
Mediciones en la pastura en ensayos de pastoreo

Pablo Mendoza*
Carlos Lascano**

Resumen

Como un objetivo de las pruebas de pastoreo, se plantea la evaluación de las pasturas y su reacción al manejo del pastoreo en función de los parámetros de la producción animal. Se indica además que para facilitar la interpretación de los resultados de dichas pruebas es necesario realizar mediciones de los atributos de la pastura que tengan alguna relación con la producción animal. Se definen, por último, los atributos que experimentalmente se han correlacionado con la ganancia de peso y se discuten algunos métodos de medición de esos atributos.

Introducción

Un objetivo de los ensayos de pastoreo es evaluar las pasturas y su reacción al manejo del pastoreo, en términos de los parámetros de producción animal y de la persistencia de las especies forrajeras estudiadas. Para entender y explicar posteriormente los resultados obtenidos en las respuestas del animal y la persistencia de las especies en la pastura, es necesario hacer mediciones en ésta de tal forma que se pueda describir la cantidad y la calidad del forraje en oferta, así como la dinámica de las especies que la componen.

Se pretende en este trabajo definir los atributos de la pastura y su relación con la producción animal, y resumir luego algunas técnicas para medir esos

* Agrónomo, ICA, Bogotá, Colombia.

** Zootecnista, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

atributos sin perder de vista ciertas consideraciones estadísticas. Los factores relacionados con la persistencia serán tratados por otro autor en este mismo manual.

Atributos de la pastura y producción animal

Es lógico pensar que bajo condiciones de pastoreo, donde la única fuente de alimento —excepción hecha de los minerales— es el forraje en oferta, existe una relación entre uno o varios de los atributos de la vegetación y la producción animal.

Los atributos comúnmente medidos en los ensayos de pastoreo son:

- disponibilidad de forraje;
- composición botánica del forraje (gramínea, leguminosa, malezas);
- calidad del forraje en oferta y seleccionado en el pastoreo.

Las mediciones menos comunes son: la tasa de rebrote y la calidad y composición botánica del forraje seleccionado. La relación que une las mediciones practicadas en la pastura con la producción animal se discute a continuación.

Disponibilidad de forraje

Una medición muy generalizada en los ensayos de pastoreo es la del forraje total disponible la cual, por definición, es la cantidad de forraje en base seca presente por unidad de área en un momento dado y bajo un determinado sistema de pastoreo (Campbell, 1966). En general, se acepta que en la medida en que aumenta la intensidad del pastoreo —a causa de la mayor carga animal o del menor intervalo entre pastoreos— disminuye el forraje total en oferta hasta llegar, a veces, a un punto de sobrepastoreo donde la calidad de ese forraje es alta pero su cantidad limita la producción animal (Willoughby, 1959; Cajas, 1984). De otro lado, cuando la disponibilidad de forraje no es un limitante, no se ha encontrado una buena relación entre el forraje total en oferta y la producción animal (Bryan, 1968; 't Mannetje, 1974; Toledo, Lascano y Giraldo, 1983).

La ausencia de relación entre el forraje total en oferta y la producción animal, sobre todo en las pasturas tropicales, tiene su explicación en la selectividad animal, la cual determina que el forraje consumido a lo largo del año no represente una proporción constante del forraje presente ('t Mannetje

y Ebersohn, 1980). Este hecho se ilustra con datos aportados por Lascano, Tergas y Velásquez (1983) en pasturas de *Brachiaria humidicola* en los Llanos Orientales de Colombia; en ellas, la proporción de materia inerte en el forraje en oferta fue, en promedio, de 15% en época de lluvias y de 73% en época seca, y los valores correspondientes en la dieta fueron de 0% y 19%, respectivamente.

La literatura sobre ciencias agropecuarias ofrece muchos trabajos que informan haber hallado una buena correlación entre la materia verde en base seca disponible (hoja + tallo) y la producción animal (Willoughby, 1959; Roe, Southcott y Turner, 1959; Yates et al., 1964; 't Mannelje, 1974; Watson y Whiteman, 1981). En el experimento descrito por 't Mannelje (1974), la materia verde en base seca (MVS) de leguminosa y de gramínea explicaba 58 y 47%, respectivamente, de la variación observada en la ganancia de peso. Indica además este autor que la variabilidad no explicada pudo deberse a errores en las mediciones de la pastura y de los animales, como también a no haber considerado el rebrote durante el período de ocupación de los potreros.

La importancia de estimar el rebrote para predecir la ganancia de peso bajo pastoreo se aclara con los resultados comunicados por Toledo, Lascano y Giraldo (1983). En un potrero de *Andropogon gayanus* + *Centrosema pubescens* bajo pastoreo continuo, con cargas variables, se midieron cada seis semanas las siguientes variables:

- materia seca total disponible;
- materia verde en base seca presente (hoja + tallo) de gramínea y leguminosa;
- materia verde en base seca real ofrecida (materia verde en base seca presente + rebrote);
- ganancia de peso.

El ajuste de la relación entre los atributos medidos en la pradera (X) y la ganancia de peso por animal por día (Y) mediante un modelo exponencial ($Y = a - be^{-cx}$) reveló que la materia seca total disponible no estaba relacionada con la producción animal. Al incluir en el modelo de ajuste la MVS presente se obtuvo un poco más de correlación con la ganancia de peso ($r^2 = 0.16$), y al incluir el rebrote para obtener MVS real ofrecida, mejoró aún más la relación ($r^2 = 0.67$) debido, posiblemente, a que la medición reflejaba mejor lo consumido por el animal. La escasa relación entre la MVS presente y la ganancia de peso observada en este trabajo pudo deberse al estrecho rango que abarcan las variables estudiadas, dada la optimización que se procuró dar al manejo durante la fase de medición.

Resulta evidente que bajo las condiciones del trópico —con sus períodos lluviosos y secos que afectan no sólo la cantidad del forraje en oferta sino también su composición en términos de la proporción (MVS): (materia

inerte)— el forraje total disponible no tiene relación con la ganancia de peso. Por tanto, para interpretar los resultados de los ensayos de pastoreo es importante medir fracciones constitutivas del forraje total en oferta haciendo énfasis en la MVS y en el rebrote que se produce durante la ocupación del potrero. Por otro lado, la MVS sería más útil que la materia seca total en oferta para documentar procesos de estabilidad o degradación de la pastura en el tiempo y para calcular el número de animales que se deben colocar en los ensayos de pastoreo donde se aplican cargas variables para mantener una presión de pastoreo constante.

Está claro que la medición de la materia inerte será de utilidad en los ensayos de pastoreo cuyo objetivo central sea estudiar el reciclaje de nutrimentos.

Composición botánica del forraje

Una medición muy generalizada en los ensayos de pastoreo es la de la composición botánica, es decir, la proporción en que las especies están presentes en el forraje en oferta en un momento determinado y bajo cierto manejo del pastoreo. Específicamente, resulta de interés medir la disponibilidad o la proporción de leguminosas en las pasturas asociadas, ya que muchos investigadores han encontrado una buena relación entre ganancia de peso y leguminosa disponible (Norman, 1970; Evans y Bryan, 1973; Shaw, 1978b; Watson y Whiteman, 1981). En el trabajo elaborado por Evans y Bryan (1973) se encontró una relación positiva ($r = + 0.89$) entre el contenido de leguminosa de la pastura y la ganancia de peso. Asimismo, Shaw (1978b) halló relaciones positivas y significativas entre el rendimiento de *Stylosanthes humilis* (\log_{10} kg/ha) y la ganancia de peso por animal. Por último, en un análisis de datos que comprende diferentes pasturas, cargas animales y años, Watson y Whiteman (1981) encontraron una relación asintótica ($Y = 0.459 - 0.255 e^{-0.184x}$) entre porcentaje de leguminosa en la pradera (X) y ganancia por animal y por día (Y).

Las mediciones de la composición botánica también han sido utilizadas para interpretar los resultados de ensayos de pastoreo donde la carga animal es una variable de manejo. De un análisis de los resultados de experimentos de pastoreo publicados, Roberts (1980) concluyó que en ciertas pasturas los cambios marcados en la composición botánica parecían tener poco efecto en la relación (*ganancia de peso*):(*carga animal*), mientras que en otras pasturas la pérdida de ciertos componentes, como las leguminosas, podían afectar esa relación sobre todo si tales componentes eran remplazados por especies poco consumidas como algunas malezas. Un buen ejemplo que ilustra este último punto es la relación positiva entre la ganancia de peso y las leguminosas ($r = + 0.89$) que se torna negativa ($r = - 0.92$) respecto a las malezas (Evans y Bryan, 1973).

En ciertas leguminosas existe, sin duda, una disponibilidad mínima que limita la producción animal; los niveles por encima de este límite no afectan la ganancia de peso (t Mannetje, 1974; Watson y Whiteman, 1981). Sin embargo, un exceso de leguminosas de baja palatabilidad en la pastura (*Calopogonium mucunoides*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria phaseoloides*) puede resultar en una reducción de la ganancia de peso por animal debido al poco consumo de energía digestible (CIAT, 1982). Asimismo, el exceso de ciertas leguminosas puede afectar adversamente la ganancia de peso por unidad de superficie puesto que se hace necesario reducir la carga para lograr un adecuado equilibrio entre las especies de la pastura (CIAT 1980, CIAT 1981, y CIAT 1982).

De la discusión anterior se infiere que la medición de la composición botánica es de singular importancia en los experimentos de pastoreo en praderas asociadas, ya que existe una relación positiva, por lo menos dentro de cierto rango, entre la disponibilidad de ciertas leguminosas y la producción animal. Sin embargo, no se debe limitar la medición de la composición botánica a determinar la proporción de leguminosas en el forraje disponible sino que debe también cuantificar otras especies no sembradas las cuales, en algunos casos, pueden afectar negativamente la producción y la capacidad de carga de las pasturas.

Se debe subrayar que las mediciones de la composición botánica y de la disponibilidad de forraje en la pastura no sólo sirven para explicar ciertas respuestas en producción animal, sino también para evaluar cómo algunos tratamientos (fertilización, manejo del pastoreo) modifican la persistencia de las especies sembradas (Stobbs, 1969; Winks et al., 1974; Winter et al., 1977; Shaw, 1978a).

Calidad del forraje en oferta y seleccionado en el pastoreo

Si el investigador decide considerar la calidad del forraje como uno de los atributos de la pastura, puede esperar que la interpretación que haga de las relaciones existentes entre esos atributos y la producción animal sea más acertada. Esta afirmación es particularmente cierta si se acepta que la producción animal es, en gran medida, una función de los factores de calidad del forraje, cuando la cantidad de éste no es un limitante. Un buen ejemplo son los datos de Watson y Whiteman (1981) quienes encontraron que las ganancias de peso más altas por animal en *B. mutica* + leguminosas —con respecto a otras praderas como *B. decumbens* + leguminosas o *Panicum maximum* + leguminosas— estaban asociadas no sólo con una mayor cantidad de leguminosa en la mezcla sino también con mejores atributos de calidad (digestibilidad de la materia seca, proteínas y minerales) en la gramínea ofrecida y, por ende, seleccionada. En el estudio ya mencionado de Toledo, Lascano y Giraldo (1983) el grado de predicción de la ganancia de peso individual se

mejoró cuando la MVS real ofrecida al animal se corrigió mediante la inclusión de la digestibilidad in vitro de los componentes; el resultado fue un r^2 de 0.84.

Es un hecho conocido que las deficiencias de proteína en el forraje afectan el consumo y, por ende, la producción animal (Minson y Milford, 1967). En ensayos de pastoreo con *B. humidicola* en los Llanos Orientales de Colombia, la baja ganancia de peso durante la época de lluvias se ha asociado (Lascano, Tergas y Velásquez, 1983) con las deficiencias marcadas de proteína cruda tanto en el forraje en oferta (3.2%) como en el forraje seleccionado por animales fistulados del esófago (3.7%). Por otro lado, el efecto positivo de las leguminosas para aumentar el contenido de proteína de la gramínea asociada y para elevar la ganancia de peso se ha documentado en varios ensayos de pastoreo en los Llanos de Colombia, mediante la medición del valor nutritivo del forraje tanto en oferta como seleccionado (CIAT, 1981; CIAT, 1983). En estos ensayos, las mayores ganancias de peso obtenidas en asociaciones de *A. gayanus* con *S. capitata* (CIAT, 1981) y de *B. decumbens* con *P. phaseoloides* (CIAT, 1983), en comparación con los monocultivos respectivos, se han relacionado con un mayor contenido de proteína en la gramínea total y en sus componentes (hoja y tallo) como también en la dieta de los animales en pastoreo.

Frente a los estudios en que los atributos de calidad medidos en el forraje en oferta han ayudado a interpretar los resultados de ensayos de pastoreo, aparecen otros trabajos que afirman lo contrario. En una comparación de cuatro pasturas asociadas en Australia no se encontró ninguna relación entre los atributos de calidad de la pastura y la ganancia de peso (Bryan, 1968); sugiere allí el autor que la falta de correlación entre los atributos medidos y la ganancia de peso pudo deberse a que no se estaba midiendo lo que realmente consumían los animales, a causa del pastoreo selectivo.

La intensa selectividad expresada por el animal en pastoreo ha sido estudiada en una serie de trabajos en los cuales se han podido documentar diferencias entre:

- especies de plantas (Cowlshaw y Alder, 1960);
- ecotipos de una misma especie (CIAT, 1983);
- plantas fertilizadas y no fertilizadas (CIAT, 1982);
- materia verde y materia inerte (Lascano, Tergas y Velásquez, 1983);
- hojas y tallos (Chacón y Stobbs, 1976).

En general, las mediciones de la selectividad del animal en los ensayos de pastoreo han servido para los siguientes propósitos:

- a) Establecer relaciones entre la materia verde en base seca (MVS) disponible y seleccionada (Hamilton et al., 1973).

- b) Explicar las ganancias de peso en épocas secas y lluviosas en pasturas de gramíneas asociadas con leguminosa (Hunter et al., 1976; Gardener, 1980; CIAT, 1982; CIAT 1983).
- c) Medir el efecto de la fertilización en el consumo de leguminosas por el animal en las pasturas asociadas (McLean et al., 1981).
- d) Predecir la ganancia de peso de animales que pastorean gramíneas solas o asociadas con leguminosas, midiendo la concentración de nitrógeno en la dieta de los animales fistulados (Siebert y Hunter, 1977).

De los trabajos revisados resulta claro que ciertos atributos del forraje, no siempre medidos en los ensayos de pastoreo, están relacionados con la producción animal. Es importante, por consiguiente, medir esos atributos para contribuir a la interpretación de los resultados obtenidos. Por otro lado, la frecuencia con que se deberán realizar mediciones en la pastura dependerá, en gran medida, del objetivo del ensayo; en experimentos de pastoreo diseñados para establecer modelos de predicción de ganancia de peso a partir de los atributos de la pastura, el número y la frecuencia de las mediciones será mayor que en los ensayos donde únicamente se quiere evaluar el manejo del pastoreo y la productividad animal.

Consideraciones estadísticas en el muestreo

En los ensayos de pastoreo en que se estén evaluando especies forrajeras —bajo diferentes manejos del pastoreo, con fertilización o sin ella— es interesante ver cómo estos factores afectan los atributos más importantes de la vegetación y, a la vez, la producción animal. Sin embargo, para poder detectar en la pastura diferencias significativas debidas a los tratamientos, es necesario que, además de un adecuado control de la variabilidad inherente al ensayo de pastoreo (suelo, pastura, tipo de animales), se realicen mediciones tan precisas como sea posible. Para lograr esta precisión, se requiere alguna idea sobre la varianza esperada entre las parcelas experimentales y dentro de ellas. Se recomienda, por tanto, que antes de proceder a muestrear las pasturas experimentales se haga un reconocimiento de cada potrero para determinar su grado de variabilidad tanto en términos de disponibilidad como de composición botánica.

En general, se acepta que cuanto mayor sea el número de muestras que se tomen mayor será la precisión con que se estime la media de algún atributo de la vegetación. Sin embargo, el número de muestras requeridas para estimar la media de la vegetación total con una determinada precisión puede ser menor que el requerido para estimar la media de algunos de los componentes de esa vegetación (materia verde en base seca, materia seca inerte, leguminosas). Por

ejemplo, en un potrero de *A. gayanus* + *D. ovalifolium* bajo pastoreo alterno se necesitaron nueve muestras para estimar la media del forraje total en oferta (gramínea + leguminosa) con un intervalo de confianza de $\pm 20\%$ en torno a la media. En contraste, para estimar la disponibilidad de la leguminosa con la misma precisión se necesitaron aproximadamente 150 muestras.¹

El número de muestras que se debe tomar está también relacionado con la heterogeneidad de la pradera que se está evaluando, con el tipo de muestreo que se realice, y con la altura de corte. Esta relación se ilustra muy bien con los datos suministrados por Amézquita et al. (1983), procedentes de mediciones de forraje disponible en pasturas de *A. gayanus*, *B. decumbens* y *B. humidicola*. En estas pasturas se midió la cantidad de MVS presente utilizando un muestreo aleatorio y estratificado (tres estratos según la altura del forraje en el marco para muestras). El número de muestras requeridas para estimar la cantidad de forraje, con un 20% de precisión en torno a la media y empleando el muestreo aleatorio, fue de 61, 24 y 12 para *A. gayanus*, *B. decumbens* y *B. humidicola*, respectivamente. Sin embargo, cuando se estratificaron las muestras requeridas para obtener la misma precisión ($\pm 20\%$) su número fue de sólo 17 en *A. gayanus* y de 21 y 8 en *B. decumbens* y *B. humidicola*, respectivamente. Es evidente que el muestreo estratificado contribuyó a reducir el número de muestras requeridas, efecto mucho más notorio en la pastura más heterogénea de *A. gayanus* que en las más homogéneas de *Brachiaria* sp.

En el mismo trabajo (Amézquita et al., 1983) el coeficiente de variación en la estimación de MVS de *A. gayanus* se redujo de 134 a 95% al hacer cortes uniformes a 10 cm sobre el suelo en lugar de cortes cuya altura no se tenía en cuenta.

Otro aspecto relacionado con la precisión del muestreo es el tamaño de los marcos utilizados; aquella aumenta al tomar más muestras con marcos pequeños que si se toma un número menor de muestras con marcos más grandes. Sin embargo, en praderas conformadas por especies erectas (p. ej., *A. gayanus* + *S. capitata*) sembradas en líneas —o donde la vegetación sea dispersa o rala— el empleo de marcos muy pequeños puede resultar ineficiente, sobre todo si se quiere medir la composición botánica del forraje (Tothill, 1978).

Por último, no debe descuidarse la forma del marco que se va a utilizar ya que afecta la eficiencia del muestreo; son recomendables los rectangulares, de preferencia con uno de los lados abiertos para facilitar su manejo (Tothill, 1978). Sin embargo, el efecto de borde es mayor cuando se usan marcos rectangulares y menor con marcos circulares, lo cual implica mayor dificultad

1. Lascano, C. 1984. Datos no publicados.

para decidir si debe considerarse una planta como situada dentro o fuera de un marco rectangular.

Técnicas de medición de atributos en la pastura

Mucho se ha escrito sobre los métodos para medir los atributos de las pasturas, y no es el propósito de este trabajo presentar una revisión exhaustiva de la literatura sobre el tema, sino más bien resumir algunas técnicas de medición ampliamente descritas en las publicaciones de Shaw y Bryan (1976) y Crowder y Chheda (1982) y en las revisiones de 't Mannelje (1978) y Tothill (1978), pero haciendo referencia a algunos trabajos específicos, en beneficio del lector.

Se describen a continuación algunas alternativas para medir diversos atributos:

- Medición de la cantidad de forraje disponible.
- Medición de los componentes del forraje disponible (MVS y materia inerte).
- Medición de la composición botánica de la pastura.
- Medición del rebrote bajo pastoreo.
- Medición de la calidad del forraje en oferta.
- Medición de la composición botánica y la calidad de la dieta.

Medición de la cantidad de forraje disponible

La mayoría de los autores que han escrito sobre técnicas para determinar la disponibilidad de forraje en una pastura indican que el método escogido dependerá, en gran medida, de los siguientes factores:

- tamaño y forma del área experimental;
- tipo de pastura en términos de uniformidad, de densidad y de composición de las especies;
- precisión requerida en la prueba;
- disponibilidad de mano de obra y facilidades de procesamiento de muestras y de datos.

En general, el método que se emplee deberá basarse en consideraciones estadísticas, de practicabilidad, y de costos.

Los métodos de muestreo para estimar la disponibilidad del forraje se pueden dividir en dos grandes grupos: destructivos y no destructivos.

Métodos destructivos. Son aquéllos en que la cantidad de forraje se mide por corte manual o mecánico, mientras que en los no destructivos se miden o

estiman algunas variables de la vegetación que se pueden relacionar con cantidad ('t Mannelje, 1978).

En los métodos destructivos se pueden utilizar desde el corte manual (tijeras, hoz) hasta los equipos mecánicos con propulsión propia o sin ella. Para una descripción detallada de estos equipos se remite al lector a la publicación de 't Mannelje (1978). Por razones obvias, los equipos de corte o cosechadoras de forraje son convenientes para medir forraje disponible en grandes áreas experimentales. Sin embargo, presentan ciertas desventajas, p. ej:

- dificultad de graduar la altura de corte;
- dificultad para separar los componentes de la pradera (gramínea y leguminosa);
- posibilidad de contaminación de las muestras con partículas de suelo.

Por otro lado, la estimación del forraje disponible utilizando marcos y corte manual puede exigir grandes esfuerzos, sobre todo si se quiere alcanzar una precisión alta en la estimación. Es recomendable, entonces, que estas técnicas de muestreo se acompañen con algún tipo de estratificación que permita reducir el número de muestras sin perjuicio de la precisión.

Métodos no destructivos. Básicamente, estos métodos han surgido en respuesta a las desventajas que ofrecen los anteriores. Los principales son:

- estimaciones visuales;
- mediciones de altura y 'cobertura' de las especies forrajeras;
- mediciones de capacitancia y atenuación ('t Mannelje, 1978).

Aun cuando estos métodos no son muy exactos, permiten aumentar la precisión dado que es posible realizar un gran número de observaciones. Para el estudio en detalle de algunos métodos, el lector puede consultar las publicaciones de Mott y Teare (1965), Phillips y Clarke (1971), Lowett y Burch (1972), y Angelone, Toledo y Burns (1980a y 1980b).

Diferentes métodos de estimación del forraje disponible que impliquen observaciones visuales han sido descritos por 't Mannelje (1978). Estos métodos van desde la estimación de la cantidad mediante observaciones puramente visuales, sin ninguna referencia a la cantidad estimada mediante el corte, hasta los métodos de doble muestreo en los cuales se combinan las observaciones visuales con los valores obtenidos en los cortes. De los métodos de doble muestreo, el más utilizado en la actualidad es, tal vez, el de Haydock y Shaw (1975); en éste, el forraje disponible se estima visualmente mediante 50 o más marcos por hectárea, colocados en forma aleatoria o siguiendo una división transversal al potrero o a la parcela ('transepto'); en ellos se da una calificación de 1 a 5, donde 1 representa menos forraje y 5 más forraje. Se utilizan como referencia cinco puntos previamente seleccionados y debida-

mente identificados, los cuales representan la escala o rango (1 a 5) que contiene las variaciones del forraje disponible en la pastura. Una vez hechas las lecturas visuales, los puntos o marcos de referencia se cortan, se pesan y se secan. Con los valores del forraje disponible en los cinco marcos, se construye una regresión lineal ($y = a + bx$) que sirve para estimar la disponibilidad del forraje (y) partiendo de las lecturas visuales (x).

Los métodos para estimar la disponibilidad del forraje, con los cuales se mide la altura y el cubrimiento de la vegetación, también han sido descritos por t Mannelje (1978). Baste mencionar que este método no es, necesariamente, más rápido que los métodos que requieran corte, y que su uso se recomienda más en pasturas relativamente homogéneas.

La constante búsqueda de métodos rápidos, eficientes y verdaderamente no destructivos para estimar la disponibilidad de forraje ha llevado al desarrollo de medidores electrónicos (de capacitancia) y de atenuación β . Las técnicas disponibles han sido revisadas por varios autores entre los cuales se menciona a Tucker (1980) y a Angelone, Toledo y Burns (1980a). Los medidores electrónicos de capacitancia, perfeccionados por Campbell, Phillips y O'Reilly (1962) mediante el uso de electrodos de sonda ("probes") cargados eléctricamente, miden los cambios en capacitancia debidos al tamaño, es decir, a las propiedades aislantes (dieléctricas) del cuerpo situado entre dos electrodos. La constante dieléctrica del agua es mucho mayor ($d_{H_2O} = 81$) que la de la celulosa de los tejidos vegetales ($d_{cel.} \approx 1$; $d_{aire} = 1$). Por consiguiente, las mediciones con ese instrumento están íntimamente relacionadas con el contenido interior de agua de la planta y con el agua exterior a ella que se encuentra en su superficie, en el aire circundante y en las partículas de suelo adheridas a ella. La técnica está sujeta, por tanto, a problemas de calibración ya que factores ambientales como el rocío y la humedad del suelo o los diferentes porcentajes de humedad interna de la vegetación, introducen errores en las mediciones.

Para obviar esas limitaciones, Angelone, Toledo y Burns (1980a) y Toledo et al. (1981) desarrollaron, calibraron, y utilizaron exitosamente un nuevo medidor de forraje por capacitancia. Este instrumento utiliza un electrodo del tipo disco de tierra ("earthplate") en vez de los electrodos de sonda, y mide los cambios en capacitancia debidos a diversos aspectos de la vegetación (como la altura, la densidad, la superficie) en un área definida por el disco de tierra. En estas condiciones, se cargan eléctricamente el suelo y el disco; como las propiedades dieléctricas del aire tienen aquí un valor constante, los valores de capacitancia se relacionan mejor con la materia seca de la planta que con su contenido de agua. Infortunadamente, este instrumento existe únicamente como prototipo y no se consigue comercialmente.

Por último, la técnica de atenuación β (absorción por la biomasa de las partículas emitidas por isótopos radiactivos) no ha sido suficientemente

probada bajo condiciones diversas de campo como para recomendarla en la actualidad (Tucker, 1980).

Medición de los componentes del forraje disponible

La estimación de los componentes del forraje disponible (materia verde en base seca, materia inerte, hojas y tallo) puede hacerse por separación manual del material cortado o por métodos indirectos.

La *separación manual* exige, muchas veces, tomar submuestras de forraje en los marcos utilizados para medir la disponibilidad de forraje, procurando realizar la separación antes de secar el forraje. El forraje obtenido con los marcos debe mezclarse bien y dividirse en cuartos, de los cuales se sacan las submuestras cuyo tamaño fluctúa entre 0.5 a 1.0 kg de forraje. Como una alternativa, la separación de hojas y tallos, para su uso en análisis químico, se puede hacer en el campo en muestras cortadas sin marco a una altura definida.

Los *métodos indirectos* consisten en medir en el forraje algún constituyente que se halle en diferente concentración en cada uno de los componentes que se quiere separar (Cooper et al., 1957). Este principio ha sido utilizado para estimar la proporción de MVS y de materia inerte mediante la medición de pigmentos solubles en alcohol (Hunter y Grant, 1961) o de la clorofila (Grant, 1971). La confiabilidad del método de los pigmentos solubles en metanol puede reducirse por la variabilidad de las lecturas, la que, a su vez, es un efecto del tamaño de la muestra, de la sensibilidad de los pigmentos al calor y a la luz, y de las diferencias entre especies vegetales en el grado de pigmentación (Hunter y Grant, 1961).

Medición de la composición botánica de la pastura

La composición botánica de una pastura puede estimarse haciendo mediciones de los siguientes factores:

- número o densidad de plantas;
- cobertura de las especies;
- pesaje de las especies presentes.

El *número de plantas* por unidad de área y la *cobertura de las especies* son mediciones muy utilizadas para evaluar el establecimiento y la persistencia de gramíneas y leguminosas en pasturas experimentales. Una descripción del procedimiento con que se hacen estas mediciones se encuentra en la metodología descrita por Toledo y Shultze-Kraft (1982).

El *pesaje de las especies* que conforman la vegetación es una medida muy objetiva para determinar la composición botánica de la pradera. Sin embargo, es un método muy laborioso pues la separación debe hacerse,

generalmente, en forma manual. Para agilizar ese trabajo se recomienda hacer la separación en submuestras representativas (0.5-1.0 kg) de forraje cosechado en marcos, y preferiblemente antes de secar las muestras.

Otra alternativa diferente del corte y la separación manual de las especies para determinar la composición botánica en una pastura es el método del *rango de peso seco* propuesto por 't Mannelje y Haydock (1963) y luego mejorado por Jones y Hargreaves (1979). Este método se basa en determinar qué especies ocupan el primero, el segundo y el tercer lugar, en términos de peso seco, en marcos colocados en forma aleatoria en la pastura. Estas posiciones corresponden a los porcentajes 70.2, 21.1, y 8.7, respectivamente. Para calcular la composición botánica, se determina el número de marcos en que cada especie ocupa el primero, segundo o tercer lugar. Estos números se multiplican por los factores 0.702, 0.211, y 0.087, respectivamente, y los valores se suman para dar como resultado los porcentajes de cada especie en base seca.

Este método es aplicable únicamente en pasturas donde existan, en forma consistente, más de dos especies como gramíneas, leguminosas y malezas. Su empleo es altamente aconsejable en pasturas muy extensas donde haya una gran densidad de especies, como ocurre en las pasturas nativas.

Dos problemas suscita el método original de 't Mannelje y Haydock (1963): los errores que se pueden presentar en las pasturas donde exista una relación entre el rendimiento del forraje en los marcos, de una parte, y el orden en que se hallan las especies, de la otra; asimismo, los errores debidos a la dominancia de una especie. Las modificaciones propuestas por Jones y Hargreaves (1979) tienden a aminorar estos problemas porque introducen correcciones en la calificación de las especies en cada marco por el rendimiento del forraje y porque asignan más de una calificación a la especie dominante.

Una gran ventaja posee el método del rango de peso seco: se puede combinar con el método del doble muestreo por rango visual, lo que permite estimar el forraje disponible y la composición botánica en una sola operación. Obviamente, con este tipo de muestreo se pueden realizar muchas mediciones lo que a su vez aumenta el grado de precisión de la media. Existe un programa de computador llamado BOTANAL (Hargreaves y Kerr, 1978) mediante el cual se pueden analizar los datos obtenidos en el muestreo en forma rápida y eficiente. Los sistemas de muestreo incluidos en el BOTANAL se describen ampliamente en la publicación de Tothill, Hargreaves y Jones (1978).

En general, el éxito del doble muestreo para estimar disponibilidad así como del método de rango de peso seco para estimar la composición botánica se basan en el entrenamiento de los observadores. Deben, por tanto, calibrarse los métodos haciendo que cada observador califique un número determinado de marcos y que sus resultados se comparen con aquéllos

obtenidos por corte y separación manual de las especies en los mismos marcos.

Medición del rebrote bajo pastoreo

La medición de la tasa de crecimiento o rebrote bajo pastoreo continuo o rotacional con períodos de ocupación largos (más de tres días) exige que se protejan ciertas áreas por medio de jaulas. Hay que tener en cuenta que dentro de la jaula se puede alterar el microambiente porque se reducen el viento y la transpiración, y aumentan la humedad y —en algunos casos— la temperatura (Williams, 1951), cambios que afectan el crecimiento de las plantas (Cowlshaw, 1951). Además, para obtener resultados aceptables desde el punto de vista estadístico, es necesario utilizar, en ocasiones, un número considerable de jaulas (Waddington y Cooke, 1971). Los resultados de un estudio hecho en Carolina del Norte, E.U., mostraron que para medir el rebrote y la composición botánica de modo confiable en un ensayo de pastoreo se requerían, por hectárea, más de 24 jaulas de 1.2 x 1.2 m (Joint Comm. Rep., 1952).

La forma tradicional de medir el rebrote en los ensayos de pastoreo ha sido seleccionar varios sitios al azar en la pastura, en los cuales se escogen dos puntos tan uniformes como sea posible respecto a la disponibilidad de forraje y a la composición botánica: en uno de ellos se estima el forraje disponible y en el otro se coloca una jaula. Al final de un período de tiempo determinado se cosecha el área protegida y, por diferencia, se calcula la tasa de rebrote. Esta operación se repite cuantas veces sea necesario. Si el pastoreo es rotacional, con períodos de ocupación muy cortos, el rebrote durante el pastoreo se puede ignorar; la tasa de crecimiento en este caso se calcula tomando como base el forraje disponible antes y después del pastoreo.

Cuando se estima el rebrote en un ensayo de pastoreo interesa también obtener mediciones de la utilización del forraje, tarea que no exige grandes esfuerzos adicionales. Básicamente, se mide el forraje disponible en dos períodos determinados de tiempo y el resultado se corrige respecto al crecimiento del forraje aplicando la siguiente fórmula de Lineham, Lowe y Stewart (1952):

$$\text{Forraje utilizado} = (c - f) \frac{\log d - \log f}{\log c - \log f} \quad (1)$$

donde:

- c = cantidad de forraje presente al comienzo del período de pastoreo;
- d = cantidad de forraje en la jaula al final del período de pastoreo;
- f = cantidad de forraje fuera de la jaula al final del período de pastoreo.

Medición de la calidad del forraje en oferta

Si el objetivo del investigador es obtener datos sobre la calidad del forraje para relacionarlos con la producción animal, es recomendable que las muestras se tomen simulando el pastoreo. Para hacerlo, se observa lo que los animales seleccionan y simultáneamente se cortan las muestras. Sin embargo, debe tenerse en mente que el muestreo que simula el pastoreo puede sobrestimar el valor nutritivo de la dieta (N, DIVMS) cuando se trata de forrajes de alta calidad, y subestimarlos cuando se miden forrajes de baja calidad (Langlands, 1974). Como alternativa se realizan análisis químicos en los componentes de la biomasa disponible; para ello, se toman hojas, tallos y materia inerte de las especies presentes en la pastura que procedan de submuestras obtenidas en los marcos de forraje con que se hicieron los muestreos de disponibilidad.

En los análisis químicos rutinarios (digestibilidad *in vitro*, nitrógeno y minerales) es importante evitar al máximo la contaminación de las muestras con tierra o excrementos. Si no se dispone de un congelador, el secamiento de las muestras debe hacerse tan rápidamente como sea posible, utilizando temperaturas no mayores de 60°C para evitar alteraciones de los componentes químicos del forraje (Van Soest, 1964).

Medición de la composición botánica y calidad de la dieta

Gracias al desarrollo de técnicas para fistular animales en el esófago (Torell, 1954; McManus, 1962; Little y Takken, 1970) es posible obtener muestras del forraje que han seleccionado los animales en pastoreo.

El objetivo de un gran número de trabajos experimentales ha sido el estudio de los factores que pudieran afectar la estimación de la dieta bajo pastoreo utilizando animales fistulados (Langlands, 1967; Langlands, 1969; Arnold y Dudzinski, 1967; McManus, Arnold y Ball, 1968; Little, 1972; Little, 1975; Cohen, 1979). Baste indicar que si se desea obtener buenas estimaciones del forraje consumido por los animales en pastoreo conviene adoptar las siguientes recomendaciones.

- familiarizar a los animales fistulados con el área experimental;
- no permitir ayunos muy prolongados;
- utilizar el mayor número posible de animales por muestreo;
- hacer muestreos en diferentes épocas del año (p. ej., en lluvias o en sequía);
- tomar ciertas precauciones en el procesamiento de las muestras de forraje extraídas del esófago, sobre todo en el secado (a temperatura no mayor de 60°C).

Mediante el análisis químico del forraje obtenido con fistulas esofágicas se pueden estimar el nitrógeno y las fracciones solubles (Little, 1972) y también

la digestibilidad de la dieta (Cohen, 1979). Además, Little (1975) comprobó que con muestras del esófago se podía estimar con bastante precisión las concentraciones de Ca, S, Cu y Mg en la dieta y, con menor precisión, el Mo y el Mn. Sin embargo, la gran contaminación que ocasiona la saliva no permite estimar las concentraciones de fósforo y zinc en la dieta utilizando las muestras obtenidas en esa forma (Little, 1972; Little, 1975).

La proporción hoja:tallo en la dieta de los animales en pastoreo se puede estimar en el forraje extraído del esófago (Chacón, Stobbs y Haydock, 1977) por separación manual o mediante aire que circule a través de una columna del tipo utilizado para limpieza de semillas (Lascano, 1979). Es posible también estimar esa relación mediante lecturas con un microscopio de la frecuencia de aparición de hojas o tallos (puntos) en las muestras de forraje aparcidas en un plato de Petri (Heady y Torell, 1959).

La composición botánica de la dieta de los animales en pastoreo se puede estimar mediante la lectura de las muestras extraídas del esófago con un estereoscopio de 400 puntos (Heady y Torell, 1959). Con este método se identifican únicamente los fragmentos grandes de la planta porque se emplea poca magnificación ($X \leq 18$). Respecto al peso, conviene corregir los datos de frecuencia de puntos leídos en una muestra, mediante ecuaciones de predicción desarrolladas a partir de una mezcla de especies en proporciones conocidas (Heady y Van Dyne, 1965). En general, se considera que el método de lectura es confiable únicamente para estimar la composición botánica de la dieta dentro de rangos relativamente amplios definidos como poco ($\leq 20\%$), intermedio (21-50%) o alto ($\geq 50\%$) (Marshall y Squires, 1979).

Otra alternativa para estimar la composición botánica en la dieta es utilizar un constituyente como el calcio, cuya concentración es diferente en las gramíneas y las leguminosas (Playne et al., 1978). Sin embargo, este método presenta dificultades, ya que la concentración de calcio puede ser diferente entre una y otra hoja o entre uno y otro tallo de una misma planta y cambia según la madurez de ésta.

La composición de la dieta de los animales en pastoreo también se ha estimado utilizando las heces para identificar epidermis o fragmentos de planta (Storr, 1961; Stewart, 1967; Williams, 1969). Más recientemente, se ha utilizado la proporción de los isótopos naturales de carbono ($^{12}\text{C}:^{13}\text{C}$) en las heces para estimar la composición de la dieta de animales en pastoreo (Jones et al., 1979). Se basa el método en que la relación $^{12}\text{C}:^{13}\text{C}$ en las gramíneas (plantas C_4) es diferente de la relación en que esos isótopos se hallan en las leguminosas (plantas C_3). El empleo de esta técnica ha sido revisado por Jones (1980) y basta decir que ofrece, indudablemente, varias ventajas para estimar la composición de la dieta, entre otras, que no requiere animales fistulados. Sin embargo, las diferencias en digestibilidad entre gramíneas y

leguminosas pueden introducir algún error en las estimaciones de la composición botánica de la dieta. Además, su empleo podría restringirse seriamente dados los altos costos del espectrofotómetro de masas que se necesita para analizar los isótopos naturales del carbono.

Conclusiones

Para interpretar los resultados obtenidos en las pruebas de pastoreo es necesario realizar mediciones de los atributos de la vegetación relacionados con la producción animal, tales como:

- MVS en oferta, ojalá corregida respecto a las tasas de rebrote y a los factores de calidad;
- Composición botánica del forraje en oferta.

La frecuencia de medición de estos atributos dependerá de los objetivos del ensayo de pastoreo; será mayor en la medida en que se quieran formular modelos de predicción de la ganancia de peso, y menor únicamente cuando se busque información útil para interpretar los resultados de la producción animal.

Varios métodos pueden emplearse para hacer mediciones en la pastura y el empleo de cualquiera de ellos debe fundarse en consideraciones de tipo estadístico, en su practicabilidad y en sus costos. Los métodos de muestreo destructivos y manuales son objetivos pero exigen gran trabajo; si se emplean estos métodos, sobre todo en pasturas muy heterogéneas, se recomienda estratificarlas con el fin de reducir el número de muestras que se cortarán sin alterar la precisión del muestreo. Las técnicas de muestreo no destructivas —basadas en medidores de capacitancia comercialmente disponibles— adolecen todavía de problemas de calibración, sobre todo aplicadas a pasturas con proporciones variables de materia verde y de materia inerte.

Otras técnicas, como el doble muestreo por rango visual para estimar la disponibilidad del forraje, y el método del rango de peso seco para estimar la composición botánica, son atractivas porque permiten realizar un gran número de observaciones en poco tiempo y, relativamente, con poco esfuerzo. Sin embargo, su uso debe estar precedido por una buena calibración e ir acompañado, en lo posible, por un programa adecuado de manejo de datos por computador.

Las estimaciones de la composición química y la composición botánica de la dieta son ayudas adicionales para la interpretación de los resultados de los ensayos de pastoreo. Sin embargo, su medición implica, generalmente, el empleo de animales fistulados, no siempre disponibles en la mayoría de las estaciones experimentales. Otras técnicas para estimar la composición de la dieta —discutidas en este trabajo— requieren largo entrenamiento o equipos muy costosos.

Referencias

- Angelone, A.; Toledo, J.M. y Burns, J.C. 1980a. Herbage measurements in situ by electronics. 1. Multiple-probe type capacitance meter; a brief review. *Grass and Forage Sci.* 35:25-33.
- ; ———. y ———. 1980b. Herbage measurement in situ by electronics. 2. Theory and design of an earth plate capacitance meter for forage dry matter estimation. *Grass and Forage Sci.* 35:95-103.
- Amézquita, M.C.; Toledo, J.M.; Giraldo, H. y Rojas, A. 1983. Número de muestras a tomar para estimar producción de forraje bajo pastoreo. IX Reunión Latinoamericana de Producción Animal. (Resumen.)
- Arnold, G.W. y Dudzinski, M.L. 1967. Studies on the diet of the grazing animal. II. The effect of physiological status of ewes and pasture availability on herbage intake. *Aust. J. Agric. Res.* 18:349-359.
- Bryan, W.W. 1968. Grazing trials on the Wallum of South-eastern Queensland. 1. Comparison of four pastures. *Aust. Exp. Agric. Anim. Husb.* 8:512-520.
- Cajas, Socorro. 1984. Efecto de la carga en el crecimiento y aparición de celo en novillas de levante en los pastos *Brachiaria humidicola*, *Melinis minutiflora* y *Desmodium ovalifolium*. Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Tesis. 102 p.
- Campbell, A.G. 1966. Grazed pasture parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. *J. Agric. Sci. Camb.* 67:199-216.
- ; Phillips, D.S.M. y O'Reilly. 1962. An electronic instrument for pasture yield estimation. *J. Br. Grassld. Soc.* 17:89-99.
- Chacón, E.; Stobbs, T.H. y Haydock, K.P. 1977. Estimation of leaf and stem contents of oesophageal extrusa samples from cattle. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 43:73-75.
- . y Stobbs, T.H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 27:709-727.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1983. Cali, Colombia. 388 p.
- . 1983. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1982. Cali, Colombia. 361 p.
- . 1982. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1981. Cali, Colombia. 299 p.
- . 1981. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales, 1980. Cali, Colombia. 137 p.
- Cohen, R.D.H. 1979. Factors influencing the estimation of the nutritive value of the diet selected by cattle fistulated in the oesophagus. *J. Agric. Sci.* 93:607-618.

- Cooper, C.S.; Hyder, D.N.; Petersen, R.G. y Sneva, F.A. 1957. The constituent differential method of estimating species composition in mixed hay. *Agronomy Journal*. 49:190-193.
- Cowlshaw, S.J. y Alder, F.E. 1960. The grazing preferences of cattle and sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 54:257-265.
- . 1951. The effect of sampling cages in the yields of herbage. *J. Br. Grassld. Soc.* 28:155-160.
- Crowder, L.V. y Chheda, H.R. 1982. Measurement of pasture production. En: Wringley, G. (ed.). *Tropical grassland husbandry; Tropical Agriculture Series*. Longman, Nueva York y Londres. p. 386-410.
- Evans, T.R. y Bryan, W.W. 1973. Effects of fertilizers and stocking rates on pasture and beef production on the Wallum of South-eastern Queensland. 2. Animal response in terms of liveweight change and beef production. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 13:530-536.
- Gardener, C.J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata* - native grass pastures. *Aust. J. Agric. Res.* 31:379-392.
- Grant, S.A. 1971. The measurement of primary production and utilization on heather moors. *J. Br. Grassld. Soc.* 26:51-58.
- Hamilton, B.A.; Hutchinson, K.J.; Annis, P.C. y Donnelly, J.B. 1973. Relationships between the diet selected by grazing sheep and the herbage on offer. *Aust. J. Agric. Res.* 24:271-277.
- Hargreaves, J.N.G. y Kerr, J.D. 1978. Botanal; a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. II. Computational package. Division of Tropical Crops and Pastures, Tropical Agronomy, CSIRO, Australia. Technical memorandum no. 9.
- Haydock, K.P. y Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15:663-670.
- Heady, H.F. y Van Dyne, G.M. 1965. Prediction of weight composition from point samples on cipped herbage. *J. Range Mgmt.* 18:144-148.
- . y Torell, D.T. 1959. Forage preference exhibited by sheep with oesophageal fistulas. *J. of Range Manage.* 12:28-34.
- Hunter, R.A.; Siebert, B.D. y Breen, M.J. 1976. The botanical and chemical composition of the diet selected by steers grazing Townsville stylo grass during a period of liveweight gain. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 11:457-460.
- Hunter, R.F. y Grant, S.A. 1961. The estimation of 'green dry matter' in a herbage sample by methanol-soluble pigments. *J. Br. Grassld. Soc.* 16:43-45.
- Joint Comm. Rep. 1952. Pasture and range research techniques. *Agron. J.* 44:39-50.
- Jones, R.M. y Hargreaves, J.N.G. 1979. Improvements to the weight-rank method for measuring botanical composition. *Grass and Forage Science* 34:181-189.

- Jones, R.J. 1980. The use of natural carbon isotope ratios in studies with grazing animals. En: Wheeler, J. L. y Mochrie, R.D. (eds.). *Forage evaluation: concepts and techniques*. CSIRO, Australia. p. 277-286.
- ; Ludlow, M.M.; Troughton, J.H. y Blunt, C.G. 1979. Estimation of the proportion of C₃ and C₄ plants species in the diet of animals from the ratio of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the faeces. *J. Agric. Sci. Camb.* 92:91-100.
- Langlands, J.P. 1974. Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. VII. A rate on hand picking as a technique for estimating dietary composition. *Animal Production* 19:249-252.
- . 1969. Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. IV. Variation in the diet selected by sheep differing in age, breed, sex, strain, and previous history. *Anim. Prod.* 11:369-378.
- . 1967. Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep. I. Differences in composition between herbage consumed and material collected from oesophageal fistulae. *Anim. Prod.* 9:167-175.
- Lascano, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake. Texas A&M University, College Station, Texas. Tesis. 199 p.
- ; Tergas, L.E. y Velásquez, J. 1983. Medición de consumo voluntario en experimentos de pastoreo en los Llanos Orientales de Colombia. IX Reunión Latinoamericana de Producción Animal. (Resumen.)
- Lineham, P.A.; Lowe, J. y Stewart, R.H. 1952. The output of pasture and its measurement. *J. Br. Grassld. Soc.* 7:73-98.
- Little, D. A. 1975. Studies on cattle with oesophageal fistulae: Comparison of concentrations of mineral nutrients in feeds and associated boluses. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15:437-439.
- . 1972. Studies on cattle with oesophageal fistulae: the relation of the chemical composition of feed to that of the extended bolus. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 12:126-130.
- y Takken, A. 1970. Preparation of oesophageal fistulae in cattle under local anaesthesia. *Aust. Vet. J.* 46:335-337.
- Lowett, J.V. y Burch, G.J. 1972. The electronic measurement of small herbage yields using a high sensitivity capacitance meter. *J. Br. Grassld. Soc.* 27:83-86.
- 't Mannetje, L. y Ebersohn, J.P. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. *Tropical Grasslands* 14:273-280.
- . 1978. Measuring quantity of grassland vegetation. En: 't Mannetje, L. (ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Bulletin no. 52. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England. p. 63-90.
- . 1974. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. En: *Proc. 12th Int. Grassld. Congr. Grassland utilization*. 1. Moscú, URSS. p. 386-390.

- y Haydock, K.P. 1963. The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *J. Br. Grassld. Soc.* 18:268-275.
- Marshall, Janice W. y Squires, V.R. 1979. Accuracy of quantitative methods used for the botanical analysis of oesophageal fistula samples. *Trop. Grassld.* 13:140-148.
- McLean, R.W.; Winter, W.W.; Matt, J.J. y Little, D.A. 1981. The influence of superphosphate on the legume content of the diet selected by cattle grazing *Stylosanthes* - native grass pastures (nota breve). *J. Agric. Sci. Camb.* 96:247-249.
- McManus, W.R.; Arnold, G.W. y Ball, J. 1968. Effect of physiological status on diet selection by grazing ewes. *J. Br. Grassld. Soc.* 23:223-227.
- : 1962. Oesophageal fistulation studies in the sheep. *Aust. Vet. J.* 38:85-91.
- Minson, D.J. y Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 7:546-551.
- Mott, G.O. y Teare, I.D. 1965. Estimating forage yield in situ. *Crop. Sci.* 5:311-313.
- Norman, M.J.T. 1970. Relationships between liveweight gain of grazing steers and availability of Townsville lucerne (*Stylosanthes humilis*). *Proc. 11th Int. Grassld. Cong., Surfers Paradise, Australia.* p. 829-832.
- Playne, M.J.; Megarrity, R.G. y Le Feurere, R.P. 1978. Estimation by calcium analysis of the proportion of grass in oesophageal fistula samples from cattle grazing grass-stylo pastures. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18(92):325-334.
- Phillips, D.S.M. y Clarke, S.E. 1971. The calibration of a weighed disc against pasture dry matter yield. *Proc. N.Z. Grassld. Assoc.* 33:68-75.
- Roe, R.; Southcott, W.H. y Turner, H.N. 1959. Grazing management of native pastures in the New England region of New South Wales. 1. Pasture and sheep production with special reference to system of grazing and internal parasites. *Aust. J. Agric. Res.* 10:530-554.
- Roberts, C.R. 1980. Effect of stocking rate on tropical pastures. *Tropical Grasslands* 14:225-231.
- Shaw, N. H. 1978a. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in Central Coastal Queensland. 1. Pasture Production. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18:788-799.
- . 1978b. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in Central Coastal Queensland. 2. Animal Production. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18:800-807.
- y Bryan, W. W. 1976. Tropical pasture research: principles and methods. Bulletin no. 51. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England.

- Siebert, B. D. y Hunter, R. A. 1977. Prediction of herbage intake and liveweight gain of cattle grazing tropical pastures from the composition of the diet. *Agricultural Systems* 2:199-208.
- Storr, G. M. 1961. Microscopic analysis of faeces, a technique for ascertaining the diet of herbivorous mammals. *Aust. J. Biol. Sci.* 14:157-164.
- Stewart, D. R. M. 1967. Analysis of plant epidermis in faeces: a technique for studying food preference of grazing herbivores. *J. Appl. Ecol.* 4:83-111.
- Stobbs, T. H. 1969. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda. III. Rotational and continuous grazing. *Trop. Agric. (Trinidad)* 46:293-301.
- Toledo, J. M.; Lascano, C. y Giraldo, H. 1983. Medidas en la pastura y su relación con producción animal. 9a. Reunión Latinoamericana de Producción Animal. (Resumen.)
- , y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo, J. M. (ed.). *Manual para la evaluación agronómica*; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 91-110.
- ; Burns, J.C.; Lucas, H.L. Jr. y Angelone, A. 1981. Herbage measurements in situ by electronics. III. Calibration, characterization and field application of the earth-plate forage capacitance meter: a prototype. *Grass and Forage Sci.* 35:189-196.
- Torell, D. T. 1954. An oesophageal fistula for animal nutrition studies. *J. Anim. Sci.* 13:878-884.
- Tothill, J. C. 1978. Measuring botanical composition of grasslands. En: 't Mannelje, L. (ed.). *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Bulletin no. 52. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, England. p. 22-55.
- ; Hargreaves, J.N.G. y Jones, R.M. 1978. Botanical; a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. I. Field sampling. Division of Tropical Crops and Pastures, Tropical Agronomy, CSIRO, Australia. Technical memorandum no.8.
- Tucker, C.J. 1980. A critical review of remote sensing and other methods for non-destructive estimation of standing crop biomass. *Grass and Forage Science* 35:177-182.
- Van Soest, P.J. 1964. Symposium on nutrition forages and pastures: New chemical procedures for evaluating forages. *J. Anim. Sci.* 23:838.
- Waddington, J. y Cook, D.A. 1971. The influence of sample size and number on the precision of estimates of herbage production and consumption in two grazing experiments. *J. Br. Grassld. Soc.* 26:95-101.

- Watson, S.E. y Whiteman, P.C. 1981. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Salomon Islands. II. Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. *J. Agric. Sci. Camb.* 97:353-364.
- Williams, O.B. 1969. An improved technique for identification of plant fragments in herbivore faeces. *J. Range Manage.* 22:51-52.
- Williams, S. S. 1951. Microenvironment in relation to experimental techniques. *J. Br. Grassld. Soc.* 6(4):207-217.
- Willoughby, W.M. 1959. Limitations to animal production imposed by seasonal fluctuations in pasture and by management procedures. *Aust. J. Agric. Res.* 10:248-268.
- Winks, L.; Lamberth, F.C.; Mair, K.W. y Pepper, Patricia M. 1974. Effect of stocking rate and fertilizer on the performance of steers grazing Townsville stylo-based pasture in north Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 14:146-154.
- Winter, W.H.; Edye, L.A.; Megarrity, R.G. y Williams, W.T. 1977. Effects of fertilizer and stocking rate on pasture and beef production from sown pastures in northern Cape York Peninsula. 1. Botanical and chemical composition of the pastures. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 17:66-74.
- Yates, J. J.; Edye, L. A.; Davies, J. G. y Haydock, K. P. 1964. Animal production from a *Sorghum almum* pasture in South-east Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 4:326-335.