una repetición (A, B, C...).

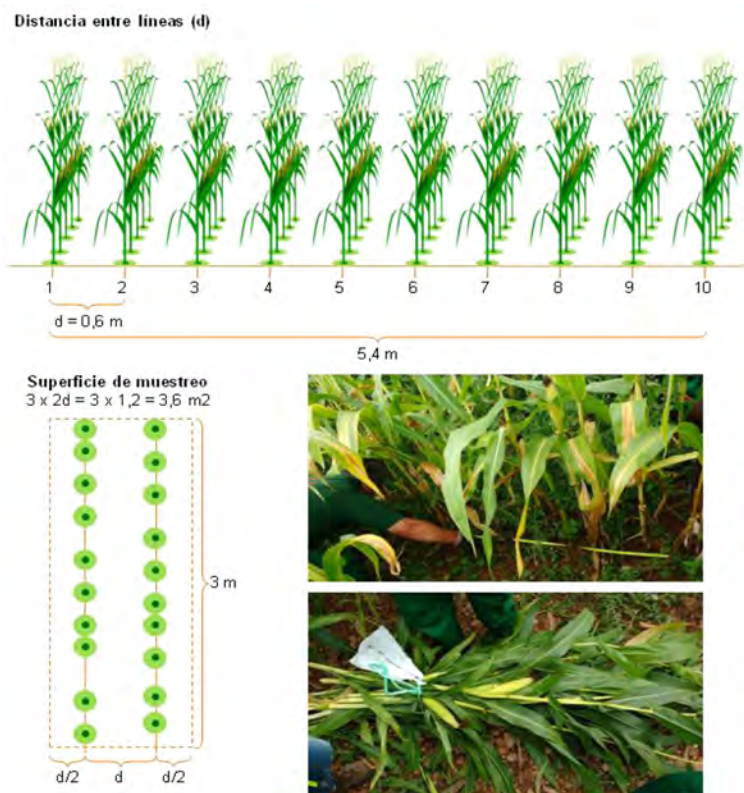
En las sembradoras para este tipo de cultivos, se puede ajustar a voluntad la distancia entre líneas y entre plantas dentro de una misma línea al objeto de establecer la dosis de siembra final, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\frac{N.º \text{ de plantas}}{\text{por hectárea}} = \frac{10.000}{\text{distancia entre líneas (m)} \times \text{distancia entre plantas (m)}}$$

Para estimar los rendimientos de cosecha en este tipo de cultivos, es necesario conocer en cada caso la distancia establecida entre líneas. Para ello, se medirá el espacio ocupado por 10 líneas de maíz y se divide la cantidad obtenida por 9. Ese proceso se repetirá en dos o tres zonas de la parcela. El promedio obtenido nos indicará la distancia establecida entre líneas (ver figura 7).

A continuación, en cada una de las zonas de muestreo, se delimita el área correspondiente a dos líneas de maíz a

Figura 7. Cálculo de distancia entre líneas y muestreo de maíz forrajero para control de producción



► DETERMINANDO EL PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE MS DEL FORRAJE RECOGIDO EN CADA ZONA, PODREMOS ESTIMAR LOS KG MS/HA

lo largo de “n” metros, de manera que el área de muestreo en cada zona será “Área = n x 2d” siendo n la longitud en metros cosechada en cada línea y d la distancia entre líneas previamente establecida.

Por ejemplo, si el espacio ocupado por 10 líneas es de 5,4 m, definimos una distancia entre líneas de 0,60 m (5,4/9). Para una longitud de muestreo dentro de cada línea de 3 m lineales, y considerando dos líneas, el área de muestreo preestablecida sería de 3 x (2 * 0,60) = 3,6 m² (ver figura 7).

Se establecerá también una altura de corte lo más ajustada posible al corte de las cosechadoras.

En cada una de las zonas definidas se contarán las plantas recogidas para poder extrapolar y determinar el número de plantas cosechadas por ha. Esto nos dará una idea de la diferencia entre la dosis sembrada y cosechada. Además, se obtendrá el peso del total de plantas cosechadas en cada zona, y se podrá extrapolar a partir de estos datos el rendimiento en kg MV/ha.

El número de plantas recogidas en la superficie de muestreo considerada y su peso nos permitirán estimar número de plantas por ha y producción de materia verde. La determinación de la materia seca en el momento de cosecha nos permitirá estimar los rendimientos teóricos de materia seca de maíz por ha.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto MAGRAMA (CROPFIT), ref.: 20150030003016, “Rendimiento y costes de producción de los forrajes producidos en las explotaciones del Principado de Asturias, en las condiciones de diversificación de cultivos impuestas por la PAC 2015-2020, como primer eslabón en la alimentación de precisión del vacuno lechero”. ■

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía mencionada en este artículo está a disposición de las personas interesadas en el SERIDA (persona de contacto: Adela Martínez-Fernández).