

¿DE QUÉ MANERA SE ANALIZAN LOS PASTOS DE SU FINCA EN EL LABORATORIO?

Ing. Agr. Zoot. David Mora Valverde*. 2012. Engormix.com.

*Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Universidad de Costa Rica.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales](#)

UNA BREVE GUÍA, PASO A PASO, QUE LE PERMITIRÁ COMPRENDER DE MANERA GENERAL LOS ANÁLISIS DE CALIDAD REALIZADOS AL RECURSO FORRAJERO DE LAS FINCAS

Posiblemente usted como productor ganadero se ha preguntado cómo se desarrollan las diferentes pruebas bromatológicas a los pastos de su finca y de cómo estas pueden reflejar una situación determinada que permitirán tomar decisiones que vayan en beneficio de la alimentación de sus animales. El objetivo del presente artículo es aclararle y explicarle de manera sencilla cada uno de los pasos a los cuales se somete una muestra de pastos de su finca para extraerle la información que sirva de herramienta vital en las buenas prácticas en nutrición animal para que con ello usted pueda comprender de mejor manera las sugerencias de su zootecnista de confianza.

EL COMPONENTE FORRAJERO

Como es natural, cada finca pecuaria se encuentra sometida a condiciones muy diferentes dentro de las cuales interactúan variables que no permiten generalizar el desempeño de una pastura simplemente por su especie. Entre ellas, se encuentran las condiciones del suelo donde ésta se desarrolla y del régimen de fertilización de la pastura. Asimismo, es vital el reconocimiento del tipo de explotación a la cual hace ha sometido la pastura directamente por parte de los animales (rotación) ó por acarreo y de su impacto sobre el desempeño nutricional de un forraje, sin olvidar las condiciones de altitud, el régimen de lluvias y los periodos de cosecha de los cortes. Es por ello que no es preciso tomar una decisión agronómica (fertilización del pasto ó manejo físico del suelo) ó nutricional (diseño de dietas) a partir de información genérica importada de otras fincas ó unidades productivas que no necesariamente reflejan la calidad del alimento que estamos produciendo y brindando a nuestros animales. Por ello surge el análisis bromatológico de pasturas, una herramienta básica para el diseño de dietas que utiliza el profesional en nutrición animal.

¿POR QUÉ SE CONOCE COMO ANÁLISIS BROMATOLÓGICO?

Al tratar a las pasturas como un cultivo con requerimientos tan exigentes como cualquier otro producto vegetal, se comprende que es necesario el manejo técnico y profesional de las mismas. En este campo, la bromatología se conoce como la ciencia que estudia a los alimentos en cuanto a su producción, manipulación, conservación, elaboración y distribución, así como su relación con la sanidad. Ésta comprende la medición de las cantidades a suministrar a los individuos de acuerdo con los regímenes alimenticios específicos de cada tipo de animal. Con los forrajes, llevamos nuestro pasto al laboratorio para que a este se le separe en diferentes porciones y que cada porción nos indique cuanto obtenemos de cada componente de interés, llámese energía, proteína, fibras, etc.

LA CÉLULA VEGETAL DEL PASTO

Para una mejor comprensión previo a explicar cada una de las pruebas de laboratorio que se efectúan al pasto, es necesario conocer que éste en su estructura básica, se encuentra formado por células vegetales que a su vez están compuestas por los alimentos que nos interesan, los cuales se encuentran almacenados para el aprovechamiento de la planta. Cada una de estas células tiene una pared celular que es el esqueleto de la célula y el sostén de la planta cuya función es la de proteger los tejidos y contenidos de la misma. Esta protección impide el máximo aprovechamiento de los contenidos de la pared celular por parte de los animales y representa un mecanismo de selección natural de la planta para sobrevivir a las variaciones de temperaturas, el cual se acentúa en el caso de las pasturas tropicales debido a que su pared celular se encuentra aún más protegida en gran parte por el compuesto conocido como lignina, que aporta impermeabilidad a la planta.

DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL PASTO DENTRO DE LA CÉLULA VEGETAL

La morfología básica de las paredes celulares del pasto, así como del resto de plantas está determinada por la celulosa, la cual está formada por carbohidratos fuertemente unidos a los cuales, en el proceso de digestión

animal, solamente tienen acceso las enzimas producidas por los microorganismos del rumen, quienes se alimentan de ella, permitiéndoles su rápida reproducción y crecimiento hasta representar un volumen importante y significativo de flora bacteriana conocida como la proteína microbiana, la cual es un aporte vital dentro de la dieta de los rumiantes.

Estructuralmente, la célula posee dos paredes celulares; la primaria y la secundaria. La pared primaria está compuesta de fibrillas de celulosa, hemicelulosa y proteína con grandes cantidades de pectina que forman un armazón viscoso que consolida toda la pared. Todos estos componentes son responsables de la arquitectura de la planta y de la resistencia a los patógenos y enfermedades. A su vez, esta pared primaria está rodeada de una matriz compuesta igualmente de hemicelulosa, proteína y pectina.

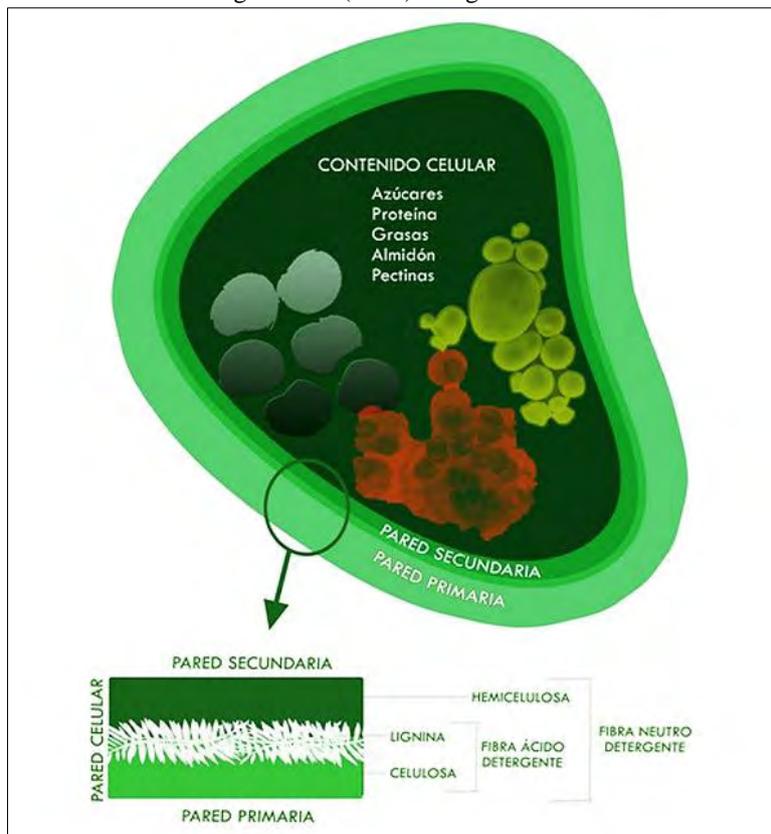
Las hemicelulosas son mezclas de carbohidratos digeribles (glucosas, manosas y galactosas, xilosas y arabinosas, entre otras) de diferentes polisacáridos (azúcares unidos repetidamente) y éstos se encuentran adheridos a la superficie de las microfibrillas de la celulosa. Por ser la hemicelulosa tan variada en sus tipos de carbohidratos y por sus características químicas, éstos son fácilmente solubles en agua y mucho más sensibles a la acción química que la celulosa, por lo tanto más digeribles.

La lignina en la célula es heterogénea, amorfa y altamente ramificada y esta rodea las microfibrillas de la celulosa y de la hemicelulosa y es muy poco sensible al agua. La distribución de la lignina en la célula varía según el tipo de especie de pasto, la cual determina el tipo de lignina formada. Este compuesto es completamente indigerible y el conocer su cantidad en el pasto permite predecir la digestibilidad en materia seca y energía de un alimento debido a que, por encontrarse rodeando los carbohidratos mencionados anteriormente (hemicelulosa y celulosa), dificulta el acceso a los que sí son digeribles.

A la celulosa y la hemicelulosa les corresponden los mayores porcentajes en la constitución de la fibra, seguidas de la lignina y las pectinas. Debido a esta composición tan compleja, es que se hace necesario contar con ensayos relativamente rápidos y confiables para determinar el contenido total de la fibra insoluble en los alimentos para animales.

Figura 1.- La célula vegetal en los pastos y el fraccionamiento de sus paredes. Cartago, 2010.

Modificado de: Segura *et al* (2007). Diagramación: David Mora V.



PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS DE PASTURAS

Habiendo aclarado brevemente la composición interna del pasto, se comprende de mejor manera la importancia de cumplir ciertos niveles básicos desde el muestreo en campo hasta el laboratorio para llegar a los valores que necesitamos conocer de nuestras pasturas. Cada tipo de análisis químico a efectuar tiene como objetivo separar o aislar del ordenamiento natural de las plantas a sus fases fibrosas o nutricionales según el potencial químico que tenga cada reactivo de efectuarlo. Posterior a esto y con diferentes metodologías, se

procede a cuantificar la cantidad del compuesto de interés y de manera porcentual, en relación a la totalidad del material analizado. Lo anterior al fin y al cabo expresa la calidad nutricional que posee la planta.

EL MUESTREO

La técnica de muestreo como parte inicial de un estudio integral de forrajes debe hacerse respetando los criterios de uniformidad y representatividad. En otras palabras, implica que el material que se lleve al laboratorio deberá ser una "fotografía" a muy pequeña escala del área que representa. Con esto, la precisión de datos permitirá explicar de manera técnica las verdaderas características y necesidades de cada cultivo.

Existen diversas formas de muestreo de potreros dentro de las cuales pueden encontrarse algunas especializadas para las pasturas de piso como lo es el Botanal®, el cual es un método mixto que utiliza tanto técnicas de muestreo como de apreciación visual en la evaluación de la composición botánica y la producción de biomasa de las pasturas. Para cualquier muestreo juegan ciertos detalles a tomar en cuenta tal y como son el comportamiento alimenticio del animal sobre las pasturas; por ejemplo, en el caso de animales de pastoreo, se debe tomar muestras que asemejen la forma en que los animales comen en el campo. Otro ejemplo al respecto, sería si se quiere determinar la calidad del forraje que se destina a ensilaje de planta entera, silopacas o pacas para lo cual se debe muestrear cortando el material a la altura que cortaría la máquina para obtener mejores muestras. Independientemente de la técnica usada, el objetivo del muestreo es obtener correctamente el material para ser enviado al laboratorio.

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Una vez que las muestras son colectadas en campo y llevadas al laboratorio de análisis de forrajes, se identifican con un código determinado que permitirá darle el seguimiento oportuno. Una vez concluido este paso la muestra lleva un proceso de secado y homogeneización para convertirla en la materia prima de todos los ensayos en el laboratorio.

DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA A 60 Y 105 GRADOS CENTÍGRADOS

Cada muestra llevada debe pasar por un tratamiento en el cual el pasto es convertido en harina donde, posterior a su pesaje en fresco, se coloca en un horno a una temperatura de 60 grados centígrados durante 48 horas. Es aquí donde el agua se evapora y el alimento seco restante se denomina materia seca a 60 grados centígrados. En este proceso, se llevó el forraje hasta una temperatura en la cual, si se hubiese mantenido por más tiempo dentro del horno, no hubiese perdido mayor cantidad de agua (ver figura 1). Lo anterior implica que, posterior a las 48 horas, por más que se mantenga el forraje dentro del horno, sin que varíe la temperatura, el contenido de agua no cambiará significativamente en el tiempo. El material es pesado una vez que esté seco lo cual permite determinar el porcentaje de materia seca con que se trabaja. El mismo procedimiento es repetido pero para una temperatura mayor, la cual provee el dato porcentual de materia seca a 105 grados centígrados.

MOLIENDA Y ROTULACIÓN

Cabe aclarar que hasta este proceso el material a analizar en general no ha cambiado sus cualidades nutricionales básicas y que su diferencia en relación al material fresco consiste únicamente en el cambio del contenido de agua y por supuesto, su apariencia física. En otras palabras, lo que se tiene es un "heno" muy seco, el cual debe ahora pasar por el proceso de ruptura de su estructura primaria (su forma de hoja y tallo) para ser literalmente molido con un equipo especializado que puede dar diferentes tamaños de partícula de harina, según el tipo de criba que se utilice y el análisis que se requiera. Este material molido representa la materia prima base para el trabajo del analista de laboratorio y es colocado posteriormente en recipientes de vidrio rotulados, en los cuales se conservarán por el tiempo necesario, cuidando que no entre en contacto con humedad que la dañe.

TIPOS DE ANÁLISIS REALIZADOS AL PASTO

Cada uno de los componentes determinantes de la calidad de un forraje (proteína, tipos de fibras, carbohidratos, agua, cenizas etc.) que se utilizan como información básica para el diseño de una dieta, tienen características particulares que permiten identificarlas a través de métodos de laboratorio, por lo que se explican cada uno de estos de manera que puedan conocerse sus principios y comprender la importancia del cuidado que requiere una muestra dentro del periodo de análisis. A modo de ejemplo se explicará el procedimiento completo para el tratamiento de una muestra de pasto estrella (*Cynodom nlemfluensis*), proveniente de la zona de Cartago (Ochomogo) a la cual se le aplicará la técnica de análisis de fibra establecida por Goering y Van Soest (1980), así como también otros aspectos metodológicos básicos para determinar las cantidades de proteína, grasas y aceites que igualmente representan fracciones importantes del pasto.

Ahora bien, la muestra está en su condición de materia seca (MS) a la espera de ser procesada y de obtener su información nutricional. A su vez, el material en estas condiciones está compuesto de una porción susceptible de quemarse porque está constituido por materiales que contienen carbón (sustancias orgánicas) así como por sustancias que no se pueden quemar y que se mantienen como un residuo en forma de ceniza cuando se quema hasta la calcinación una muestra de materia seca. Este último procedimiento se realiza a 550 grados centígrados durante 24 horas y se conoce como Determinación de Cenizas.

Una vez lista la muestra de pasto estrella para su uso por los equipos del laboratorio, se procede a efectuar la determinación del perfil de fibras. Dada la complejidad de la distribución de los componentes de la fibra de los pastos, de sus paredes así como de su composición química, cabe mencionar de previo que no existe ningún método completo o combinación de métodos que ofrezcan un análisis cuantitativo completo de todos los componentes de esta fracción fibrosa, mas bien ofrecen una estimación bromatológica que a nivel general permiten evaluar la fibra del pasto de manera práctica para la toma de decisiones en la práctica nutricional.

Figura 2.- El manejo de muestras de pasto previo a la aplicación de pruebas bromatológicas.

Cartago, 2010. Diseño: David Mora.



EL PERFIL DE FIBRAS

FIBRA NEUTRO DETERGENTE (FND)

Para esta determinación, se toman pequeñas muestras (0.5 gramos) de la molienda del pasto, se coloca en una bolsa pequeña especial para estos procedimientos y se somete a la solución conocida como *Solución Detergente Neutra (SDN)* (Figura 3). Esta consta de una preparación previa de 5 reactivos a determinada concentración y con una acidez neutra. Esta solución es más débil en relación a la solución de la Fibra Ácido Detergente (FAD) y extrae en general los contenidos celulares de más fácil acceso en el pasto, dejando un remanente el cual se nombra como la *Fibra Detergente Neutra*, la cual está compuesta por hemicelulosa, celulosa y lignina. El proceso se realiza en máquinas diseñadas para tal fin las cuales mantienen el proceso en condiciones controladas aproximadamente durante una hora en la cual rompen, disuelven y extraen los diferentes tipos de azúcares dentro de la fracción fibrosa más débilmente adherida de la fibra del pasto.

FIBRA ÁCIDO DETERGENTE (FAD)

Para esta determinación, se toma la anterior muestra extraída del proceso de solución detergente neutro (bolsa pequeña) y se somete nuevamente a reacción pero esta vez con la *Solución Detergente Ácida (SDA)*, la cual está compuesta de 2 reactivos que resultan en una solución de carácter ácido. El equipo utilizado y el tiempo empleado es el mismo que el procedimiento anterior. Al reaccionar la solución detergente ácida con la muestra de pasto, la hemicelulosa es liberada de la estructura fibrosa, restando únicamente la *Fibra Detergente Ácida (FDA)*, compuesta por celulosa y lignina aún adheridas entre sí. En resumen, la diferencia entre ambas soluciones (SAD Vs SND) radica en la capacidad de estas de disolver los compuestos contenidos en las fibras del forraje a través de la combinación de los reactivos específicos.

LIGNINA

La determinación de la lignina sigue el mismo principio que las reacciones mencionadas anteriormente solamente que el procedimiento es ligeramente diferente y se depende de un reactivo de muy alta concentración, el cual es ácido sulfúrico al 72%. Éste ácido al entrar en contacto con el contenido de la bolsa proveniente del proceso de Fibra Ácido Detergente, toma la porción fibrosa más fuertemente adherida del pasto, la cual es la unión entre la lignina y la celulosa, rompiendo sus enlaces y liberando a la celulosa, por lo que a través de su pesaje detallado se obtiene el porcentaje de *lignina* de los pastos, el cual afecta directamente el grado de digestibilidad de un forraje y en general de las dietas para animales.

DETERMINACIÓN DEL EXTRACTO ETÉREO

Para determinar los lípidos ó compuestos grasos del pasto que nutricionalmente representan una fracción de alto valor energético, se agrega a la muestra de manera cuidadosa el reactivo conocido como éter anhidro hasta que éste se derrame en condiciones controladas. El éter anhidro tiene la capacidad de arrastrar estos compuestos de tal forma que los separa de la muestra de pasto. Los compuestos arrastrados por el éter tardan aproximadamente 4 horas en obtenerse de manera correcta. Una vez concluido el procedimiento se pesa lo obtenido y se calcula el porcentaje correspondiente a la muestra tratada.

DETERMINACIÓN DE LA PROTEÍNA

Para esta prueba de proteína se toman muestras y se tratan a través de un procedimiento de determinación estandarizado desde hace muchos años conocido como Proceso Kjeldahl. El material es digerido con reactivos de alta capacidad los cuales liberan cada uno de los componentes elementales de la muestra, que en este caso, es el nitrógeno el que interesa valorar. Las proteínas están compuestas principalmente por el nitrógeno, el cual siendo contabilizado, permite a través de una sencilla conversión numérica, obtener el valor de proteína en los forrajes y en general de los compuestos orgánicos. A través de un método indirecto de valoración con soluciones que reaccionan al detectar diferencias entre los grados de acidez de las muestras, se determina el porcentaje de nitrógeno contenido, el cual permitirá conocer la composición proteica del pasto al multiplicarse por el factor 6,25.

Cada uno de los procedimientos comentados requieren de una destreza comprobada de parte de técnicos en bromatología laboratorial. En estos, el control y seguimiento de las muestras así como la preparación y ejecución de cada procedimiento recae una responsabilidad y cuidado que sumado al conocimiento en nutrición animal por parte del profesional zootecnista, permite la correcta interpretación de múltiples interacciones entre las diferentes fracciones de los componentes de una pastura, por lo que la labor detallada de un análisis de forrajes depende principalmente de la experiencia y de la pericia del profesional a cargo. Por ello es recomendable que el ganadero se asesore correctamente para efectuar prácticas alimenticias y agronómicas que vayan en beneficio de la fuente alimenticia de cada unidad productiva y de su rentabilidad.

Figura 3.- Resumen de los procesos básicos que se efectúan a las muestras de pasto molido en el laboratorio.
Diseño: David Mora

BROMATOLOGIA DE PASTOS El análisis básico en el laboratorio		
PROCESO	FUNCIÓN DE LA SOLUCIÓN	¿QUÉ SE OBTIENE?
 <p>PASTO MOLIDO Y SECO MATERIA PRIMA DEL LABORATORIO</p>		
 <p>Proceso Kjeldahl (proteína)</p>	<p>DESTILAR EL NITRÓGENO CONTENIDO EN LAS CÉLULAS.</p> <p>El nitrógeno al ser un elemento esencial de las proteínas, su contenido en la célula permite conocer la cantidad de proteína que el pasto posee.</p>	<p>Contenido de Nitrógeno</p> <p>Al multiplicar el contenido de Nitrógeno por 6,28 se obtiene el porcentaje de la proteína del pasto el cual es esencial para la producción de leche y el crecimiento animal.</p>
 <p>Eter anhidro</p>	<p>EXTRAER LOS COMPUESTOS SOLUBLES CON ETÉR</p> <p>El eter disuelve grasas, aceites y pigmentos del pasto extrayendolos de la estructura vegetal. Posteriormente se pesa y cuantifica.</p>	<p>Extracto Etéreo</p> <p>Es el conjunto de sustancias que incluyen los ácidos grasos, las ceras y algunos pigmentos. Constituyen una porción de alto valor energético</p>
PERFIL DE FIBRAS		
 <p>Solución Detergente neutro</p>	<p>EXTRAER EL CONTENIDO CELULAR DE FÁCIL DIGESTIÓN</p> <p>La reacción rompe la pared celular y extrae la porción de nutrientes más digeribles del pasto y mantiene intactas la fibra y sus componentes</p>	<p>Fibra Detergente Neutro (FND)</p> <p>La FDN es la porción resultante de la extracción del contenido celular de cada célula vegetal. Esta fibra contiene la celulosa, la hemicelulosa y la lignina</p>
 <p>Solución Detergente Ácida</p>	<p>EXTRAER EL CONTENIDO CELULAR MÁS LA HEMICELULOSA</p> <p>La solución ácida permite liberar la hemicelulosa, la cual recubre la superficie de las fibras de celulosa, que forman parte de las paredes de los tejidos vegetales.</p>	<p>Fibra Detergente Ácida (FDA)</p> <p>La FDA es la fracción resultante de la extracción del contenido celular más la hemicelulosa de la muestra de pasto. Esta fracción componen la celulosa y la lignina</p>
 <p>Ácido Sulfúrico al 72%</p>	<p>EXTRAER EL CONTENIDO CELULAR, LA HEMICELULOSA Y LA CELULOSA</p> <p>La reacción es la más fuerte de todas y hace que únicamente queden los componentes no digeribles por la solución</p>	<p>Lignina</p> <p>La lignina es el material adherido a la celulosa y la hemicelulosa. Es el compuesto que limita el acceso a estos azúcares y de su contenido depende la digestibilidad de un pasto, mayoritariamente.</p>

LITERATURA CONSULTADA

A.O.A.C. (Association of Official Analysis Chemistry). 1980. Methods of Analysis. 13th ed. Washington D.C. U.S.A. 168 p.

Chacón, A. Guía teórico-práctica del laboratorio de Bromatología. 2008. Serie Agrotecnológica. Editorial UCR. Primera edición. San José, Costa Rica

Goering, H.; Van Soest, P. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook N° 379. ARS-USDA, Washington, D.C. 76 p.

Segura, S; Echeverri, F; Patiño, A; Mejía, A. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. 2007. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Volumen 14, número 1. Medellín, Colombia. Pags: 7

Volver a: [Composición de los alimentos y requerimientos de los animales](#)