

# VALOR NUTRITIVO DE LAS PASTURAS

Ana Inés Trujillo y Gonzalo Uriarte

## INTRODUCCIÓN

El valor nutritivo de un forraje debe reflejar su capacidad de satisfacer los requerimientos de un animal para un objetivo de producción particular y la mejor manera de expresarlo es a través de la producción animal obtenida o “respuesta animal” cuando la pastura es ofrecida al animal.

El valor nutritivo es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos, en producto animal. A su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración de nutrientes en ese forraje y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos (Hodgson, J, 1990)

Como resulta muy dificultoso determinar el valor nutritivo de todos los forrajes a través de determinaciones de respuesta animal, tanto por la gran cantidad y variedad de los mismos, como por las múltiples y complejas interacciones planta-animal-ambiente involucradas, en general, cuando se habla de valor nutritivo se hace referencia a uno o más de los componentes mencionados anteriormente.

En este trabajo se presentan algunas definiciones de términos relacionadas a las pasturas, los principales factores que influyen en su valor nutritivo y algunas pautas de análisis y evaluación del valor nutritivo de las pasturas en nuestro país.

## I. FORRAJES Y PASTURAS

Los **forrajes**, término muy genérico, comprenden todos aquellos materiales vegetales -incluyendo tallo, hojas, semillas, flores- que pueden ser consumidos por el animal. Este material puede ser verde o seco, cosechado por el animal o por el hombre (Church, 1984). Bajo esta terminología quedan comprendidos todas las pasturas naturales o artificiales, los verdes, las distintas formas de conservación (henos, henilajes y ensilajes) y los rastrojos o residuos vegetales que quedan en el campo luego de realizada la cosecha de los granos.

La característica particular de los forrajes es que son alimentos voluminosos, es decir con baja densidad física y que presentan alta proporción de pared celular en su materia seca.

Existen diversas clasificaciones de los alimentos según los criterios considerados para su agrupación. La clasificación publicada en las Tablas Latinoamericanas de Clasificación y Composición de Alimentos agrupa a los forrajes en las tres primeras clases denominadas:

Clase 1: Forrajes secos y alimentos toscos

Clase 2: Forrajes frescos

Clase 3: Forrajes ensilados

De acuerdo a esta clasificación, la Clase 2 comprende a “pasturas, plantas de praderas y forrajes suministrados verdes, incluyendo todos los forrajes que no han sido cortados y secados” (McDowell et al., 1974)

En esta definición, y considerando la particularidad de nuestro país, estarían comprendidas las pasturas naturales, las pasturas sembradas y los verdeos o cultivos forrajeros.

En general, el término “**pradera**” o “**campo**” hace referencia a tierras cuya vegetación potencial justifica su explotación como tierras de pastoreo (adaptado de Semple, 1970), mientras que el término “**pastura**” se refiere al material vegetal que crece en esas tierras (excepto semillas y raíces) y que son destinados a la alimentación de los herbívoros (adaptado de Church, 1984). Comúnmente, la terminología utilizada combina los dos componentes (tierra y material vegetal) y se la categoriza en nativa o natural vs. sembrada o artificial.

**Pastura natural** (también llamada campo natural o pradera natural) son tierras cuyo tapiz natural está compuesto principalmente por gramíneas nativas, las cuales se han formado sin la intervención del hombre, y con una producción de forraje estacional, de calidad y cantidad variables.

El tapiz natural del Uruguay está formado por numerosas especies de diferentes características morfológicas y biológicas, mezcladas en proporciones fluctuantes, mostrando una dinámica muy intensa. El principal componente son las gramíneas, acompañado de una cantidad pequeña de leguminosas y un conjunto elevado de malezas. En general, hay una predominancia de especies estivales con una mayor producción de forraje en el período primavera-estivo-otoño (Carámbula, 1996).

Debido a una evolución desfavorable en la composición nativa de estos campos (disminución de leguminosas y aumento de malezas) es frecuente la mejora con siembra de especies que tengan buena adaptación denominándolos campos naturales mejorados.

**Praderas sembradas** (también llamadas praderas artificiales) son tierras cuyo tapiz está compuesto por gramíneas, leguminosas o mezclas (con diferente potencial de producción de forraje estacional) sembradas por el hombre con una duración potencial plurianual. En este grupo se pueden incluir algunas especies compuestas que complementan a las gramíneas y leguminosas. En nuestro país, es común la siembra de praderas de vida corta (mezcla de una especie anual con una bianual) y de praderas de mayor duración o permanentes (mezclas de especies que combinan sus ciclos pudiendo durar más de 2 años).

Se les denomina **verdeos o cultivos forrajeros** a aquellos cultivos que se siembran para ser consumidos en su etapa de “forraje verde”. Su característica principal es la de presentar alta productividad en un período corto coincidente con momentos en que la curva de crecimiento de las pasturas decae.

## II. FACTORES QUE INCIDEN EN EL VALOR NUTRITIVO DE LAS PASTURAS

Las pasturas y otros tipos de forrajes, muestran gran variación en su valor nutritivo en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta. Estas diferencias se deben, además, a las variaciones en las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilizaciones), al material genético y al manejo.

La composición de la materia seca de todas las pasturas es muy variable y el contenido de humedad es alto y variable (60-85%). A los efectos de comprender los principales nutrientes que aportan las pasturas, se presenta en el cuadro 1 los rangos de valores de los principales componentes hallados en la bibliografía.

Cuadro 1. Concentración de los principales componentes de las pasturas

Componentes de las pasturas	Concentración (% base seca)
Proteína cruda	3 – 30
Carbohidratos estructurales	40 – 60
Carbohidratos no estructurales	4 – 20
Extracto al éter	3 – 8
Cenizas	7 – 13

Los carbohidratos representan el 45 – 80 % de la materia seca y constituyen la principal fuente de energía para el rumiante. De acuerdo a su rol en la planta se los clasifica en estructurales y no estructurales. El primer grupo constituye la mayor parte de la pared celular incluyendo hemicelulosas, celulosas y pectinas, y en el último grupo están agrupados los azúcares simples y complejos que participan en el metabolismo intermediario o son almacenados. Las gramíneas templadas almacenan almidón en sus semillas pero fructanos en tallos y hojas, con contenidos entre 5 y 20 % de la materia seca (Van Soest, 1994). Los contenidos de compuestos de reserva y de azúcares libres dependen de las condiciones ambientales imperantes (condiciones que favorecen la fotosíntesis o que favorecen el crecimiento de la planta), como consecuencia, existen importantes variaciones en el contenido de azúcares solubles a lo largo del día y en las distintas estaciones de crecimiento (Van Soest., 1994)

El tenor en proteína cruda es uno de los componentes más variable en las pasturas, los factores que inciden sobre el valor nutritivo modificarán notoriamente el contenido de proteína. Las proteínas foliares se concentran principalmente en los cloroplastos, a su vez el 40 % de estas proteínas cloroplásticas son solubles en soluciones tampón y están constituidas en su mayoría por la fracción 1 ó ribulosa 1-5 difosfato carboxilasa que cataliza la fijación del CO<sub>2</sub> (Jarrige et al., 1995). Los constituyentes no proteicos representan de un 20 a un 35 % del nitrógeno total (Church, 1984)

Los lípidos de las pasturas constituyen cuantitativamente una pequeña fracción que tiene poca variación. En este grupo se incluyen una variedad de compuestos diferentes, pero los principales son los galactolípidos y los fosfolípidos. El ácido linolénico constituye más del 50% del total de ácidos grasos y le siguen en orden el

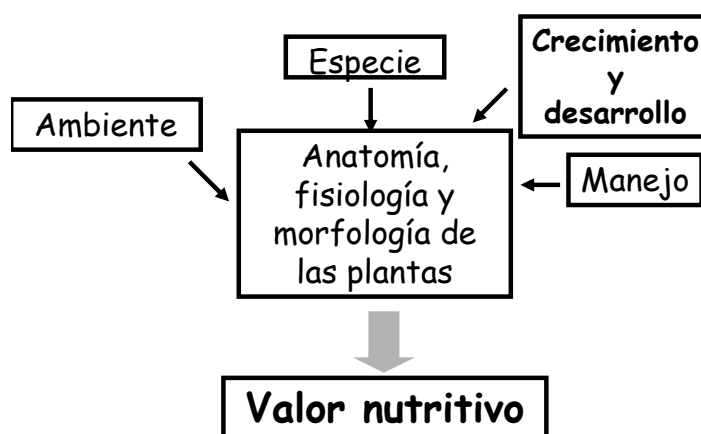
linoleico y el palmítico. En esta fracción también se incluyen los pigmentos, que en el caso de las plantas verdes, desde el punto de vista nutricional el más importante es el  $\beta$ -caroteno que es el precursor de la vitamina A.

El valor de cenizas totales estima solamente la proporción de compuestos inorgánicos que presenta la planta y es muy común la contaminación con tierra en las muestras de pastura. El contenido de los distintos minerales de las pasturas, al igual que las fracciones orgánicas, es muy variable, ya que es muy afectado por la fertilidad del suelo, la fertilización, los factores genéticos y los climáticos. Las pasturas naturales, dependiendo del tipo de suelo y sobre todo de la época del año pueden ser deficientes en uno o más minerales.

El valor nutritivo de las pasturas, como se dijo anteriormente, se puede medir como la capacidad para aportar los nutrientes requeridos por el animal. En condiciones de pastoreo (y considerando animales de producción media) las pasturas aportan todos los nutrientes que el animal necesita, aunque debido a su producción estacional marcada, existen momentos durante el año en que los animales no ven cubiertos sus requerimientos. Pero si las demandas son mayores (animales de alta producción), algunos componentes de las pasturas se tornan limitantes, ya sea en cantidad como en el balance de los nutrientes aportados (proteínas, carbohidratos solubles, minerales) (Cangiano, 1997).

En la figura 1 se presentan los principales factores que inciden sobre el valor nutritivo de las pasturas. Los distintos factores modifican el valor nutritivo a través de cambios en la anatomía y fisiología de la planta.

Figura 1. Principales factores que afectan el valor nutritivo de las pasturas.



La base conceptual que explica las diferencias en el valor nutritivo de las pasturas radica en la anatomía, fisiología y bioquímica de la planta (células, tejidos) y en su composición morfológica (distribución y proporción de órganos) (Norton, 1981 citado por Hacker, 1981)

Desde un punto de vista funcional, es posible diferenciar en una planta los siguientes tejidos:

- a. Tejidos de asimilación y síntesis (tejidos parenquimatosos)
- b. Tejidos de conducción y transporte de sustancias (tejido vascular: floema y xilema)
- c. Tejidos de sostén o mecánicos (esclerénquima y colénquima)
- d. Tejidos de recubrimiento o protección (epidermis)

Estos tejidos son degradados en forma diferencial por los microorganismos del rumen estableciéndose el siguiente orden: en primer lugar los tejidos que más rápidamente son degradados son los parenquimatosos (clorofiliano y de reserva) y el floema, le siguen la epidermis y la vaina parenquimática, luego el esclerénquima y por último el tejido vascular lignificado (Akin, 1981 citado por Hacker, 1981).

La hoja, que cumple una función de síntesis y asimilación de carbohidratos, presenta alta proporción de tejido parenquimatoso localizado en el mesófilo (tejidos comprendidos entre la epidermis del haz y envés de las hojas). Esto le imprime características de altos contenidos de nitrógeno y carbohidratos no estructurales y por consiguiente elevado valor nutritivo.

Los tallos presentan alta proporción de tejido vascular y de tejidos de sostén, y su valor nutritivo se considera variable ya que depende del contenido de carbohidratos estructurales que presente.

Los órganos de reserva de nutrientes (semillas, tubérculos, etc.) constituyen estructuras de supervivencia y tienen alto valor nutritivo, mientras que las estructuras de defensa, que implican tejidos lignificados y altos contenidos de cutina, se caracterizan por su bajo valor nutritivo.

La proporción de las diferentes partes en la biomasa aérea de una planta o comunidad vegetal, expresada en porcentaje o como la relación entre ellas, es la que se define como composición morfológica de una planta o una pastura (hoja, pecíolo, tallo en leguminosas, lámina, vaina, tallo en gramíneas, relación hoja:tallo).

## **1. Factores genéticos: Especie vegetal**

Las características anatómicas, fisiológicas y químicas de cada especie determinan su valor nutritivo potencial, la mayoría de esas características vienen expresadas en la genética de cada especie, otras se adquieren por efectos ambientales, nutricionales y de manejo.

### **Leguminosas vs. Gramíneas**

Las gramíneas y leguminosas tienen características que las hacen fáciles de identificar (Anexo 1). Las hojas de las gramíneas son alargadas con una marcada nervadura central (generalmente lignificada) que le imprime una cierta estructura y el origen de la lámina (llamada vaina foliar) envuelve el tallo encima del nudo al que está conectada. Al contrario, las hojas de las leguminosas son anchas, con una

función netamente metabólica y están conectadas al tallo por un pecíolo. Los tallos de las leguminosas varían mucho entre las especies en cuanto a su tamaño y el grado de ramificación y lignificación. Básicamente encontramos dos tipos morfológicos bien diferentes en las leguminosas: plantas estoloníferas, como el trébol blanco y plantas de tallos erectos como la alfalfa. En las gramíneas, si bien tienen una estructura morfológica muy semejante entre especies, también se presentan plantas cespitosas con hábitos de crecimiento en matas, y otras con hábito rastrero o decumbente.

### Composición química y digestibilidad

El contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3% en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 30% en una pastura muy tierna y fertilizada. En términos generales, el contenido de pared celular está inversamente relacionado con el contenido de proteína, el contenido de celulosa suele ser de 20 a 30% de la materia seca, en tanto que las hemicelulosas pueden variar entre 10 y 30 %. Los carbohidratos solubles de las gramíneas incluyen fructanos y azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa), su contenido es muy variable y puede oscilar entre 2.5 y 30 % de la materia seca (Church, 1984).

Los compuestos nitrogenados más importantes de las gramíneas se encuentran en forma de proteína. La degradación ruminal de los compuestos nitrogenados de las gramíneas suele ser elevado en forrajes inmaduros aunque descienden a medida que los forrajes maduran. El contenido de nitrógeno no proteico varía con el estado fisiológico de las plantas, cuanto más favorables son las condiciones para el crecimiento, mayor es el contenido en nitrógeno no proteico y en nitrógeno total.

Las leguminosas, desde el punto de vista nutritivo, son superiores en contenido de nitrógeno, y en minerales (calcio y magnesio, principalmente) que las gramíneas. Presentan un menor contenido de pared celular (pero más lignificada) cuando se las compara, en etapas de madurez equivalentes, con las gramíneas. El principal azúcar es la sacarosa, no contienen fructanos pero sí se encuentra almidón (contenidos de hasta 5% en base seca en las hojas secas de trébol rojo). Las leguminosas también son más ricas en pectinas (polisacárido rico en ácido galacturónico que se encuentra principalmente en la laminilla media de las paredes celulares de las plantas) que las gramíneas (Church, 1984).

El cuadro 2 resume algunos de los contenidos de nutrientes en gramíneas y leguminosas sembradas en el país, en el mismo se aprecian los valores promedios y los rangos de variación de los principales componentes.

Además de las grandes diferencias que existen en la digestibilidad de las distintas partes de la planta, existe gran variación en la digestibilidad dentro de una fracción.

Cuadro 2. Resumen de información nacional de composición química de gramíneas y leguminosas (Marichal y col., inédito)

<b>Composición Química (% b.seca)</b>	<b>Gramíneas</b>	<b>Leguminosas</b>
<b>Materia seca</b>	<b>25.1</b> <b>(19.75- 30.5)</b>	<b>26.8</b> <b>(21.2 - 30)</b>
<b>Proteína cruda</b>	<b>14.6</b> <b>(6.28-18.9)</b>	<b>22.6</b> <b>(20.2- 25.7)</b>
<b>Pared celular (FDN)</b>	<b>54.9</b> <b>(52.1 - 60.4)</b>	<b>45.7</b> <b>(44.5 - 47.3)</b>
<b>Lignina (LDA)</b>	<b>2.88</b> <b>(1.4 - 3.05)</b>	<b>8.5</b> <b>(6.7 - 10.35)</b>

La digestibilidad de las hojas puede variar de 18% a 84 % con una media de 54%. Esta variación es causada por factores genéticos, ambientales, nutricionales y estado fenológico de la planta. El rango de variación y el valor promedio es diferente para gramíneas y leguminosas. Dentro de las gramíneas, las digestibilidades de las láminas varían entre 41 y 81 % donde los menores valores los presentan las gramíneas tropicales. El rango de valores de digestibilidad de la hoja de las leguminosas es de 55 a 82 % con una media de 71 % (Norton, 1981 citado por Hacker, 1981).

La variación en la digestibilidad de los tallos también es causada por los mismos factores que se mencionaron para la fracción hoja y en términos generales la digestibilidad de los tallos de las leguminosas es menor que la digestibilidad de los tallos de las gramíneas.

Las diferencias en valor nutritivo entre las gramíneas y leguminosas se relacionan con su composición química, con el nivel de consumo y con la utilización de los nutrientes a nivel digestivo y metabólico. En general, las leguminosas presentan mayores tasas de consumo y mayor consumo voluntario diario, explicado fundamentalmente por las tasas de degradación y de pasaje (Cuadro 3). Las diferencias en tasa y nivel de consumo también están asociadas a diferencias físicas de resistencia a la ruptura, distribución espacial de hojas y tallos, etc., factores que pesan a favor de las leguminosas.

Cuadro 3. Tasas de degradación, de pasaje y de desaparición ruminales de una leguminosa vs. una gramínea templadas en estado vegetativo (adaptado de T. Barry, 2001)

	<b>Trébol blanco</b>	<b>Raigrás perenne</b>
<b>TDF (%/hr)</b>	<b>8.8</b>	<b>6.3</b>
<b>TPF (%/hr)</b>	<b>8.3</b>	<b>6.3</b>
<b>TTDF (%/hr)</b>	<b>17.1</b>	<b>12.6</b>

TDF: tasa de degradación fraccional en rumen; TPF: tasa de pasaje fraccional en rumen;  
TTDF: tasa total de desaparición fraccional en rumen

Asimismo, es posible encontrar diferencias en la eficiencia de utilización de la energía metabolizable absorbida por ovinos en crecimiento cuando se consumen leguminosas frente a gramíneas (Minson, 1990). En el cuadro 4 se muestran diferencias en las ganancias de peso relativas a un valor base de 100 del raigrás perenne, de ovejas consumiendo diferentes pasturas puras en Nueva Zelanda. La mayor eficiencia con la que la energía es usada para la ganancia de peso en ovinos jóvenes se podría explicar por diferentes patrones de producción de ácidos grasos volátiles producidos durante la fermentación y por una mayor absorción de proteína por unidad de energía consumida para las leguminosas en comparación con las gramíneas (T. Barry, 2001).

Cuadro 4. Respuestas en ganancia de peso (relativas a un valor 100 del raigrás perenne) de ovinos consumiendo diferentes pasturas puras en Nueva Zelanda (tomado de Ulyatt, 1981)

<b>Especie</b>	<b>Ganancia de peso relativa al raigrás</b>
<b>Gramíneas:</b>	
Raigras perenne	100
Raigrás Italiano ( <i>Lolium multiflorum</i> )	160
Timothy	129
<b>Leguminosas:</b>	
Trébol blanco	186
Alfalfa	170
Lotus pedunculatus	143

Una consideración adicional, pero no poco importante, es la presencia en algunas leguminosas y gramíneas de ciertos compuestos secundarios. En el caso de las leguminosas, los contenidos de taninos, alcaloides, sustancias estrogénicas y/o meteorizantes, son los que pueden provocar trastornos nutricionales y reproductivos en animales en pastoreo. Algunas gramíneas, como sorgos y sudangrás, contienen glucósidos cianogénicos y en tallos jóvenes de festuca se presentan niveles de alcaloides tóxicos que reducen marcadamente el consumo debido a los efectos negativos en la digestión de la celulosa (Van Soest, 1994)

### **Especies tropicales vs. especies templadas**

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales para las distintas regiones, tropical, subtropical y templada son diferentes, es posible suponer que las especies forrajeras que se han adaptado a las mismas, pueden diferir en su respuesta a los principales parámetros climáticos. En este sentido, es posible ubicar a las gramíneas forrajeras en dos grupos: por un lado tropicales y subtropicales (Clorídeas y Paníceas) y por otro lado templadas (Festúceas) (Carámbula, 1996). Los dos grupos de gramíneas difieren ampliamente entre sí en su respuesta a variaciones de luz y temperatura y su diferente comportamiento forrajero se debe fundamentalmente a diferencias en el metabolismo fotosintético (plantas C3 y plantas C4). En cuanto a las leguminosas, todas poseen las mismas características de fotosíntesis, respiración y utilización del agua que las gramíneas templadas (Van Soest, 1994).

En el caso específico de nuestra región, las condiciones climáticas permiten el crecimiento de una gama importante de plantas forrajeras, tanto especies de tipo templado como de tipo sub-tropical o tropical (Carámbula, 1996)

Las gramíneas comprenden especies C3 (comúnmente llamadas especies templadas) y C4 (comúnmente llamadas también especies tropicales) que se diferencian entre sí en que producen sustancias con 3 o 4 átomos de carbono respectivamente, como compuestos intermediarios de la fotosíntesis.

Las plantas C4 tienden a presentar tasas de crecimiento y producción de materia seca mayores a las C3 (son fotosintéticamente más eficientes que las C3) así como una mayor adaptación a ambientes cálidos y áridos, pero su valor nutritivo es menor que las C3 (Carámbula, 1996).

Existen diferencias anatómicas importantes que explican las diferencias en valor nutritivo. El tipo de arquitectura (altas y erectas) de muchas especies C4, requiere un mayor porcentaje de tejidos de sostén (esclerenquima). A su vez estas especies presentan, en general, menor proporción de mesófilo (28-47% vs. 53-67%) y mayor proporción de tejido vascular (6-12% vs. 3-9%) que las C3 y poseen vainas parenquimáticas bien desarrolladas (12-33 % vs. 5-20%) con cloroplastos adyacentes al tejido vascular (Jarrige et al., 1995). El medio ambiente en que se desarrollan, además, lleva en la mayoría de los casos, a la formación de paredes celulares gruesas, hojas rígidas y a un proceso rápido de lignificación.

También es importante señalar que las especies C3 en términos generales han sufrido una mayor presión de selección que las C4. Un ejemplo es el maíz, planta C4

que ha sido alterada genéticamente, y si bien deriva de ancestros tropicales presenta alto valor nutritivo.

La mayoría de las gramíneas tropicales domésticas son plantas C4, mientras que la mayoría de las gramíneas perennes templadas, así como todas las leguminosas (incluyendo las tropicales) son plantas C3.

Las diferencias en composición química de gramíneas templadas y tropicales refleja además de una diferencia anatómica, una diferencia de composición morfológica. Las gramíneas tropicales presentan en promedio menor proporción de láminas, fracción de mayor valor nutritivo como se visualiza en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Composición morfológica (% de la materia seca) de gramíneas templadas y tropicales (Jarrige et al, 1995)

Tipo de Gramíneas	Fracción morfológica		
	-----% de la MS-----		
	Lámina	Vaina	Tallo +estolón+ inflorescencia.
<b>Tropicales (n=14)</b>	<b>31 – 76</b>	<b>22 - 36</b>	<b>2- 44</b>
<b>Templadas (n=6)</b>	<b>58 – 96</b>	<b>5 - 20</b>	<b>0 - 22</b>

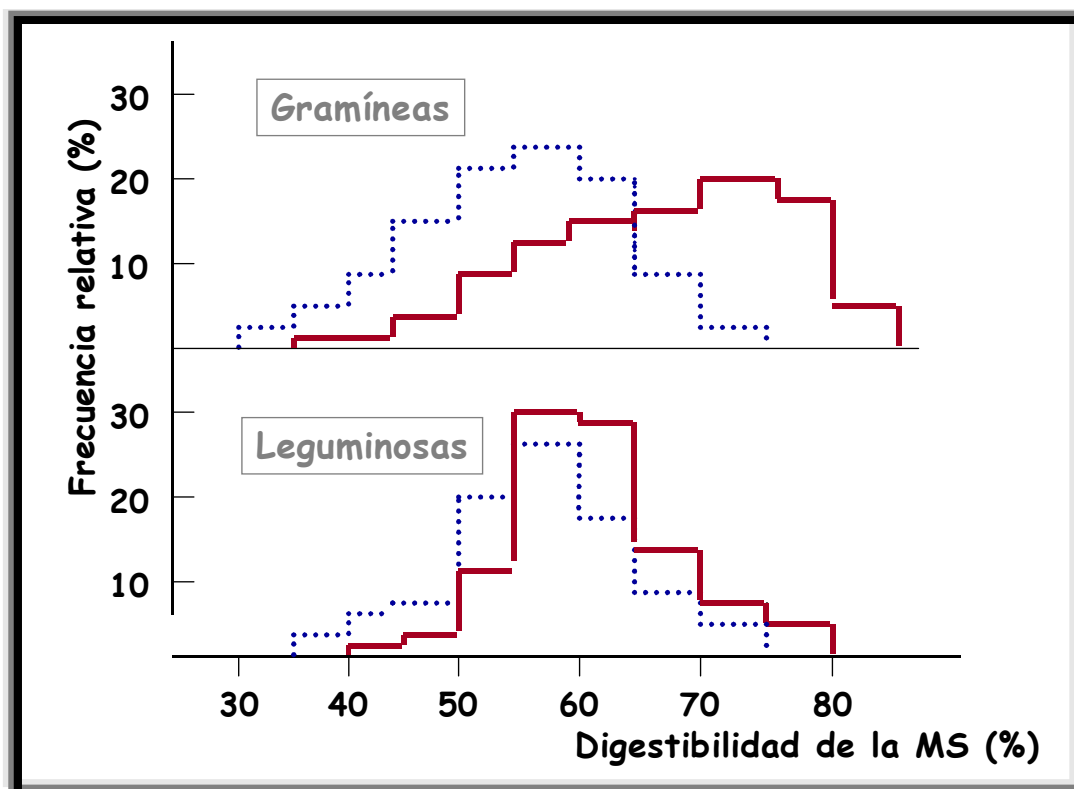
En relación al contenido de proteína cruda, las leguminosas tropicales presentan un rango de valores similar a las leguminosas templadas. El valor medio en leguminosas tropicales es de 16.5 % con un rango de 6 a 30% (Minson, 1990). En gramíneas, si bien el rango de contenido de proteína cruda en tropicales y templadas es similar, existe una alta proporción de gramíneas tropicales (53%) que presentan valores de proteína inferiores a 9%, mientras que las templadas con valores inferiores a 9 constituyen el 32%. Con el avance de madurez, las gramíneas tropicales disminuyen su contenido en proteína hasta valores menores que lo que ocurre en gramíneas templadas (Norton, 1981 citado por Hacker, 1981).

En las gramíneas templadas, el carbohidrato de reserva fructano, es el más abundante y se encuentra principalmente en los tallos. Las de origen tropical y subtropical acumulan en los tejidos vegetativos almidones en lugar de fructanos (Van Soest, 1994)

En referencia a los valores de digestibilidad, las leguminosas tropicales presentan en promedio, 56% de digestibilidad con un rango que varía entre 30 y 76%, comparando con un valor medio para templadas de 61%. Las gramíneas templadas presentan una significativa superioridad en digestibilidad con respecto a las tropicales, 68.2 % vs. 55.4 5% (Norton, 1981 citado por Hacker, 1981)

Al observar el histograma de frecuencia de valores de digestibilidad de gramíneas y leguminosas (Figura 2) se observa que el rango de digestibilidad está claramente desfasado hacia los valores bajos en las tropicales. En las leguminosas, los histogramas de frecuencias prácticamente se superponen, aunque las leguminosas tropicales presentan mayor frecuencia de ocurrencia de valores de digestibilidad más bajos comparados con las templadas.

Figura 2.



**Histogramas de frecuencias de valores de digestibilidad para gramíneas templadas (enteras) y tropicales (punteada) y leguminosas templadas (entera) y tropicales (punteada). Van Soest, 1994-**

Las especies templadas presentan mayores tasas de digestión y menor resistencia a la ruptura o aprehensión por parte del animal lo cual favorece un mayor nivel de consumo. La diferencia anatómica resulta también en diferencias físicas relacionadas a la reducción del tamaño de partícula por masticación (Minson, 1981 citado por Hacker, 1981)

En términos generales, las especies templadas tienen mayor valor nutritivo que las tropicales, presentando mayores valores de digestibilidad y consumo voluntario, así como mayores tenores de proteína cruda y otros nutrientes como minerales (principalmente fósforo). En general, las leguminosas y las gramíneas templadas tienen menor contenido de pared celular (y la composición de esa pared celular presenta menor contenido de lignina y mayor relación celulosa/hemicelulosa) que las leguminosas y gramíneas tropicales, respectivamente (Van Soest., 1994).

Las características mencionadas anteriormente de las pasturas afectan notablemente las producciones animales. En el caso de gramíneas tropicales y subtropicales, la limitante mayor es un consumo bajo de energía digestible y en proteínas (asociado a la baja digestibilidad) (Carámbula, 1996).

Por otro lado, procesos productivos animales de alta demanda energética, como puede ser la producción de leche (20-30 kg/vaca/día), altas ganancias de peso o preñez de ovejas melliceras, requieren implementar sistemas de producción de forraje de mejor calidad en base a pasturas mezclas de leguminosas y gramíneas templadas con fines nutricionales en momentos estratégicos del ciclo.

## **2. Crecimiento y desarrollo de las plantas**

El crecimiento de los vegetales, resulta del balance entre dos procesos opuestos: a) fotosíntesis, que fija el anhídrido carbónico en compuestos orgánicos, dependiendo de la superficie foliar y de las condiciones ambientales y b) respiración, que mediante la oxidación de los carbohidratos suministra energía para las demás funciones vitales y que depende también de las condiciones ambientales y del nivel de reserva de la planta (Millot y cols., 1987).

Un balance positivo de ambos procesos, resulta en la acumulación de sustancias que podrán almacenarse en bases de macollos, estolones y raíces o trasladarse a tejidos jóvenes en actividad, facilitando entonces la formación y desarrollo de nuevas hojas y raíces, que a su vez incidirán en las posibilidades de desarrollo futuro (Millot y cols., 1987)

Desde el punto de vista del desarrollo fenológico de la planta, se diferencian dos estados diferentes en términos de su comportamiento fisiológico y su respuesta al pastoreo: a) el estado vegetativo, que comprende la generación de hojas y macollos o tallos, previo a la iniciación de la inflorescencia, y b) el estado reproductivo, que abarca el período comprendido entre la iniciación de la inflorescencia y su evolución posterior, hasta el desarrollo de las semillas (Cangiano, 1977). Por avance de madurez de la pastura se entiende los sucesivos cambios morfofisiológicos que culminan en la aparición del ciclo reproductivo.

Este desarrollo es acompañado por una disminución del valor nutritivo causado fundamentalmente por un incremento en el contenido de pared celular y una disminución en la digestibilidad.

En relación a las variaciones morfológicas, tanto en gramíneas como leguminosas, se produce un aumento en la proporción de tallos. Simultáneamente ocurren cambios químicos que resultan en una menor digestibilidad del tallo (aumento en la proporción de pared celular fundamentalmente de los componentes hemicelulosa y lignina) y una reducción de los compuestos nitrogenados y solubles. El efecto doble de incremento de la proporción de tallos cuya digestibilidad disminuye resulta en una disminución de la digestibilidad de la planta entera. Algunas leguminosas, como el trébol blanco, mantienen una digestibilidad alta a medida que maduran a diferencia de otras (trébol rojo, alfalfa). Esto se debe a que el material cosechable en el trébol blanco son solamente los limbos y los pecíolos (planta estolonífera, donde el tallo prácticamente queda inaccesible para el animal pero las yemas terminales son

removidas con el pastoreo) y se produce una renovación continua de la planta a medida que el material más viejo es reemplazado por un nuevo crecimiento (Van Soest, 1994).

Si bien el sentido de los cambios es igual para todas las especies existen diferencias en la velocidad a la cual ocurren así como en la magnitud de los cambios en la planta entera y dentro de cada fracción morfológica (Figura 3). En las leguminosas, la digestibilidad de las hojas permanece prácticamente incambiada, mientras que en las gramíneas disminuye la digestibilidad de las hojas a medida que la planta madura, si bien la magnitud de la reducción en las hojas es menor que en los tallos.

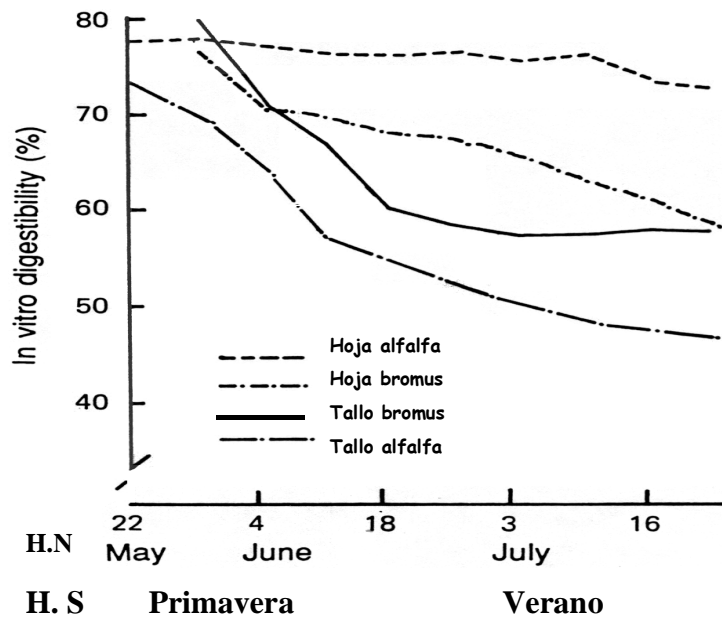


Figura 3. Digestibilidad in vitro de las fracciones hoja y tallo de alfalfa y bromus (valores promedios de 3 estaciones en Ontario, Mowat et al., 1965 citado por Van Soest, 1994)

En el Cuadro 5. se observan los cambios en composición química en las diferentes partes morfológicas de plantas de gramíneas y leguminosas en dos estados fenológicos bien diferenciados (planta joven vs. planta madura).

En las gramíneas, el contenido de proteína cruda tanto en la lámina como en la fracción “tallo más vaina” disminuye marcadamente en la planta madura, si bien la reducción es un poco menor en la lámina. En la leguminosa también se produce una reducción en el contenido de proteína (tanto en la hoja como en el tallo) pero esta disminución es de menor grado que lo que sucede en las gramíneas. La fracción hoja en leguminosas presenta un bajo valor de contenido de pared celular, tanto en planta joven como madura, mientras que la fracción tallo de la leguminosa joven presenta un amplio rango de contenidos y en la planta madura aumenta sensiblemente casi sin variación. En las gramíneas el patrón de reducción es similar en hoja y tallo, presentando un fuerte incremento en la madurez.

Cuadro 5. Contenido de proteína cruda y pared celular en plantas jóvenes y maduras de gramíneas (templadas) y leguminosas (alfalfa) (Demarquilly y Andrieu, 1988 citado por Jarrige et al., 1995)

Fracción (%, BS)	Gramíneas		Leguminosas	
	Láminas	Tallos + vainas	Hojas	Tallos
<b>Proteína cruda</b>				
▪ Planta joven	15-25	10-15	30-33	20-23
▪ Planta madura	7-10	3-5	23-25	9-10
<b>Pared celular*</b>				
▪ Planta joven	25-28	30-35	16-18	30-60
▪ Planta madura	45-50	60-65	23-25	55-60

\*Pared celular= Hemicelulosa+celulosa+lignina

Asociado a los cambios en la composición química de la pastura que se producen en las distintas estaciones del año se producirán también cambios en los parámetros ruminales que se traducirán en la performance animal. En especies templadas y particularmente en verdes invernales, se observa en otoño, que aunque tienen alta digestibilidad las pasturas, el forraje producido presenta alto contenido nitrogenado y bajo aporte de energía resultando en una dieta desbalanceada a nivel ruminal si el forraje la aporta en su totalidad. En primavera, sin embargo, el contenido de carbohidratos solubles se incrementa y el forraje constituye una dieta más balanceada.

Experiencias realizadas en INTA Balcarce (Argentina) mostraron que hubieron diferencias en los parámetros ruminales cuando se pastoreaba un verdeo de avena (invernal) en las diferentes estaciones del año. Los resultados muestran que las diferencias podrían estar asociadas a los contenidos de proteína y carbohidratos solubles. Mientras que en otoño, el contenido de proteína cruda de la avena es muy alto, las cantidades de carbohidratos solubles son bajas si los comparamos con los contenidos en primavera. El desbalance que puede ocurrir a nivel ruminal se refleja en las altas concentraciones de nitrógeno como NH<sub>3</sub> las cuales estarían por encima de la actividad óptima para las bacterias ruminales. Esta situación también causa un patrón de producción de ácidos grasos volátiles menos favorable para ser absorbido, con un descenso del pH ruminal, y un aumento en la demanda de energía para convertir el exceso de nitrógeno en urea desechada a través de la orina (T. Barry, 2001).

### Factores ambientales

Las dos estrategias desarrolladas por las plantas con el objetivo de la supervivencia consisten en almacenaje de sustancias de reserva y defensa contra agresiones externas.

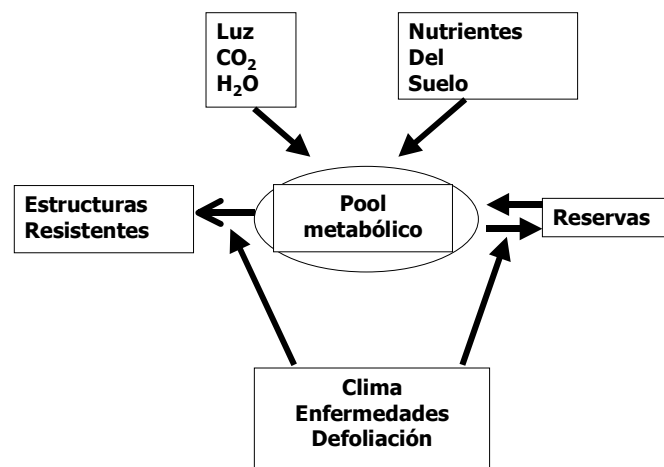
El almacenaje de sustancias de reserva es esencial para la supervivencia en condiciones adversas así como para usarse de base para el rebrote siguiente a

períodos adversos de clima o defoliación (pastoreo o corte). Estas sustancias de reserva son altamente digestibles (Van Soest, 1994).

Los mecanismos de defensa contra agresiones como vientos, enfermedades y pastoreo se realizan mediante la síntesis de compuestos como lignina, cutina, fenoles, taninos, alcaloides cuya presencia reduce el valor nutritivo.

La composición química de las plantas y consecuentemente su valor nutritivo, es el resultado de la distribución de los productos de la fotosíntesis entre los tejidos de la planta. Esta distribución se realiza hacia tres destinos o compartimentos principales: el pool metabólico, el almacenamiento de reservas y las estructuras de sostén y defensa (Figura 4). Desde el punto de vista del metabolismo vegetal, la síntesis de compuestos para resistencia es una vía irreversible, y por lo tanto son sintetizados a expensas del pool metabólico y de las sustancias de reserva. La vía de almacenaje puede ser reversible o irreversible dependiendo del sitio de almacenaje (por ej. en semillas no es reversible).

Figura 4. Relación entre los factores ambientales y los componentes metabólicos de las plantas (Van Soest., 1994)



Los factores ambientales actúan como moduladores de la ocurrencia relativa de las tres vías que pueden seguir los productos de la fotosíntesis, según el conjunto de señales recibidas se priorizará la vía de síntesis de estructuras de defensa, ó el almacenamiento de reservas ó los mismos quedarán disponibles en el pool metabólico.

El resultado de los efectos ambientales está relacionado con el balance entre el efecto en la tasa de fotosíntesis y la tasa de crecimiento de la planta. Si la tasa de fotosíntesis es menos afectada que la tasa de crecimiento, los productos de la fotosíntesis se acumulan como pared celular o como azúcares solubles y aminoácidos para mantener el potencial osmótico.

Los factores ambientales que estimulan el crecimiento promueven el uso de las reservas y el desarrollo de la parte aérea (vegetativa). El envejecimiento conduce a la muerte de los tejidos, trasladándose las reservas a los órganos de almacenamiento (tallos, raíces o semillas) dejando como resultado material muerto, con muy alto contenido en pared celular.

En el cuadro 7 se esquematizan los efectos de los factores ambientales más importantes, sobre el valor nutritivo de las pasturas.

**Cuadro 7** Incidencia de los factores ambientales en el valor nutritivo de los forrajes

	Temp.	Luz	Fert. N	Agua	Defoliación
<b>Producción MS</b>	+	+	+	+	-
<b>CHO solubles</b>	-	+	-	-	+
<b>Nitratos</b>	-	-	+	s/d	s/d
<b>Pared celular</b>	+	-	+/-	+	-
<b>Lignina</b>	+	-	+	+	-
<b>Digestión</b>	-	+	+/-	-	+

Van Soest et al., 1978

La temperatura es el factor que ejerce mayor influencia en la calidad del forraje. Al aumentar la misma, la digestibilidad disminuye como resultado de la combinación de dos efectos: alta temperatura ambiente resulta en aumento de la lignificación de la pared celular, y además promueve un incremento de la actividad metabólica con elevación de la tasa de crecimiento, lo cual disminuye el pool de metabolitos en el contenido celular. Esta actividad reduce el contenido de nitratos, de proteína, y de carbohidratos solubles del pool metabólico, mientras aumentan los componentes de la pared. A mayor temperatura aumenta la actividad enzimática asociada a la biosíntesis de lignina (Van Soest., 1994).

Los cambios producidos por efecto de la temperatura en el valor nutritivo de la planta son similares al efecto del avance de madurez.

El efecto de la luz es ejercido directamente en el metabolismo de la planta a través de la fotosíntesis. Cantidades de luz adicional promueven la acumulación de azúcares y el metabolismo general del nitrógeno. El nitrato de las plantas requiere energía proveniente de la fotosíntesis para su reducción a amonio y síntesis de aminoácidos (a mayor luz menor contenido de nitratos). Por otro lado se mejora la digestibilidad del forraje al disminuir la proporción de pared celular y lignina.

El aumento en el aporte de agua (Cuadro 7) implica aumento en la producción de materia seca con mayor producción de pared celular y lignina por lo cual disminuye

la digestibilidad. Por el contrario, la falta de agua tiende a retardar el desarrollo de la planta y por lo tanto retrasa la maduración.

La fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo sobre la producción de materia seca y el contenido de proteína. Los aminoácidos y las proteínas son sintetizados a partir de los azúcares por lo tanto los carbohidratos solubles disminuyen. Este efecto se acelera a temperaturas altas.

La defoliación (pérdida física de hojas y tallos) le significa un estrés importante a la planta el cual la obliga a movilizar las reservas para formar nuevas hojas y recomponer la capacidad fotosintética (Parsons et al., 1988 citado por Van Soest, 1994). Este proceso frena la lignificación por lo cual la defoliación es siempre positiva para la digestibilidad de la planta.

### **Factores de manejo**

En un sentido amplio, un adecuado manejo de las pasturas debe considerar la interacción pastura-animal-ambiente con el objetivo de alcanzar máximos rendimientos de forraje en cantidad y calidad, con la mejor estabilidad y persistencia de la pastura junto al óptimo de producción animal (Carámbula, 1997).

Existen muchos factores de manejo que inciden en el valor nutritivo de las pasturas. Considerando la interfase planta-animal, podemos considerar:

- Factores del animal y consumo. Existen diferencias entre razas vacunas y ovinas en la cantidad y selectividad del forraje ingerido.
- Carga animal. La dotación o número de animales por há es uno de los factores más importantes en determinar el rendimiento de las pasturas y la productividad animal. Las altas cargas animales pueden llevar a la desaparición de las mejores especies forrajeras y a la aparición de alto número de malezas en pasturas naturales (Carámbula 1996).
- Manejo del pastoreo. A través de distintos tipos de manejo (continuo, controlado, rotativo, en franjas), se ejerce un control sobre el área de pastura que condiciona la calidad y el aprovechamiento de la misma.

Otro factor de manejo que afecta las características de la pastura es el corte para reserva (pasturas sembradas) y la quema (pasturas naturales).

### III. Índices de evaluación de las pasturas

En cuadro 8 se presentan los índices más frecuentes para caracterización de las pasturas.

Caracterización química	Medidas físicas	Bioensayos
Materia seca	Caracterización morfológica: relación hoja:tallo	Consumo
Nitrógeno: PC, NNP, NS		Digestibilidad
CHO E: FDN; FDA; LDA	Densidad, altura, doble estrato	Degradabilidad
CHO NE	Resistencia a la ruptura	Respuesta animal
Lípidos	Composición botánica	
Minerales	Relación verde:seco	
Vitaminas		

### Bibliografía

- Akin, D. E. 1981. Microbial breakdown of feed in the digestive tract **in** Hacker, J. B. 1981. Nutritional Limits to Animal Production. Proc. Int Symp. St. Lucia, Queensland, Australia. CAB, UK.
- Barry, T. 2001. Forage feeding value energy and protein requirements in grazing sheep and cattle.(en prensa)
- Cangiano, A. 1997. Producción animal en pastoreo. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Argentina.
- Carámbula, M.,1996. Pasturas naturales mejoradas. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay.
- Church, D. C., 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay.
- Hacker, J. B. 1981. Nutritional Limits to Animal Production. Proc. Int Symp. St. Lucia, Queensland, Australia. CAB, UK.
- Hodgson, J., 1990. Grazing management. Science into Practice. Longman Handbooks in Agriculture. Longman Group Limited, Hong Kong.
- Jarrige,R. Y Ruckebush,C.Demarquilly, M.-H.Farce.M.Journet. 1995. Nutrition des Ruminants Domestiques. INRA.Paris.
- McDowell. L., Conrad, J and Harris. L., 1974. Tablas de Composición de alimentos de América Latina. Universidad de Florida. Gainesville, Florida.
- Millot, J. C. Risso, D y Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Consultora FUCREA. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Uruguay

Minson, D.J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press. USA

Minson, D. J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake **in** Nutritional Limits to Animal Production. Hacker 1981. Proc. Int Symp. St. Lucia, Queensland, Australia. CAB, UK.

Norton, B. W.. 1981. Differences between species in forage quality **in** Hacker, J. B. 1981. Nutritional Limits to Animal Production. Proc. Int Symp. St. Lucia, Queensland, Australia. CAB, UK.

Semple, A. T., 1970. Grassland improvement. Plant Science Monographs. Ed. Polunin, N. Leonard Hill Books. London.

Ulyatt, M.J. 1981. The feeding value of temperate pastures. In. F.H.W.Morley. Grazing Animals. World Animal Science. B.Disciplinary approach. 1. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, The Netherlands.

Van Soest, P., 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2d. Edition. Cornell University Press. Ithaca and London.