

¿Cómo Hacerlo?

¿Cómo determinar las especies forrajeras que prefieren los animales en una pastura con composición florística compleja?

Danilo A. Pezo¹ y Christina Skarpe²

RESUMEN

Uno de los retos que encuentran los investigadores forrajeros es cómo determinar lo que consumen los animales que forrajean en pasturas con vegetación compleja. Aquí se describen y analizan las metodologías utilizadas en la determinación de la selectividad, no sólo de plantas, sino también de sitios de forrajeo. Para establecer la selectividad en general, el primer paso es precisar la composición florística en la pastura evaluada utilizando dos tipos de transectos: transectos control, seleccionados al azar en toda la pastura y transectos vaca, para seguir el recorrido de algunos animales mientras pastan. Si hay diferencias en composición entre ambos tipos de transectos, quiere decir que hay selectividad de los sitios de forrajeo. Para la determinación de la selectividad de especies, se recomienda identificar por observación visual las especies consumidas por los animales en pastoreo y luego determinar el índice de selectividad, comparando el número de veces que una especie es consumida *versus* el número de veces que se la encuentra en el transecto vaca. Se sugiere que las determinaciones de la selectividad mediante el uso de separación manual en muestras de extrusa colectadas en animales fistulados al esófago, o por el método de los alcanos en muestras de heces, son muy complejos y, por lo tanto, poco aplicables en pasturas con alta diversidad de especies, como es el caso de los pastizales seminaturales de América Central.

Palabras claves: Pastizales, forrajes, pastoreo, composición botánica, preferencias alimentarias, selectividad de forrajes, hábitos alimentarios, dieta.

How to determine fodder species preferred by animals in highly complex pastures?

ABSTRACT

One of the challenges forage researchers face is the determination of what animals eat in pastures with complex species composition. In this article, the methodologies used for selectivity determination of species and foraging sites are analyzed and described. The first step for determining selectivity is the identification of floristic composition of the whole pasture by selecting some transects at random (control transects) and following some grazing animals chosen at random (cow transect). If there are differences in composition between control and cow transects, then animals tend to select some foraging sites. For species selectivity determination, visual observation is suggested to identify the species consumed by grazing animals; then, the selectivity index is determined by comparing the number of times a species is taken versus the number of times it appears in the cow transect. Selectivity determination by means of either manual separation and identification of species from extrusa samples collected of esophageal fistulated animals, or alkane composition in fecal samples, is of little use in highly complex pastures when a high diversity of species is evaluated.

Keywords: Pastures, fodder, grazing, plant composition, food preferences, forage selectivity, feeding behavior, diet.

INTRODUCCIÓN

En varios lugares del continente americano se encuentran pasturas con composición florística compleja; tal es el caso de las pasturas seminaturales de América Central, las sabanas, los pastizales y las praderas altoandinas de América del Sur. La composición de la dieta de los herbívoros en estas zonas no se basa, necesariamente, en las especies dominantes presentes en la vegetación, pues los animales pastan selectivamente de acuerdo con la distribución, acceso, abundancia y calidad de las

especies componentes. Este proceso se hace aún más complejo en sistemas silvopastoriles, donde se da una combinación de pastoreo de las especies herbáceas y ramoneo de las leñosas arbustivas y arbóreas.

La evaluación de la selectividad que ejercen los animales en el acto de pastar/ramonear tiene importancia tanto desde el punto de vista de la producción animal como de la ecología de las comunidades vegetales usadas bajo pastoreo. En el primer caso, porque la productividad

¹ Grupo de Ganadería y Manejo del Medio Ambiente (GAMMA), CATIE, Turrialba, C.R. Correo electrónico: dpezo@catie.ac.cr. (autor para correspondencia)

² Norwegian Institute for Nature Research, NINA. Oslo, Noruega. Department for Forestry and Wildlife Management, University College of Hedmark, Evenstad, Norway. Correo electrónico: christina.skarpe@hihm.no

animal es función del consumo y de la calidad de la dieta seleccionada por los animales (Tergas 1982); en el segundo, porque el mantenimiento, la pérdida o incluso la restauración de la diversidad de especies depende en buena medida de la defoliación ejercida por los animales (Milchunas et ál. 1988, Archer y Pike 1991, Nai-Begraglio et ál. 2002). Por ello, para diseñar sistemas más eficientes de manejo de la vegetación existente se deben entender las estrategias de forrajeo de los herbívoros (Salem y Papachristou 2005).

La selectividad ejercida por los herbívoros opera a diferentes escalas espaciales. Los animales en pastoreo libre seleccionan desde sectores del paisaje, tipos y/o parches de vegetación hasta plantas individuales y porciones de ellas (Pyke et ál. 1977, Senft et ál. 1987, Dumont y Gordon 2003). En consecuencia, se puede decir que el forrajeo no es al azar. Con base en esta teoría, Santos (2001) establece que la toma de decisiones jerárquica que hace el ganado durante el acto de pastar/ramonear es de la siguiente manera: sitio de alimentación, sitios de pastoreo dentro de una unidad de paisaje, parches (sitios con las especies de forraje preferidas), especie de forraje, partes de la planta y bocado. Entre los factores que pueden influir en la selección de sitios de pastoreo están la topografía, la abundancia de forraje palatable para el ganado, la presencia de sombra, la disponibilidad de agua y de sales minerales (Dumont y Gordon 2003).

Por otro lado, en la selección de la dieta (especies individuales y porciones de la planta) intervienen factores propios del animal y de las plantas, con las subsecuentes modificaciones al medio ambiente físico. Se dice que, al forrajear, los animales desarrollan una serie de estrategias digestivas y metabólicas que responden a la variabilidad ambiental (Gordon 1995). Entre los factores propios del animal que inciden en la selectividad se citan: la especie, el tamaño corporal, la capacidad ruminal, la condición fisiológica (p.e. preñez, lactación), el comportamiento social bajo pastoreo, la experiencia previa y el periodo de ocupación de la pastura para el consumo de forrajes (Demment 1982, Cooper y Owen-Smith 1986, Hewitson et ál. 2005).

También, las diferencias en las estructuras anatómicas de aprehensión y cosecha que poseen las especies animales resultan en diferencias en su capacidad de selección. El bovino posee boca ancha y labios superiores inflexibles, por lo que sus bocados son de manojos grandes de follaje con limitada capacidad de selección;

incluso llega a consumir material senescente. Por el contrario, los rumiantes que poseen bocas más estrechas y labios más flexibles, como la oveja, la cabra y el venado, poseen una capacidad de selección más alta a escalas espaciales pequeñas, y pueden consumir con facilidad hojas de leñosas, incluso de aquellas que poseen espinas (Malechek y Provenza 1983, Van Soest 1994).

Entre los factores propios de la planta que afectan la selectividad se citan la disponibilidad relativa, la relación hoja/tallo, la arquitectura de la planta, la digestibilidad, la presencia de espinas y/o pilosidad en hojas y tallos y la presencia de ciertos metabolitos secundarios, tales como nitratos, taninos y otros polifenoles (Hoyos 1987, Ramos et ál. 1998, Hutchings y Gordon 2001, Makkar 2006).

El objetivo de este estudio es revisar y proponer una metodología para evaluar la selectividad de sitios de pastoreo/ramoneo y de especies de plantas por animales que se manejan en pasturas con una cobertura muy diversa de especies herbáceas y leñosas.

¿Qué es la selectividad en el forrajeo?

Los animales manejados en pastoreo o ramoneo no ingieren todo el pasto o las arbustivas presentes en la pastura, sino que eligen sitios de forrajeo, así como ciertas especies y porciones de las plantas; esto refleja el concepto de **selectividad** (Minson et ál. 1985). La estimación de la selectividad ejercida en varios niveles o escalas busca determinar qué ingiere el animal de lo que está disponible para su consumo. Para tal fin, se debe relacionar, por ejemplo, la composición de especies de plantas en las áreas del potrero utilizadas por el animal (sitio de forrajeo) con la composición promedio de especies en el potrero. A una escala más fina, se compara la proporción de diferentes plantas consumidas por los animales con la proporción de las mismas en el sitio de forrajeo; lo mismo puede decirse cuando se evalúa la selectividad de porciones de las plantas (p.e. hojas vs. tallos).

¿Cómo determinar la selectividad en sitios de forrajeo?

Antes de la toma de datos para el estudio, es necesario hacer una visita de reconocimiento para familiarizarse con los tipos de paisajes (p.e. terrenos en pendiente, planicies onduladas, áreas planas, vegas de los ríos), la vegetación presente y el manejo del pastoreo/ramoneo en el área de estudio. Estas observaciones, junto con los objetivos y tratamientos bajo estudio permitirán

definir las áreas que se deben muestrear, el número de muestras a ser colectadas y los momentos de muestreo. Además, el conocimiento de las especies presentes es indispensable para este trabajo; entonces, en esa visita el operador puede identificar las especies en el área de estudio, al menos a nivel de nombre común, y, de ser necesario, buscar apoyo para la identificación de las mismas.

El primer paso para la determinación de la selectividad de sitios de forrajeo es identificar la composición de las especies de plantas en el potrero para luego determinar la del sitio o ruta de pastoreo que utiliza el animal. Para ello se analiza la composición de la vegetación en dos tipos de transectos (Figura 1): unos distribuidos al azar en todo el potrero, los cuales son representativos de lo que está disponible en toda el área de forrajeo (transecto control); otros definidos por el recorrido que hace el animal durante el acto de alimentarse (transecto vaca) (Skarpe et ál. 2007).

El número de transectos por potrero dependerá del grado de heterogeneidad del potrero y del nivel de precisión que se quiere alcanzar con el análisis. Como punto de partida, se sugiere establecer: (a) cinco transectos vaca y 5 transectos control en potreros con áreas menores a 10 mz^3 (7,02 ha); (b) 10 transectos vaca y 10 control en potreros mayores de 10 mz .

Para tomar transectos aleatorios, se recomienda identificarlos mediante un GPS que tenga la función de aleatorizar puntos dentro de un potrero usando coordenadas geográficas conocidas. Una vez ubicado el punto de inicio se traza, ya sea aleatoriamente o en una dirección preestablecida (p.e. norte), un transecto de longitud determinada (p.e. 50 m); si dicha longitud supera el límite del potrero, entonces el transecto se dirige hacia el sur.

Los transectos vaca se definen siguiendo el recorrido de cada una de las vacas utilizadas para el muestreo, durante su proceso de alimentación. Estos recorridos son también de aproximadamente 50 metros; para marcar el transecto, el operador coloca una soga a lo largo del recorrido que hizo el animal (Figura 1). En nuestro ejemplo, el área de muestreo para cada uno de los transectos vaca y control es de 100 m^2 (50 m de recorrido por 2 m de ancho), pues se asume que el alcance del animal es de 1 m a cada lado de su ruta de recorrido.

Para muestrear la composición de especies vegetales (herbáceas o arbóreas) presentes en los dos tipos de transectos se puede usar el método de la cruz. Se colocan dos piezas de madera (1 m de longitud) superpuestas en forma perpendicular, formando una cruz (Figura 2).

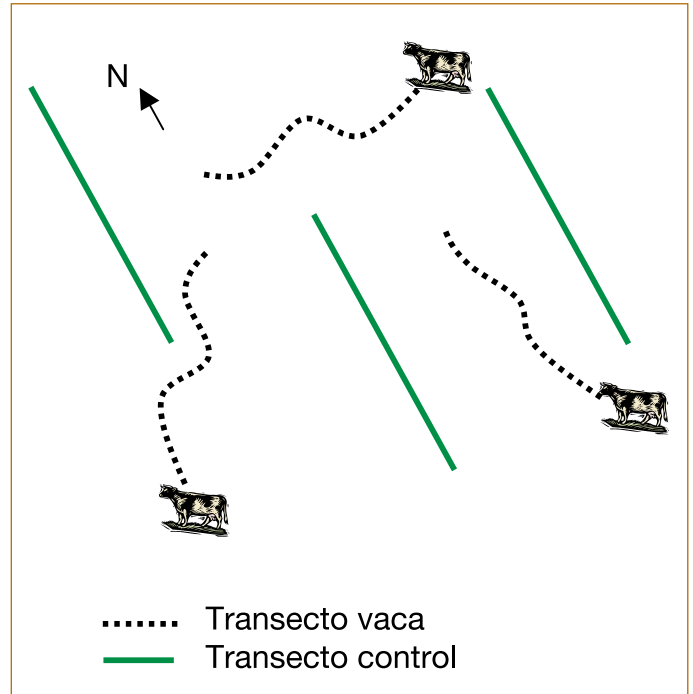


Figura 1. Ilustración de los transectos control y vaca para la determinación de la selectividad de sitios de forrajeo



Figura 2. Diseño de la cruz utilizada para el muestreo sobre los transectos control y vaca (foto Proyecto PACA, CATIE)

³ 1 Manzana (mz), unidad de área equivalente a 0,7 ha

La cruz se ubica a intervalos de 1,5 m sobre una cinta métrica que define la longitud del transecto. Se registran las especies cuyos órganos aéreos (hoja, rama, tallo) se traslapan con la proyección vertical del punto central de cualquiera de los cuatro extremos de la cruz. Ante la ausencia de vegetación en cualquier punto, se registra el individuo más próximo. De esa forma, se obtienen cuatro registros/metro en cada transecto y un total de 136 observaciones en cada transecto de 50 m.

¿Cómo analizar la información colectada para conocer el grado de selectividad de especies y partes de plantas?

Para conocer si hay selectividad por sitios de forrajeo, se puede correr una prueba de t-Student para contrastar diferencias entre pares de datos; se compara, entonces, la composición de especies en los transectos control y en los transecto vaca. Para determinar la selectividad por especies de plantas preferidas se aplica un procedimiento similar, sólo que comparando la composición de especies en el transecto vaca con las especies que fueron efectivamente ingeridas. Este análisis se debe conducir de manera independiente para cada potrero/parcela experimental. El Cuadro 1 permite ilustrar la forma de cálculo de la selectividad por sitios de forrajeo.

Otra opción para comparar la composición de la vegetación disponible para el animal y la dieta a diferentes escalas jerárquicas de selectividad es el uso de procedimientos de **análisis multivariado**; por ejemplo, los métodos de ordenamiento en el paquete estadístico CANOCO (Lepš y Šmilauer 2003), o el paquete InfoStat (2004), disponible en español. Para correr el paquete CANOCO, se requiere conocer la proporción de cada especie (o grupos de plantas) en cada transecto o en la dieta. Estos datos se organizan en una matriz; para ello se puede usar Excel. Las especies se colocan en columnas y los transectos/muestras en hileras, o viceversa. El análisis organiza las muestras por similitud con la composición de especies, de manera que los transectos/muestras más parecidos quedan ubicados próximos entre sí. Las muestras suelen ordenarse a lo largo de ejes que representan la variación en la composición de las mismas, donde los extremos representan las muestras más disímiles. Los resultados suelen visualizarse como un gráfico de dos dimensiones, cuyas coordenadas son los dos primeros ejes del ordenamiento y que son ortogonales o independientes.

Las especies se ordenan del mismo modo, según su presencia en los transectos. Las especies con valores sobre los ejes semejantes tienden a ocupar los mismos

Cuadro 1. Cobertura de especies herbáceas presentes en los transectos control y vaca, en un potrero pastoreado por ganado horro en Muy Muy, Nicaragua

Especie (nombre común)	Cobertura por tipo de transecto (%)			
	Vaca	Control	Diferencia	(Dif)2
<i>Paspalum notatum</i> (grama común)	19,3	0,5	+18,8	353,44
<i>Paspalum conjugatum</i> (grama común)	11,6	1,3	+10,3	106,09
<i>Blechum pyramidatum</i> (desconocido)	5,6	10,7	-5,1	26,01
<i>Hyparrhenia rufa</i> (jaragua)	4,9	0,3	+4,6	21,16
<i>Paspalum virgatum</i> (zacatón)	4,5	0	+4,5	20,25
<i>Dichantium aristatum</i> (angleton)	4,0	1,1	+2,9	8,41
<i>Dichromena ciliata</i> (estrellita blanca)	3,5	0,6	+2,9	8,41
<i>Scleria melaleuca</i> (navajuela)	1,7	0	+1,7	2,89
<i>Oplismenus burmannii</i> (desconocido)	0,5	8,7	-8,2	67,24
NI	0,3	0	+0,3	0,09
<i>Calopogonium muconoides</i> (calopo)	0,3	0,15	+0,15	0,0225
<i>Oxalis corniculata</i> (fruticosa)	0,2	19,1	-18,9	357,21
<i>Paspalum plicatulum</i> (cola de burro)	0	0,1	-0,1	0,01
Total (ΣX)	56,4	42,55	13,85	971,23
Promedio	4,34	3,27	1,07	74,71

Fuente: Velásquez (2005) NI = No identificada

$$t = \frac{\text{Promedio de diferencias}}{\text{Error estándar de las diferencias}}$$

$$t = \frac{1,07}{\text{Raíz cuadrada } \{[(971,23 - (13,85) 2/13)] /12\}}$$

$$t = \frac{1,07}{8,92}$$

$$t = 0,119 \text{ N.S.}$$

El valor ‘t-Student calculado’ (t = 0,119) es menor que ‘t-Student tabular’ (α=0,05, gl=12; t = 2,179); por tanto, no hay diferencia entre la composición de los sitios de forrajeo seleccionados por las vacas y la composición de la pastura donde las vacas pastorean.

sitios, mientras que las especies distantes suelen ocupar sitios distintos, generalmente como respuesta a condiciones ambientales diferentes. A manera de ejemplo, en la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos por Velásquez (2005) aplicando estos procedimientos de análisis multivariado a datos colectados en Muy Muy (Nicaragua). La información proviene de pastizales seminaturales en dos condiciones de paisaje (planicies onduladas y vegas de río), dos grupos de animales (vacas lactantes y ganado horro) y dos momentos en el año (época seca y lluviosa). La composición botánica de la vegetación herbácea en las vegas fue diferente a las planicies onduladas, tanto en época seca como en lluviosa. En las vegas se identificaron dos especies dominantes (*Panicum maximum* y *Blechnum pyramidatum*) que aportaron más del 54% de la cobertura total en ambas épocas. La diversidad de especies es mayor en las planicies onduladas, donde las especies más frecuentes son las gramas comunes (*Paspalum notatum*, *P. conjugatum*), fruticosa (*Oxalis corniculata*), *B. pyramidatum*, flor amarilla (*Baltimora recta*), grama de conejo (*Oplismenus burmannii*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*), zacatón (*P. virgatum*); además, hay otras especies que sólo aportan cerca del 4% cada una.

Además del ordenamiento en función exclusivamente de la presencia de especies en las muestras (*ordenamiento indirecto*), como son los casos del análisis de componentes principales (PCA) y del análisis de correspondencia (CA/DCA), el ordenamiento puede hacerse en función de variables ambientales conocidas (*ordenamiento directo*), como el análisis de redundancia (RA) o el análisis de correspondencia canónica (CCA/DCCA) (Cuadro 2). Es decir, que se “fuerza” a las muestras de las especies a ubicarse a lo largo de ejes que expresan una determinada combinación de factores ambientales. En este caso, CANOCO da la opción de probar la significancia del efecto de cada variable ambiental sobre el ordenamiento mediante el uso de simulaciones Montecarlo.

Cuadro 2. Técnicas de análisis de uso preferencial dependiendo de la forma como se pretende manejar la variación ambiental

Tipo de modelo	Indirecto	Directo
Lineal	PCA	RA
Unimodal	CA/DCA	CCA/DCCA

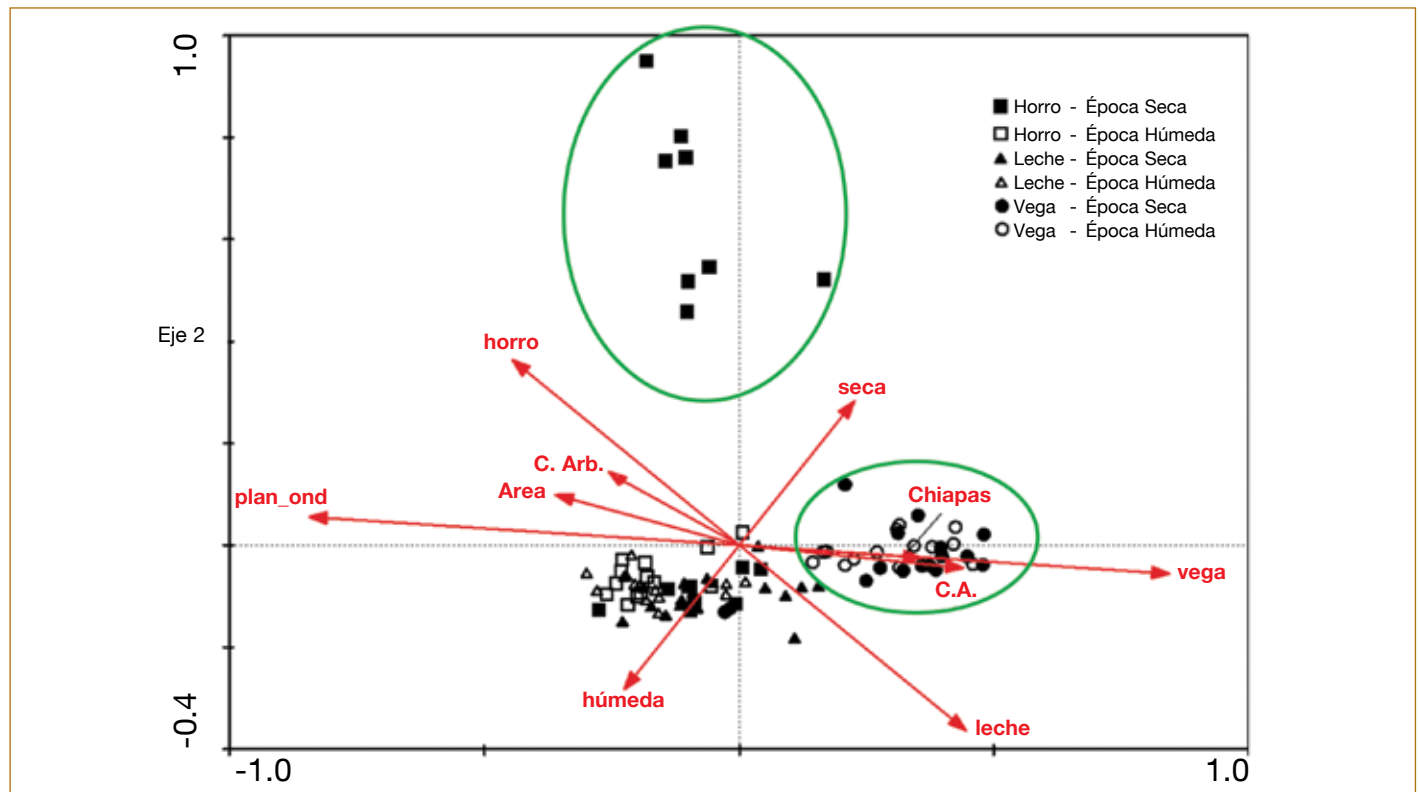


Figura 3. Arreglo Biplot del AC para las especies que cubrieron más del 67% en cada tratamiento del estudio sobre vegetación de pastizales seminaturales en Muy Muy (Nicaragua)

Fuente: Velásquez (2005)



El ganado bovino posee boca ancha y labios superiores inflexibles, por lo que sus bocados son de manojos grandes de follaje con limitada capacidad de selección (foto: Proyecto PACA, CATIE)

En los estudios de selectividad, un ordenamiento indirecto puede mostrar diferencias en la composición de especies entre transectos, en tanto que el ordenamiento directo (p.e., utilizando el tipo de transecto como variable ambiental) permitirá identificar si existen diferencias en la composición entre estos grupos de datos. Otros factores ambientales que pueden estudiarse son el tipo de potrero, el tipo de práctica de manejo, la estación del año (si las muestras fueron tomadas en varias épocas), etc. Para una información más exhaustiva sobre los métodos de ordenamiento, la forma de correr el paquete CANOCO y de cómo interpretar los resultados pueden consultarse las siguientes fuentes: Jongman et ál. (1987), Ter Braak y Šmilauer (2002), Lepš y Šmilauer (2003).

¿Cómo determinar la selectividad de especies y partes de plantas?

Para determinar la selectividad a la escala más fina se comparan la proporción de especies o partes de plantas consumidas por los animales, con la proporción de estas en el área de forrajeo (transecto vaca). Con este fin se han probado diferentes métodos, como la observación directa del comportamiento en pastoreo de animales intactos (Skarpe et ál. 2007), o bien el uso de animales fistulados

al rumen o al esófago (para la recolección de muestras de lo que los animales ingieren y la determinación de la composición botánica de las muestras de extrusa colectadas) (Minson et ál. 1985), e incluso de las heces.

Uso de animales fistulados.- La fistulación al rumen es una técnica quirúrgica sencilla y el manejo de los animales fistulados también es sencillo; sin embargo, cuando se los quiere usar para la toma de muestras, hay que vaciar completamente el rumen, lo cual es una actividad tediosa. Esta práctica, además, afecta el comportamiento selectivo de los animales (Minson et ál. 1985), aun cuando hay algunos trabajos que no muestran diferencias entre muestras colectadas vía fistula ruminal y esofágica (Olson 1991). Por las razones expuestas, se prefiere el uso de animales fistulados al esófago, aun cuando la cirugía y el post-operatorio son más complicados y el manejo más demandante, pues se debe revisar diariamente a los animales para asegurarse de que no hayan perdido los tapones de la cánula y que la pérdida de saliva no sea demasiada. En la Figura 4 se muestra el detalle de un animal con fistula esofágica y bolsa colectora para la toma de muestras de extrusa.

Para la toma de muestras a través de las fístulas al esófago se quita el tapón de la cánula y se coloca una bolsa colectora. En el caso de bovinos, el tiempo de muestreo es regularmente de 15-20 minutos para coleccionar una muestra de 700-1000 g, lo cual es suficiente para las determinaciones de composición y calidad de dieta. Para que las muestras colectadas sean efectivamente representativas de la selectividad animal, Mendoza y Lascano (1985) sugieren que los animales se familiaricen previamente con la vegetación presente en los potreros que se van a evaluar. Sin embargo, trabajos recientes sugieren que el comportamiento selectivo de animales intactos y fistulados es diferente (Hess et ál. 2006), lo cual impone limitaciones a las mediciones que pueden hacerse con fistulados. Además, las muestras de forraje colectadas a través de la fístula esofágica vienen contaminadas por saliva, lo cual afecta la estimación del contenido mineral de la dieta y puede afectar la estimación de digestibilidad.

Para la determinación de composición botánica de las muestras colectadas vía fístula esofágica se pueden usar las siguientes técnicas:

- a) **Separación manual:** se coloca una muestra de 5-10 g de extrusa en una placa Petri que contiene algo de agua y se separan manualmente los componentes usando pinzas y agujas de disección. Las porciones separadas se secan y pesan para estimar la contribución en peso seco de cada componente. Esta técnica permite separar un 60-90% de la muestra, pero el nivel de separación llega sólo a grupos de especies (p.e. gramíneas y leguminosas) y porciones de las plantas (p.e. hojas y tallos), pues el nivel de masticación de las muestras no permite reconocer especies (Minson et ál. 1985).
- b) **Uso de estereoscopio de puntos:** este método, propuesto por Heady y Torell (1959) y luego por Harker et ál. (1964), se usa más para identificar partes de la planta de una misma especie. Para ese fin, la placa Petri se coloca en un estereoscopio de 400 puntos de baja magnificación ($\leq 18X$) para identificar partículas grandes en la extrusa. Con ello sólo se determina la frecuencia con que se presentan las diferentes porciones en la dieta; si se quiere determinar el porcentaje en peso, habrá que usar regresiones.
- c) **Técnica micro-histológica:** esta técnica se basa en la identificación de fragmentos de cutícula que caracterizan a cada especie. La determinación se hace en muestras secas y molidas, por comparación con patrones preparados para cada especie a partir de muestras intactas previamente identificadas (Sparks

y Malechek 1968). El análisis se puede hacer también en muestras de heces, pero no funciona adecuadamente si las dicotiledóneas pierden completamente la cutícula al pasar por el tracto digestivo de los animales (Minson et ál. 1985).



Figura 4. Animal fistulado al esófago con bolsa colectora
Foto cortesía del Programa de Pastos y Forrajes del CIAT

Uso de alcanos como marcadores fecales.- Dove y Mayes (1991) propusieron un método de determinación de la composición de la dieta analizando el contenido de alcanos en plantas intactas y en las heces de los animales, ya que las cadenas de alcanos de diferente longitud son particulares de las distintas especies y, además, no son digeribles. Posteriormente Mayes y Dove (2006) propusieron que si se amplía la gama de compuestos, incluyendo las ceras presentes de manera natural en la cutícula de especies vegetales, se puede ampliar el espectro de especies animales y de ecosistemas a los que se puede aplicar esta metodología. El uso de los alcanos para determinar la selectividad ha funcionado bien cuando la dieta no es muy compleja; por ejemplo, para determinar la contribución de una gramínea y una leguminosa cuando estas se encuentran asociadas (Cortés et ál. 2005). Sin embargo, cuando la vegetación es más compleja es prácticamente imposible determinar la composición de la dieta usando alcanos, por el número de ecuaciones simultáneas que deberían establecerse. Se ha sugerido que el problema podría superarse si las especies pudieran agruparse en función de la concentración de alcanos (Bugalho et ál. 2002), pero esto no soluciona el problema de la determinación de la selectividad cuando la pastura polífita tiene un número amplio de especies.

Observación visual de plantas consumidas.- La determinación de las especies consumidas puede hacerse siguiendo a cada vaca en un trayecto de 50 m, o durante 10 minutos si en ese período el animal no alcanza a recorrer los 50 m. Simultáneamente, se registran las especies que va consumiendo el animal en cada bocado. Si los animales son mansos, el observador puede acercarse lo suficiente para hacer la observación directa sin perturbar el comportamiento del animal, pero en muchos casos es necesario utilizar binoculares. Esto supone que el observador esté familiarizado con las especies presentes en la pastura y que pueda reconocerlas al menos por su nombre común. Para agilizar el trabajo de toma de datos se sugiere utilizar una grabadora portátil. En este proceso es importante identificar el recorrido que hace el animal (transecto vaca), pues la composición botánica que se encuentra en ese recorrido va a servir de base para estimar el índice de selectividad. Es recomendable hacer las observaciones siempre a la misma hora y en un momento en que los animales presentan un pico de consumo.

Estimación del índice de selectividad.- Para calcular el índice de selectividad (IS) se divide la frecuencia con que la especie aparece en la extrusa o fue consumida en un transecto vaca determinado, entre la frecuencia en que se presenta la especie en el mismo transecto. El IS para cada especie consumida por los animales se calcula mediante una fórmula sencilla diseñada por Ngwa et ál. (2000):

$$IS_i = \frac{\text{Proporción 1 de la especie "i" en la dieta}}{\text{Proporción de la especie "i" en el transecto vaca}}$$

Para propósitos de interpretación, se considera que un valor de IS mayor que 1,3 indica que la especie está siendo preferida por sobre otras; un IS entre 1,3 y 0,7 indica que la especie es neutra –es decir, que la proporción consumida de la especie y su ocurrencia en la vegetación es la misma - y un IS menor de 0,7 indica que la especie es rechazada. Adicionalmente, las especies que se identifican como preferidas pueden clasificarse en dos categorías: altamente preferidas cuando el IS es mayor a 2,5 y medianamente preferidas o de mantenimiento cuando el IS está en un rango entre 2,49 y 1,31.

Las determinaciones del IS deben hacerse en diferentes épocas del año, pues este es un índice relativo que depende de las especies presentes en una pastura, de la época del año y del manejo al que esté sometida la

pastura. Por ello, las determinaciones de lo que está presente en la pastura y lo seleccionado por los animales deben hacerse en cada oportunidad. Por ejemplo, datos colectados en Muy Muy (Nicaragua) evidenciaron que las leñosas palatables mostraron índices de selectividad más altos en el período seco (Aastum 2006, Pineda et ál. 2009, Velásquez et ál. 2009). Por otro lado, la selectividad fue mayor cuando las pasturas estuvieron sometidas a una menor presión de pastoreo, ya fuera por diseño del sistema de manejo (ganado lactante vs. ganado horro), o por mayor permanencia de los animales en el potrero (Pineda et ál. 2009).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aastum, MI. 2006. Forage selection by cattle in heterogeneous pastures in Nicaragua. Thesis Mag. Sc. Trondheim, NO, Norwegian University of Science and Technology. 43 p.
- Archer, S; Pike, DA. 1991. Plant-animal interactions affecting plant establishment on revegetated rangeland. *Journal of Range Management* 44(6):558-565.
- Bugalho, MN; Dove, H; Kelman, W; Wood, JT; Mayes, RW. 2004. Plant wax alkanes and alcohols as herbivore diet composition markers. *Rangeland Ecology and Management* 57 (3):259-268.
- Cooper, SM; Owen-Smith, N. 1986. Effects of plants spine science on large mammalian herbivores. *Oecologia* 68: 446-455.
- Cortés, C; Damasceno, JC; Pine, RC. 2005. Use of *N*-alkanes for estimations of botanical composition in samples with different proportions of *Brachiaria brizantha* and *Arachis pintoi*. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1468-1474
- Demment, MW. 1982. The scaling of ruminoreticulum size with body weight in East African ungulates. *African Journal of Ecology* 20:43-70.
- Dove, H; Mayes, RW. 1991. The use of wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 42:913-952.
- Dumont, B; Gordon, IJ. 2003 Diet selection and intake within sites and across landscapes: Matching herbivore nutrition to ecosystem biodiversity. In 't Mannetje, L; Ramírez-Avilés, L; Sandoval-Castro, C; Ku-Vera, JC. (eds.). *Proceedings of the VIth International Symposium on the Nutrition of Herbivores* (Yucatán, MX, Universidad Autónoma de Yucatán). p. 173-194.
- Gordon, I. 1995. Animal-based techniques for grazing ecology research. *Small Ruminant Research* 6:203-214.
- Harker, KW; Torell, DT; Van Dyne, GM. 1964. Botanical examination of forage from esophageal fistulas in cattle. *Journal of Animal Science* 23: 465-469.
- Heady, HF; Torell, DT. 1959. Forage preference exhibited by sheep with esophageal fistulas. *Journal of Range Management* 12:28-34.
- Hess, HD; Lascano, C; Kreuzer, M. 2006. Limitations in assessment of forage intake and diet composition of steers grazing tropical pastures with short-term intake rate and esophageal fistulated steers. In Sandoval-Castro, CA; DeB, H; Torres Acosta JF; Ayala, A. (Eds.). *Herbivores: The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham, UK, Nottingham Univ. British Society of Animal Science Publication No. 34. p. 41-47.

- Hewitson, L; Dumont, B; Gordon, IJ. 2005. Response of foraging sheep to variability in the spatial distribution of resources. *Animal Behaviour* 69:1069-1076.
- Hoyos, P. 1987. Características nutritivas y botánicas de sabana nativa sin quema suplementada con leguminosa en los Llanos Orientales de Colombia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 153 p.
- Hutchings, NJ; Gordon, IJ. 2001. A dynamic model of herbivore-plant interactions on grasslands. *Ecological Modeling* 136:209-222.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004, Manual del usuario. Córdoba, AR, Universidad Nacional de Córdoba, Grupo InfoStat, FCA.
- Jongman, RH; ter Braak, CJ; van Tongeren, OF. 1987. Data analysis in community and landscape ecology. Wageningen, NL, PUDOC. 299 p.
- Lepš, J; Šmilauer, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 269 p.
- Makkar, HPS. 2006. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites. In Sandoval-Castro, CA; DeB, H; Torres Acosta JF; Ayala, A. (Eds.). *Herbivores: The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham, UK, Nottingham Univ. British Society of Animal Science Publication No. 34. p. 235-249.
- Malechek, J; Provenza, F. 1983. Comportamiento alimentario y nutrición del ganado caprino en pastizales. *Revista Mundial de Zootecnia* 47:38-48.
- Mayes, RW; Dove, H. 2006. The use of N-alkanes and other plant-wax compounds as markers for studying the feeding and nutrition of large mammalian herbivores. In Sandoval-Castro, CA; DeB, H; Torres Acosta JF; Ayala, A. (Eds.). *Herbivores: The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham, UK, Nottingham Univ. British Society of Animal Science Publication No. 34. p. 153-182.
- Mendoza, P; Lascano, C. 1985. Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo. In: Lascano, C; Pizarro, E. (Eds.). *Evaluación de pasturas con animales: alternativas metodológicas*. Memorias de Reunión de Trabajo celebrada en Perú, 1-5 octubre 1984. Cali, CO, CIAT. p. 143-165.
- Milchunas, D; Sala, O; Lauenroth, W. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structures. *American Naturalist* 132: 87-106.
- Minson, DJ; Stobbs, TH; Hegarty, MP; Playne, MJ. 1985. Measuring the nutritive value of pasture plants. In Shaw, NH; Bryan, W. (eds.). *Tropical pasture research: Principles and methods*. Commonwealth Agricultural Bureau Bulletin 51:308-337.
- Nai-Bregalio, N; Pucheta, D; Cabido, M. 2002. El efecto del pastoreo sobre la diversidad florística y estructural en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75:613-623.
- Ngwa, A; Pone, DK; Mafeni, JM. 2000. Feed selection and dietary preferences of forage by small ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. *Animal Feed Science and Technology* 88:253-266.
- Olson, KC. 1991. Diet sample collection by esophageal fistula and rumen evacuation techniques. *Journal of Range Management* 44:515-519.
- Pineda, N; Pérez, E; Vásquez, F. 2009. Evaluación de la selectividad animal de plantas herbáceas y leñosas forrajeras durante dos épocas en la zona alta del Municipio de Muy Muy, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* No. 47:46-50.
- Pyke, GH; Pulliam, HR; Charnov, EL. 1977. Optimal foraging: A selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology* 52:137-154.
- Ramos, G; Frutos, P; Giráldez, FJ; Mantecón, AR. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Archivos de Zootecnia* 47(180):597-620.
- Salem, HB; Papachristou, TG. 2005. Methodology for studying vegetation of grazing lands and determination of grazing animal responses. *Options Méditerranéennes. Séminaires Méditerranéens* No. 67. p. 291-305.
- Santos, S. 2001. Caracterização dos recursos forrageiros nativos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Tese Doutorado em Nutrição e Produção Animal. Botucatu, SP, Universidade Estadual Paulista. 190 p.
- Senft, R; Coughnour, M; Bailey, D; Rittenhouse, L; Sala, O; Swift, D. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience* 37:789-799.
- Skarpe, C; Jansson, I; Seljeli, L; Bergström, R; Røskaft, E. 2007. Browsing by goats on three spatial scales in a semi-arid savanna. *Journal of Arid Environment* 68:480-491.
- Sparks, DR; Malecheck, JC. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Management* 21:264-265.
- Ter Braak, CJ; Šmilauer, P. 2002. CANOCO 4.5, CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows, User's guide. Wageningen, NL, Biometrics. 500 p.
- Tergas, L. 1982. Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical. In Paladines, O; Lascano, C. (Eds.). *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas*. Cali, CO, CIAT. p. 64-80.
- Van Soest, P. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University. 2 ed. 457 p.
- Velásquez, R. 2005. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas naturalizadas en función de épocas, manejo y condición de paisaje en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 87 p.
- Velásquez, R; Pezo, D; Skarpe, C; Ibrahim, M; Mora-Delgado, J; Benjamin, T. 2009. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas seminaturales en Muy Muy, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* No. 47:51-60.