

CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE

Mónica G. Agnusdei*. 2007. Agromercado Temático, Bs. As., 136:11-17.

*Grupo Producción y Utilización de Pasturas, INTA E.E.A. Balcarce

magnusdei@balcarce.inta.gov.ar

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Sistemas de pastoreo](#)

INTRODUCCIÓN

En este artículo se presenta información y criterios para ayudar a comprender los principales factores que determinan las variaciones en la calidad o valor nutritivo de las pasturas. Pretendemos de esta forma aportar algunos elementos útiles para la toma de decisiones de manejo las pasturas con fines nutricionales o productivos específicos.

Cada vez es más necesario contar con información sobre producción y calidad nutritiva del forraje debido a que la presión de la agricultura obliga a desarrollar una ganadería que, para poder coexistir, debe ser más tecnificada, eficiente y competitiva. Dentro de este escenario productivo inédito en la Argentina, es perentorio conocer con qué "margen biológico" las pasturas permiten lograr los objetivos planteados, evitando las ineficiencias vinculadas al mal manejo y al deterioro de los recursos forrajeros.

CONCEPTOS DE INTERÉS

¿Cómo se define "calidad del forraje"?

Si bien el concepto tiene distintas connotaciones y no existe una única definición, puede aceptarse que "calidad del forraje" es sinónimo de la digestibilidad, que a su vez depende de la proporción del material ingerido que es degradada en el rumen. Los términos calidad, valor nutritivo o calidad nutritiva, se usan indistintamente como sinónimos debido a que así se emplea en la bibliografía científica.

También hay quienes consideran la calidad en función del nivel en que la pastura cubre los requerimientos de los animales para expresar su capacidad productiva. Al respecto hay menciones en la bibliografía de considerar que las pasturas se deberían comparar con las dietas ración total mezclada (TMR), sin embargo ello plantea una gran complejidad al momento de definir los parámetros para realizar tal comparación.

En esta comunicación la calidad, o sus sinónimos, se definirá en términos de digestibilidad in vitro, degradabilidad ruminal, o de otros parámetros de la pastura que están asociados a la digestibilidad.

¿Cuáles son los compuestos del forraje que se degradan rápida y completamente durante la digestión de los rumiantes?

Los azúcares solubles, las proteínas y los ácidos orgánicos, que conforman el "contenido celular" de todos los tejidos.

¿Cuáles son los compuestos del forraje de degradación más compleja?

Se denominan "hidratos de carbono estructurales". Los mismos conforman la pared de las células vegetales y su degradabilidad es variable dependiendo si se encuentran en tallos, vainas u hojas y, a su vez, de la edad de estas fracciones. En los análisis de corrientes de calidad de forraje estos compuestos reciben el nombre de Fibra Detergente Neutro (FDN) debido al método de laboratorio empleado para su cuantificación.

¿Cuáles son las fracciones más degradables en gramíneas y en leguminosas?

En las primeras, las hojas jóvenes. En las segundas, los folíolos. Ambas fracciones están conformadas por una elevada proporción de un tejido denominado "mesófilo" el cual se caracteriza por tener paredes celulares delgadas, de alta degradabilidad y un contenido celular relativamente alto en comparación con las hojas viejas o con los órganos de sostén (vainas y tallos verdaderos en gramíneas; tallos en leguminosas).

FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL FORRAJE

La caída de la calidad del forraje que ocurre durante el envejecimiento de las hojas es un fenómeno común a todas las gramíneas forrajeras. El mismo es consecuencia, en mayor o menor grado, de dos procesos principales. Uno es la caída de la degradabilidad de la pared celular, la cual no está determinada por la cantidad de lignina per se sino por el aumento de ciertos compuestos fenólicos, precursores de la lignina (ácidos p-cumárico y ferúlico), que se unen a la pared celular. El otro es la exportación de compuestos solubles desde las hojas senescentes hacia

aquellas en proceso de expansión. La caída en calidad del forraje con el envejecimiento tisular es mínima en las láminas de leguminosas templadas, significativa en las láminas de gramíneas y máxima en los tallos.

La Tabla 1 muestra resultados sobre digestibilidad in vitro de pasturas de agropiro alargado y de festuca alta bajo pastoreo. Las biomases de forraje que caracterizaron a los diferentes manejos (denominados Alta y Baja biomasa), corresponden a valores relativamente estables logrados bajo pastoreo continuo controlado mediante carga variable de vacunos¹.

Tabla 1: Efecto de la edad del forraje sobre la digestibilidad in vitro de la MS en pasturas de agropiro alargado (Pascuet, 2001) y de festuca alta (Cordero, 1996) bajo pastoreo de vacunos y ovinos.

	Digestibilidad in vitro de la MS %				
	agropiro				festuca
	otoño		primavera		primavera
	B	A	B	A	B
	1290	1982	922	1824	1200
hoja joven	73	76	80	81	71
hoja adulta	69	73	75	77	64
hoja senescente	56	55	47	45	58
material muerto	48	42	32	28	nd

nd indica datos no disponibles

Los letras B y A indican baja y alta biomasa de forraje. Los números debajo de estas letras indican la biomasa de forraje (kg MS ha⁻¹) mantenidos durante la evaluación.

1. Para equiparar de manera simplificada estos niveles de biomasa en un esquema rotacional, el promedio entre la biomasa remanente de salida y lo biomasa acumulada hasta el siguiente pastoreo debería ser similar o los valores mantenidos en el esquema continuo (v.g. biomásas de 1.000 y 2.500 kg MS.ha⁻¹ de salida y entrada serían aproximadamente equiparables a una biomasa de forraje estabilizada alrededor de los 1.750 kg MS. Ha⁻¹).

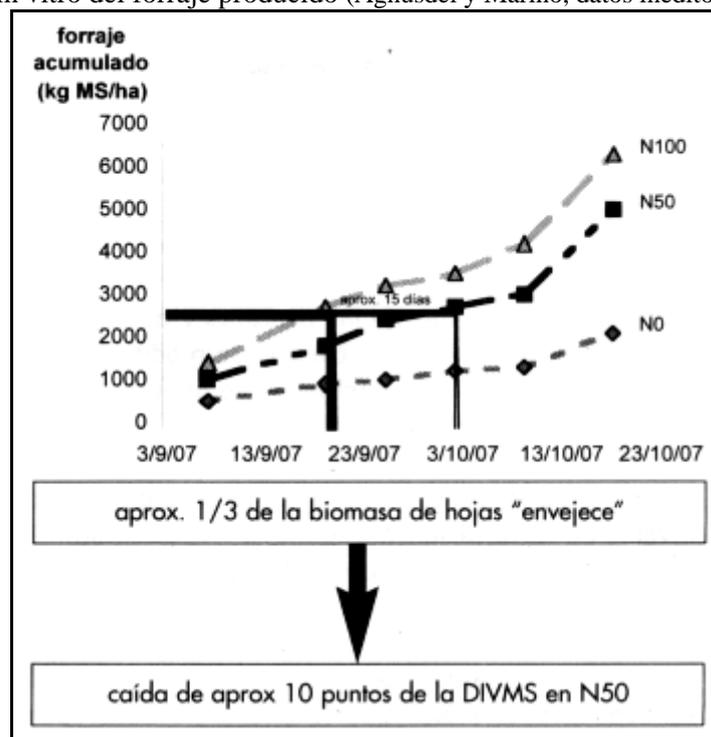
Puede observarse que la caída en la digestibilidad de las hojas asociada al aumento en la edad de las hojas fue muy consistente e independiente de la especie y del manejo aplicado. Es destacable la magnitud de dicha caída, con una pérdida promedio de al menos 20 puntos de digestibilidad al pasar del estado de "hoja joven", o recientemente aparecida, al estado de "hoja senescente", o en vías de finalizar su ciclo de vida.

El efecto de la intensidad de pastoreo sobre la contribución de las diferentes fracciones del forraje ofrecido, vale decir, de las diferentes categorías de edad de hojas y vainas (fracciones forrajeras), fue modificar la contribución de dichas fracciones con un aporte significativamente mayor de aquellas de más digestibilidad en el denominado pastoreo "severo".

Desde un punto de vista de manejo, hay que considerar que el proceso de envejecimiento de las hojas es progresivamente más corto en la medida en que las temperaturas aumentan. Ello es debido a que la temperatura es el principal factor ambiental que regula el ritmo de desarrollo de los órganos de las plantas, o sea, el lapso entre la aparición y la muerte de los mismos. Para dar una idea de la duración de este período decisivo para controlar la evolución de la calidad de los forrajes, puede considerarse que en la mayoría de las gramíneas templadas típicamente usadas en el país el mismo oscila entre 60-70 días durante el invierno y 25-40 días al inicio de la primavera (Agnusdei y col., 1998).

Debe recordarse que si el período entre aprovechamientos excede unos dos tercios de ese tiempo, una proporción aproximadamente equivalente del forraje acumulado hasta ese momento pasará a la fracción de forraje considerado corrientemente como "de baja digestibilidad". Este fenómeno se ve agravado en las pasturas que crecen en condiciones limitantes para el crecimiento (v.g. baja disponibilidad de nutrientes en el suelo, sequía) debido a que el tiempo que se requiere para acumular una determinada cantidad de forraje es necesariamente mayor en comparación con situaciones que favorecen el crecimiento activo de las plantas. La Figura 1 ilustra este aspecto con datos obtenidos en un ensayo de fertilización fosfo-nitrogenada en raigrás anual. Se muestra que el tratamiento con un suministro de 100 kg de N/ha (N100) fue más precoz en acumular una cantidad dada de forraje respecto de los tratamientos N50 y N0. A modo de ejemplo, las flechas rojas enteras y las cortadas indican que el nivel de biomasa acumulada de 2.500 kg de MS.ha⁻¹ fue alcanzado unos 15 días antes en el tratamiento N100 respecto del N50, respectivamente. De manera interesante, dicho retraso se asoció con una caída de alrededor de 10 puntos en el % DIVMS, hecho que concuerda con la aparición de aproximadamente un 30 % de hojas senescentes en la biomasa de forraje del tratamiento con menor suministro de N.

Figura 1.- Efecto del suministro de nitrógeno en verdes de raigrás anual sobre la dinámica de acumulación de forraje y su asociación con el "envejecimiento" y la digestibilidad in vitro del forraje producido (Agnusdei y Marino, datos inéditos).



2. AUMENTO EN LA CANTIDAD DE FORRAJE ACUMULADO

2.1. EFECTO SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA

En la medida en que una pastura crece van ocurriendo cambios en su estructura, tales como disminución de la proporción de hojas (foliosidad) y caída en la densidad de individuos (macollos en gramíneas y ejes o plantas de leguminosas).

La pérdida de foliosidad per se es una modificación de la estructura de las pasturas que puede afectar significativamente la calidad nutritiva del forraje ofrecido, dado que las láminas de las hojas constituyen la fracción con mayor proporción de tejido altamente degradable (mesófilo).

La caída de la densidad de individuos, dentro de determinado rango, puede no determinar cambios sustanciales en la productividad. Esto es debido a que ciertas pasturas "compensan" con pocos individuos grandes la producción de muchos individuos de menor tamaño. Este aumento de tamaño generalmente ocurre a costa de una mayor "inversión" en órganos y tejidos de sostén y, por ende, en mayor proporción de hidratos de carbono estructurales de baja degradabilidad. De manera similar, la caída en la densidad de leguminosas puede implicar en el caso de las pasturas consociadas con gramíneas, disminuciones significativas en la calidad nutritiva de la oferta global de forraje.

Finalmente, la pérdida de foliosidad y la caída en la densidad de individuos en conjunto pueden afectar negativamente el consumo animal.

2.1.1. FOLIOSIDAD

2. 1. 2. DENSIDAD DE INDIVIDUOS

La foliosidad se asocia comúnmente con la calidad del forraje debido a que usualmente existe una correlación positiva entre el porcentaje de láminas foliares y la digestibilidad de la materia seca (MS).

La proporción de láminas foliares tiende a disminuir en el transcurso de un período de acumulación de forraje. Ello ha sido usualmente interpretado como resultado del envejecimiento de las plantas y vinculado al paso de tiempo. Sin embargo, en estudios comparativos entre plantas aisladas y pasturas densas de igual tiempo de rebrote se observó que, una vez que el follaje "se cierra" en estas últimas (o sea la cantidad de luz que llega a los estratos inferiores de la pastura es escasa), la proporción de hojas disminuye dramáticamente respecto de lo que ocurre en las plantas libres de competencia (Lemaire y Gastal, 1997). Esto indica que el tiempo no es la causa principal que explica la caída observada en la proporción de láminas de las pasturas y que la misma es, en alto grado, consecuencia de modificaciones en la morfología de las plantas frente al aumento en la acumulación de biomasa.

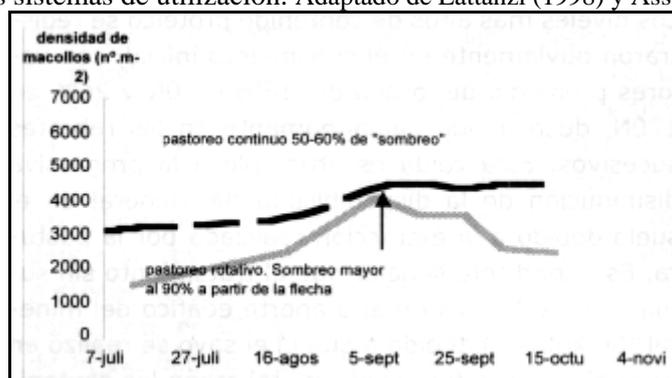
En una experiencia con Avena sativa bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada (NO y N250= 0 y 250 kg de N/ha), se demuestra que si la proporción de láminas se relaciona con la cantidad de biomasa acumulada por la pastura, los puntos caen en forma bastante ajustada sobre una misma línea de tendencia. Esto indica que la diferencia observada en la proporción de láminas foliares fue consecuencia de que el tratamiento con mayor abastecimiento de nitrógeno (N) creció más rápidamente y, por ende, tuvo más MS acumulada que el testigo a lo largo de todo el período de crecimiento.

2.1.2 DENSIDAD DE INDIVIDUOS

La acumulación de biomasa en ambientes templado-húmedos generalmente se asocia a una caída significativa en la densidad de macollos de las gramíneas. En las pasturas que crecen en condiciones adecuadas (fertilidad, clima) y que alcanzan alta cobertura foliar (índices de área foliar mayores a 3), dicho fenómeno se atribuye principalmente a la disminución en la producción de macollos como consecuencia de la escasez de luz de calidad apropiada en el interior de la pastura y, a su vez, por la muerte de macollos.

La Figura 2 muestra resultados de la evolución en la densidad de macollos de dos pasturas de festuca alta con adecuado suministro de N y P (100 y 20 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de cada nutriente) manejados con diferentes sistemas de utilización del forraje producido: pastoreo continuo, con una cobertura foliar que genera un "sombreo" promedio del orden del 50-60% y pastoreo rotativo, en el que se alcanza y luego se mantiene un "sombreo" casi total. Vale aclarar que la superioridad y estabilidad en la densidad promedio de macollos de la pastura bajo pastoreo continuo no sólo es atribuible al menor "sombreo" sino también a la prevención del desarrollo reproductivo y, con ello, de los efectos deletéreos del mismo sobre el desarrollo y supervivencia de macollos.

Figura 2.- Evolución de la densidad de macollos en pasturas de festuca alta manejadas con diferentes sistemas de utilización. Adaptado de Lattanzi (1998) y Assuero (1998).



Las variaciones en la contribución de leguminosas están asociadas a las modificaciones que adquiere la forma de las plantas frente variaciones en el sombreado de la pastura. Trébol blanco, por ejemplo, es una especie que presenta una gran sensibilidad morfológica frente a este tipo de cambios. Al igual que lo que sucede en las gramíneas, en la medida que el follaje se hace más cerrado las plantas de trébol tienden a acomodar las hojas en los estratos superiores de la pastura alargando los pecíolos (Robin et al, 1991). La forma adquirida expone a las plantas a una remoción muy severa respecto de lo que ocurre en pasturas bajas o abiertas donde una alta proporción de hojas escapa al pastoreo (Schwining y Parsons, 1999). Esto, sumado al efecto perjudicial del sombreado sobre la producción de nuevos ejes (Robin et al, 1991) explicaría, en gran medida, la baja abundancia de esta especie en pasturas consociadas manejadas con regímenes que permiten en forma recurrente acumulaciones relativamente altas de biomasa de forraje. La alfalfa también se caracteriza por presentar importantes modificaciones morfológicas frente a cambios en las condiciones de sombreado de la pastura. Se han registrado, por ejemplo, variaciones de alrededor de 500 a 1.300 ejes.m⁻² para el rango de biomásas entre 5.000 y 12.000 kg MS.ha⁻¹ (Lemaire et al, 1992).

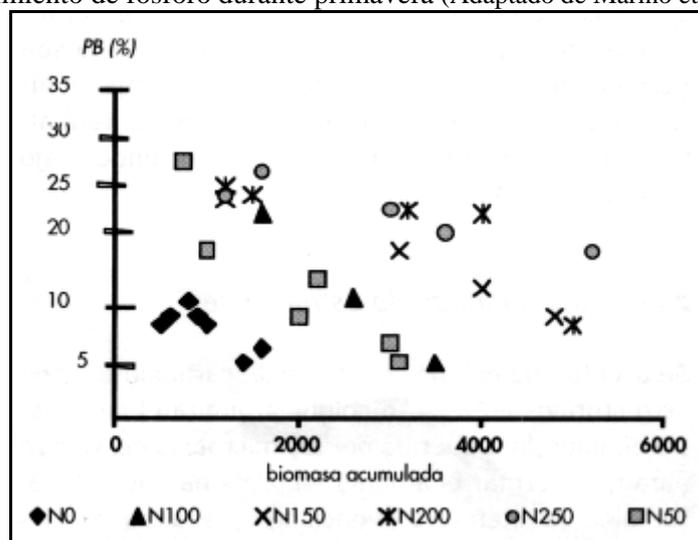
2.2. EFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

2.2.1. CONTENIDO DE PROTEÍNA BRUTA

Al igual que la proporción de láminas, la concentración proteica de los tejidos vegetales también decrece en la medida que aumenta la cantidad de biomasa de forraje acumulada en una pastura (Figura 3). Puede verse que si bien ello ocurre tanto en pasturas sin N agregado como en aquellas con altos niveles de suministro del mineral, en la medida en que el abastecimiento de N aumenta, también aumenta la cantidad de biomasa que es factible acumular para que el forraje tenga un % dado de proteína bruta (PB). Por ejemplo, la figura muestra que la

biomasa acumulada para alcanzar un nivel de alrededor de 20 % de PB fue de 1.000 kg MS ha⁻¹ cuando se fertilizó con 50 kg de N ha⁻¹, incrementándose a cerca de 1.800 kg para 100 kg de fertilizante nitrogenado.

Figura 3.- Relación entre el contenido de nitrógeno y la biomasa acumulada de forraje en avena bajo diferentes niveles de abastecimiento de nitrógeno y suficiente abastecimiento de fósforo durante primavera (Adaptado de Marino et al., 2004).



La tendencia decreciente mencionada obedece a que la mayor parte de la proteína vegetal se encuentra en las láminas de las hojas mejor iluminadas de la pastura formando parte de la enzima fotosintética. Cuando una pastura acumula biomasa por encima de determinado nivel, las láminas ubicadas en los estratos inferiores sombreados tienden a "desarmar" el aparato fotosintético y a redistribuir el N que conforma las proteínas desde las hojas sombreadas hacia las que ocupan los estratos superiores (Charles-Edwards et al, 1987). Esta redistribución interna del N ha sido interpretada como una adaptación de las plantas que integran una pastura para eficientizar la función fotosintética del N (Lemaire y Gastal, 1997).

En un estudio detallado sobre la variación del contenido proteico, de MS y de CNES (Cecconi, 2006) se caracterizó la evolución de los mencionados parámetros durante el ciclo inicial de crecimiento otoñal y los dos rebrotes subsiguientes en un verdeo de raigrás anual tetraploide fertilizado con suficiente N y fósforo y sólo con fósforo (120 y 0 kg de N.ha⁻¹, 30 kg de P.ha⁻¹, ambos aplicados a inicios de otoño). Los niveles más altos de contenido proteico se registraron obviamente en el crecimiento inicial, con valores promedio del orden del 18 % en 0N y 26 % en 120N, decreciendo paulatinamente en los rebrotes sucesivos. Esta caída es atribuible a la progresiva disminución de la disponibilidad del mineral en el suelo debido a la extracción realizada por la pastura. Es importante señalar que el tratamiento sin suministro de N tuvo un alto aporte edáfico del mineral (80 kg.ha⁻¹) debido a que el ensayo se realizó en un suelo de alta fertilidad. Por tal razón los contenidos proteicos fueron comparativamente elevados a los normalmente obtenidos en ensayos realizados en suelos más pobres.

Si se comparan las tendencias en contenido proteico y en contenido de MS, se observa que ambas tienden a complementarse (van en sentido contrario). El hecho de que un alto contenido proteico se asocie con un alto contenido de humedad en el forraje es debido a que las moléculas de proteína son ricas en agua. Dicho de otra forma, un forraje de alto contenido proteico necesariamente presentará alto contenido de agua intracelular y, por ende, bajo contenido de MS.

2.2.2. CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES

Se acepta que el bajo contenido de carbohidratos no estructurales (-CNES- o solubles) limita el suministro de energía requerida por los microbios del rumen para transformar el amonio en proteína microbiana. También la literatura menciona que altos niveles proteicos y bajos niveles en el contenido de carbohidratos pueden en teoría limitar la producción animal (Beever et al., 1978; Elizalde y Santini, 1992).

Este parámetro, al igual que el contenido proteico, presenta marcadas variaciones temporales. Los CNES son un producto de la actividad fotosintética que las plantas utilizan como esqueletos carbonados para construir sus tejidos, o sea, para crecer, para producir MS. Cuando las condiciones para ello son favorables, por ejemplo cuando las pasturas no sufren limitaciones climáticas o de disponibilidad de nutrientes, el contenido de carbohidratos tiende a bajar para asistir la demanda de los meristemas de crecimiento. Lo inverso ocurre frente a condiciones restrictivas: por ejemplo, ante una sequía el contenido de CNES solubles aumenta. Igualmente, si se compara una pastura fertilizada y otra carenciada en nutrientes edáficos, la última crecerá poco y, por ende, tendrá

un nivel de carbohidratos comparativamente superior a la primera. Lo mismo ocurre con un material forrajero más precoz que otro: mientras inicialmente el primero tendrá niveles bajos de carbohidratos, el segundo manifestará similar patrón y similares niveles pero sólo que más tardíamente. La variación a lo largo del día puede también presentar fluctuaciones de importancia.

El patrón general muestra valores mínimos por la mañana y máximos que se alcanzan por la tarde. Esta fluctuación se debe al cese de la fotosíntesis con la reducción lumínica vespertina y, paralelamente, al consecuente "consumo" de una parte de los carbohidratos disponibles para mantener las actividades vitales de las plantas durante la noche.

Resultados del trabajo de Ceconi (2006), mencionado previamente, muestran que los valores mínimos estacionales y diarios de contenido de CNES fueron siempre superiores a 14 % en el tratamiento 120N y a 20 % en el testigo.

En días nublados con alta fertilización los valores llegaron a un valor mínimo promedio diario del orden del 10 %. De manera interesante, esta tendencia resultó rápidamente revertida desde el primer día soleado posterior. Los valores obtenidos en el ensayo son consistentes con los encontrados generalmente en la literatura en pasturas en activo crecimiento, pudiendo ser menores por muy corto plazo, como por ejemplo en las primeras horas del día o en rebrotes muy rápidos durante inicios de primavera.

CONSIDERACIONES FINALES

En el planteo general realizado subyace una concepción de manejo de pasturas orientada a "construir" pasturas con estructuras que faciliten el pastoreo y que mantengan alto valor nutritivo para el ganado.

El envejecimiento del forraje ha sido planteado como un proceso clave en la definición de la calidad nutritiva de las pasturas que abre una perspectiva interesante para interpretar resultados de productividad animal y para el diseño de estrategias especializadas para el manejo de pasturas.

Los fenómenos de caída de la proporción de hojas y del contenido proteico del forraje indican que toda acumulación excesiva de biomasa acarreará inexorablemente un deterioro de la calidad de una proporción considerable del forraje total de la pastura. Si bien variaciones de este tipo ocurren también como consecuencia de cambios fenológicos, tales como pasaje al estado reproductivo (los mismos no fueron tratados en este artículo por existir abundante literatura al respecto), los resultados presentados en este artículo revelan que las pasturas vegetativas están igualmente sujetas a marcadas variaciones en la calidad del forraje, si no son oportuna y adecuadamente pastoreadas. Tales variaciones son altamente controlables mediante indicadores simples de estado de las pasturas, como la biomasa acumulada de forraje.

El contenido de CNES mostró amplias variaciones a lo largo del ciclo de crecimiento y a lo largo del día. Los niveles mínimos fueron de 14 % en la pastura fertilizada con 120 kg de N.ha⁻¹ y 20 % en el tratamiento testigo. Si bien la recurrencia de días nublados redujo estos valores a niveles diarios del orden del 10 %, la tendencia se revirtió rápidamente al primer día soleado posterior. La implicancia en producción animal de las variaciones en CNES en las pasturas es aún un tema de amplio debate y de intensa investigación, que todavía no ha permitido arribar a conclusiones definitivas.

Finalmente, cabe recordar que hasta el presente no se dispone de una definición de calidad, o de sus sinónimos, y que existen dificultades para cuantificarla debido las restricciones que imponen las metodologías disponibles. Más allá de ello, una condición esencial para favorecer el aprovechamiento eficiente de la calidad nutritiva inherente al forraje, entre otras, es que las pasturas sean foliosas, densas y con alta contribución de tejidos no envejecidos. Queda aún por establecer el potencial de las pasturas para satisfacer los requerimientos de las distintas producciones y de ciertos productos diferenciados.

Volver a: [Sistemas de pastoreo](#)