

METODOS SENCILLOS PARA ESTIMAR RENDIMIENTOS DE FORRAJE

*Diego F. Riso **

INTRODUCCION

El aumento constante en la demanda de alimentos, así como de los costos de producción, convierten en fundamental mejorar la eficiencia de obtención de productos animales, siendo el pastoreo directo uno de los medios más económicos de alimentación de rumiantes (Baylor, 4).

Un factor a tener en cuenta para lograr una mayor productividad es la formulación de adecuados sistemas de producción forraje-animal, ya que de acuerdo con Baker (2), la producción de carne a partir de pasturas se ha desarrollado en torno a esquemas extensivos y de escasos requerimientos de manejo, adecuados sólo para regiones de bajo valor del recurso suelo.

La relación de disponibilidad de forraje con dotaciones variables determina, en forma prioritaria, la producción animal por cabeza y por hectárea, así como la productividad de la pastura y su persistencia, constituyéndose en un factor más importante aún que el método de pastoreo cuando se trata de la optimización de la producción de rumiantes sobre pasturas.

Es, entonces, primordial determinar la cantidad de forraje pastoreable que hay en una pastura, aunque no siempre resulta aconsejable el uso de técnicas convencionales de corte. En áreas experimentales así como en explotaciones comerciales, el corte resulta trabajoso, caro y muchas veces inseguro debido a la imposibilidad de obtener adecuado número de muestras representativas. En este sentido, Matches (17) refiriéndose al tamaño de muestra adecuado en condiciones de pastoreo, concluyó que el ajuste de la presión de pastoreo puede realizarse con una aproximación de ± 220 a 280 kg/ha de la verdadera disponibilidad, y que

*Técnico Adjunto del Proyecto Forrajeras y Encargado del Sistema Agrícola-Ganadero, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB), EELF

en el caso de su trabajo ello requirió muestrear 7 fajas de 3.80 x 12 m en potreros de área muy reducida (0.33 ha). Por su parte, Milner y Hugues (19) establecieron que la variabilidad es el factor limitante en la determinación del número de muestras a cortar y por lo tanto, la precisión de la estimación, por lo que se deberá realizar un compromiso entre la precisión, tiempo y costo de muestreo.

Son numerosos los autores que han enfatizado la necesidad de estimar el rendimiento de áreas experimentales sin destrucción del tapiz (Evans y Jones, 11; Whitney, 25; Haydock y Shaw, 13). En el correr de los últimos años se han propuesto distintos métodos cortos para estimar rendimiento y composición botánica, basados en la relación existente entre distintos parámetros de la pastura y el rendimiento. En general, tales técnicas requieren calibración previa y brindan un menor grado de precisión que el corte. Se ha descrito un amplio rango de posibilidades, desde la simple estimación visual (Hutchison et al., 15; Campbell y Arnold, 8) hasta otros métodos con mayor grado de refinamiento, como la atenuación de Rayos Beta (Mott et al., 20), o el potenciómetro electrónico (Neal y Neal, 21).

De acuerdo con Nichols (22) estos aparatos se basan en un potenciómetro tipo puente de radio, en el que el grado de desbalance es una función de la masa de forraje. Sus ventajas serían el muestreo rápido y repetido del tapiz, sin afectarlo, siendo sus desventajas la repetida calibración y los errores que ocurren en mediciones hacia los extremos superior e inferior del rango de medida.

Varios autores han propuesto medir parámetros que estimen producción, como es el caso de porcentaje de área cubierta, altura y su combinación (Pasto et al., 23; Evans y Jones, 11; Alexander et al., 1; Michalk y Herbert, 18). Se han realizado estimaciones por estas técnicas, tanto en parcelas experimentales como con tapices pastoreados, obteniéndose las correlaciones más altas con el rendimiento por corte, cuando se usó la combinación de ambos parámetros. Whitney (25) describió un instrumento para registrar altura del tapiz en pie, con el que obtuvo buenas correla-

ciones con rendimiento, tanto en parcelas como en condiciones de pastoreo. Este autor sostenía que tal instrumento podía usarse para medir "volumen de forraje", término definido por Frakes (12) como una función de la altura, densidad y compresibilidad del tapiz.

Empleando un Disco Simple basado en un principio similar al de "volumen de forraje" Castle (9) estimó el rendimiento de pasturas en parcelas y bajo pastoreo. Las correlaciones que él obtuvo con el método de corte variaron entre $r=0.85$ en las parcelas y $r=0.66$ en áreas pastoreadas, concluyendo que el uso de tal instrumento era recomendable debido a su bajo costo, simplicidad de uso y aceptable precisión. Bransby et al. (6) estudiando con instrumento similar, también concluyeron que resultaba de utilidad su empleo antes de tomar decisiones sobre manejo de pastoreo.

Otros autores han desarrollado técnicas que estiman el rendimiento de un tapiz por comparaciones con testigos de referencia; estos testigos son cosechados y utilizados para calcular una línea de regresión que permita predecir el rendimiento (Campbell y Arnold, 8). Por su parte, Haydock y Shaw (13) describieron un método comparativo similar, que categoriza el área en estudio dentro de un rango de 1 a 5, basándose en los rendimientos de testigos similares preseleccionados, habiéndose constatado altas correlaciones entre tales estimaciones y rendimientos por corte.

En cuanto a la determinación de la composición botánica por separación manual en el laboratorio, es una técnica lenta, costosa y no fácilmente aplicable en muchas situaciones. Si bien la estimación del área cubierta por cada especie por el método de Punto Cuadrado permite obtener una razonable precisión, éste también es un procedimiento lento y laborioso (Brown, 7).

Usando un método simple y rápido de estimar la composición botánica de tapices en pie Hunt (14) obtuvo un buen grado de precisión comparado con la técnica tradicional, concluyendo que se justificaba su empleo en forma extensiva. Buscando simplificar el proceso de laboratorio Mannelje y Haydock (16) emplearon una técnica de categorización, que requería posteriores transformaciones a datos cuantitativos, pero que también obtuvo buenas correlaciones con determinaciones por técnicas tradicionales.

El objetivo del presente trabajo fue investigar el grado de precisión de cuatro métodos cortos para estimar rendimientos de forraje y la confiabilidad y consistencia de distintos observadores con tales métodos. Distintos observadores estimaron también la proporción de leguminosas del tapiz en pie. Es así que durante los años 1977 y 1978, se realizaron una serie de experimentos en la Unidad de Lechería y Campo Experimental del Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia (Estados Unidos de N. América).

MATERIALES Y METODOS

Cada experimento se condujo independientemente, por lo que las personas y el número de individuos que realizaron estimaciones de rendimientos variaron para cada experimento. Previo a las estimaciones, los observadores recibieron entrenamiento juzgando áreas de referencia que se cortaban y pesaban.

Los métodos usados se enumeran y describen brevemente:

1. Estimación Visual de la disponibilidad de materia seca en kg/ha, luego de un entrenamiento como el que se describe en el método 3.

2. Uso de un instrumento de Disco desarrollado por Wolf* y similar a los descritos por Bransby et al. (6) y por Castle (9). Este instrumento consistía en dos tubos de aluminio superpuestos, el interior de 1.83 m y el otro diseñado para deslizarse en su derredor y con una longitud de 1.22 m. En el extremo inferior, un pequeño plato basal impedía que el Disco de medir se deslizara hacia afuera al usarse el instrumento. El tubo central estaba marcado cada 2 mm por sobre la altura de 1.22 m del tubo externo. Un plato cuadrangular de "plexiglass", con un área de 0,57 m² y un peso de 3.78 kg/m², fue colocado en derredor del tubo exterior, de forma que pudiera caer libremente sobre el tapiz. Para operar con el Disco, todo el conjunto se sostiene verticalmente y luego se deja caer el plato desde una altura standard de unos 70 cm, levantándose después el tubo más corto hasta tocar suavemente el plato, registrándose así la altura de los distintos tapices.

* D.D. Wolf (1974). Report of Research with Forage Crops; Department of Agronomy; V.P.I. and S.U., Blacksburg, Virginia.

3. Versión simplificada del método de Rendimiento Comparativo descrito por Haydock y Shaw (13), en el que los rendimientos de distintas áreas son categorizados en relación con áreas de referencia de la misma pastura, seleccionadas con anterioridad. El procedimiento básico para este método consistió en seleccionar cuadros de referencia para construir una escala, desde el rendimiento más bajo al más alto, categorizando dichas áreas del 1 al 5.

El método se aplicó dos veces por área, luego de lo cual los cuadros, con sus valores comprendidos entre 1 y 5, fueron fotografiados con una cámara Polaroid SX 70, instantánea, a una distancia de aproximadamente 90 cm horizontalmente y 70 cm verticalmente. Esto permitía a los estimadores llevar consigo las fotografías coloreadas como referencia, evitando así volver a las áreas originales. Luego, las áreas se cosecharon y pesaron en el campo para establecer un rendimiento aproximado y, posteriormente, se llevaron al laboratorio para obtener peso seco. Los estimadores categorizaban la pastura en base a una escala de 9 puntos, de 1 a 5, incluyendo valores medios.

4. El método de Índice de Rendimiento incluía las estimaciones de dos parámetros del tapiz: altura y porcentaje de suelo cubierto para cada una de las áreas de muestreo. El producto de ambas estimaciones fue luego utilizado para categorizar el rendimiento de la pastura (Evans y Jones, 11; Alexander et al., 1; Michalk y Herbert, 18).

5. Estimaciones visuales del contenido de leguminosa en el tapiz en pie, expresado como porcentaje del peso de materia seca en el rendimiento total, de forma similar al procedimiento descrito por Hunt (14)

Experimentos

1. Doce experimentos sobre estimación de rendimiento y contenido de leguminosas fueron conducidos en cinco pasturas bajo pastoreo rotativo, con vacas Holando de alta producción.

Los potreros tenían un área aproximada a las 2.2 ha y la pastura era una mezcla de dactilis (Dactyllis glomerata L.), poa (Poa pratensis L.) y trébol rojo (Trifolium pratense L.). El tapiz mostraba diversos grados de

invasión por festuca K.31 (Festuca arundinacea Schreb.) y agropiron (Agropyron repens L.) distribuidos en manchones que no se incluyeron en las estimaciones de rendimiento. Existían, también, algunas malezas de hoja ancha como diente de león (Taraxacum officinale L.), llantén (Plantago major L.) y otras especies.

Estos experimentos se realizaron tanto antes que las vacas iniciaran el pastoreo de un potrero, como inmediatamente de terminado el mismo. con marcadas diferencias en disponibilidad y homogeneidad del tapiz para evaluar la precisión de las diferentes técnicas y estimadores.

2. Parcelas experimentales de cultivares de raigrás perenne (Lolium perenne L.) en manejo de corte. Se realizaron estimaciones de rendimiento por los métodos (1) y (2), en dos cortes sobre 30 parcelas cada vez, a comienzos del verano de 1978. Se realizó un experimento en parcelas experimentales de cultivares de poa, bajo las mismas condiciones.

Procedimiento experimental

En los procedimientos involucrando pastoreo, al menos dos y generalmente más estimadores, utilizaron alguno o todos los métodos en estudio. Luego de caminar a través del potrero inspeccionando el tapiz, se seleccionaron los cuadros de referencia para el método 3, se fotografiaron y luego se cosecharon, sirviendo como calibración para el método 1.

Luego se estimaron independientemente los rendimientos de 35 cuadros de un área de 0.093 m^2 , por parte de cada uno de los estimadores y para cada uno de los métodos. Por último, los 35 cuadros fueron cosechados con una tijera eléctrica de mano dejando, en general, una altura de rastrojo uniforme de 2.5 cm. aproximadamente. El forraje de cada cuadro fue recogido en bolsas de papel y llevado al laboratorio. En éste, el forraje fue separado a mano en dos fracciones, gramíneas y leguminosas, mientras que las malezas y material muerto eran descontados. Ambas fracciones fueron secadas a estufa a una temperatura aproximada a los 65°C , para las determinaciones de materia seca. De esta manera, se obtuvo para cada área la mejor estimación posible de los kg MS/ha y proporción de leguminosas. Estos valores fueron considerados con los testigos exactos para el estudio de la confiabilidad de todos los métodos de estimación.

En las parcelas con cultivares de raigrás y poa, el Disco fue usado dos veces por parcela y también se registró una estimación por el método Visual antes del corte con una rotativa dejando una altura de rastrojo de 5.0 cm.

Análisis estadístico

A partir de los datos se calcularon los coeficientes de correlación y regresión, de modo de estimar la precisión relativa de cada método. Se prestó particular atención al coeficiente de correlación, ya que expresa el grado de ajuste de la relación entre dos variables. También se calculó y analizó una combinación de todos los estimadores para cada método. El mismo procedimiento se siguió para los datos sobre el contenido de leguminosas.

En experimentos típicos, antes y después de pastorear y para la combinación de todos los experimentos, se realizó una prueba de significación para la diferencia entre coeficientes de correlación, tanto para estimadores como para métodos.

La prueba calculada se basó en la Transformación de Fisher, que introduce la variable $z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$ que está distribuida aproximadamente

Normal, con Media $= \frac{1}{2} \ln \frac{1-e}{1+e}$ y Variancia $= \frac{1}{n-3}$ (Dixon y Massey, 10).

RESULTADOS

Los experimentos se dividen en tres grupos: a) seis antes del pastoreo; b) seis luego del pastoreo; y c) tres en parcelas experimentales de gramineas puras. Por razones de espacio se reportarán resultados de dos experimentos típicos, antes y después de pastorear y un resumen de los dos grupos (a y b) de estimación de rendimiento, así como el grupo de experimentos en las parcelas experimentales. Se presentará también un resumen de los experimentos de estimación de la proporción de leguminosas para antes y después del pastoreo. Posteriormente, la Discusión se basará en el total de los resultados obtenidos.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del experimento en el que se evaluaron los cuatro métodos por tres estimadores antes del pastoreo, en

una pastura con un rendimiento medio de 840 kg MS/ha y un amplio rango de variación. Las estimaciones por el método Visual fueron las más precisas para cada estimador, con una alta correlación ($r=0,85$) para el estimador más experiente (No. 1). A pesar de los mayores valores de correlación para este método, el mismo no resultó significativamente superior a los restantes (Cuadro 2).

Los métodos Comparativo, Disco e Índice de Rendimiento, resultaron en correlaciones similares con rendimiento real con la ventaja para el Comparativo, de que la combinación de datos para todos los estimadores aumentó la precisión de la estimación.

El segundo experimento antes del pastoreo se realizó sobre una pastura con un rendimiento promedio de 900 kg MS/ha, que también presentaba un amplio rango de variación. Como se muestra en la Figura 1, las líneas de regresión calculadas para la combinación de observaciones, en los cuatro métodos evaluados, se ajustó perfectamente al diagrama de puntos correspondientes a observaciones reales, evidenciando la alta precisión lograda. Todos los valores de correlación obtenidos resultaron altamente significativos, independientemente de la experiencia del observador. La combinación de datos de todos los observadores mejoró el valor de correlación con el rendimiento real, obtenido por el método Comparativo, e igualó la precisión de la estimación del observador más experiente con el método Visual ($r=0.94$). En el método de Índice de Rendimiento también se mejoró el valor de correlación con rendimiento real, al combinar las estimaciones de todos los observadores ($r=0.89$).

En el Cuadro 3 aparecen los resultados del primer experimento luego del pastoreo, conducido en una pradera con una disponibilidad media de 930 kg MS/ha. Aún cuando no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 4) las correlaciones individuales más altas correspondieron, en su orden, a los métodos Visual, Comparativo, Índice de Rendimiento y Disco. Los observadores actuaron diferente, de acuerdo al método empleado. La combinación de observaciones para cada método generalmente mejoró las correlaciones por sobre las del más pobre observador.

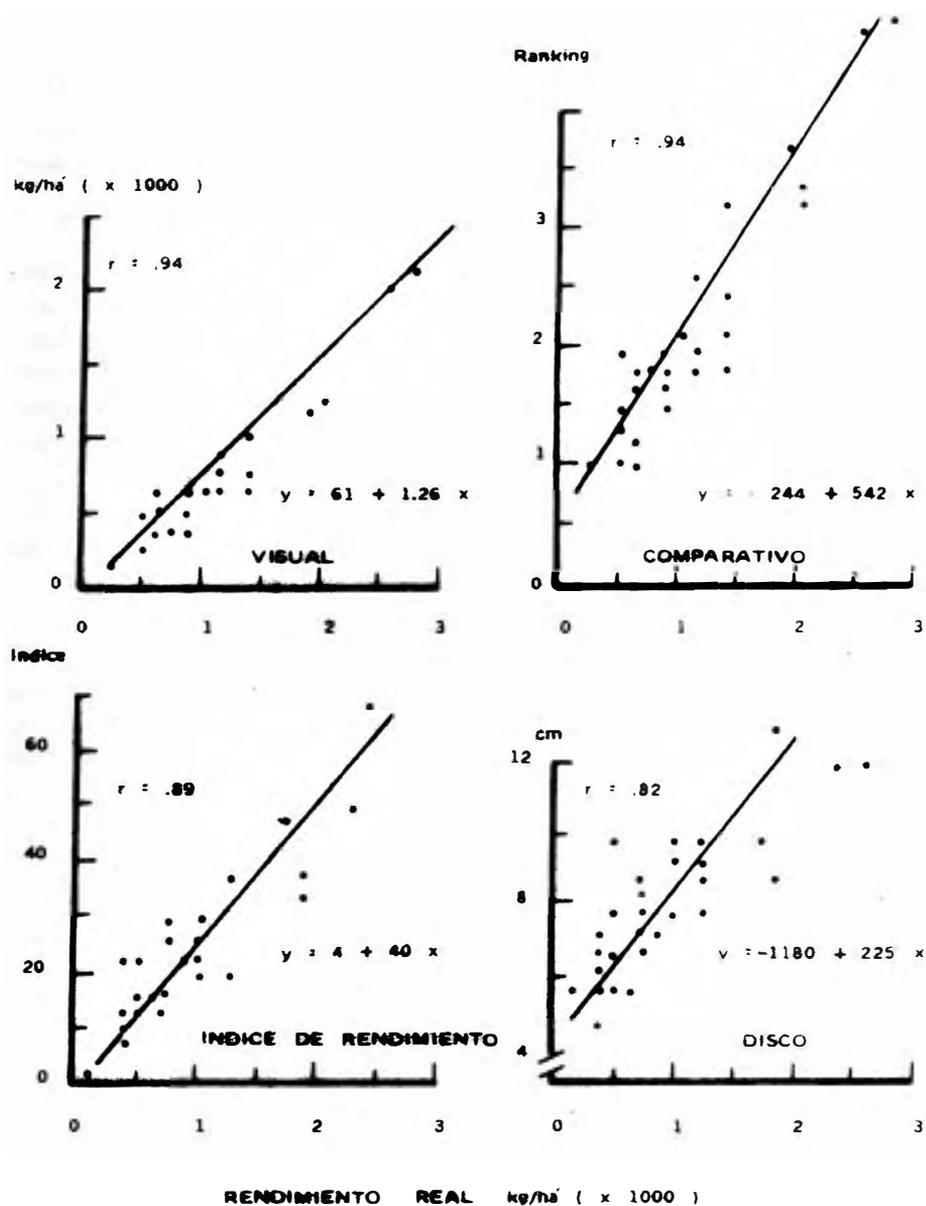


Figura 1

Predicción de rendimiento de materia seca verdadero, usando cuatro métodos de estimación (Visual, Comparativo, índice de Rendimiento y Disco) en una pastura antes del pastoreo. Los Datos son observaciones combinadas de todas las estimaciones, para cada método.

En la Figura 2 presentan las líneas de regresión para el segundo experimento luego de pastorear, que se realizó sobre una pastura con un rendimiento medio de 930 kg MS/ha. Se destaca el buen ajuste con rendimiento real, de las estimaciones realizadas por los cuatro métodos, obteniéndose en todos los casos altos valores de correlación.

Al considerar la totalidad de los experimentos realizados en pasturas bajo pastoreo rotativo (Cuadro 5), se observa que el método Visual es el que ha resultado de mayor consistencia en la precisión de las estimaciones de rendimiento, mientras el Disco aparece como relativamente menos preciso, particularmente luego del pastoreo. El Método Comparativo permitió predecir rendimientos reales ligeramente mejores que el de Índice de Rendimiento, para observadores individuales antes y luego del pastoreo. Con el Método Comparativo se obtuvieron mayores correlaciones con rendimiento real luego del pastoreo, y resultó en una precisión similar al Visual cuando se consideraron las estimaciones combinadas.

En el Cuadro 5 se presenta también el resumen de los experimentos sobre estimación Visual de la proporción de leguminosas en los tapices, antes y luego del pastoreo, pudiéndose apreciar que se logra una buena precisión de la estimación antes del pastoreo, juzgando por el alto valor de correlación que resultó significativamente mayor que el obtenido luego del pastoreo (Cuadro 6).

Finalmente, el Cuadro 7 resume los resultados de los experimentos conducidos en las parcelas experimentales de gramíneas puras, en los que se empleó el Disco y el método Visual, por dos observadores. Se puede ver que las estimaciones del observador más experiente (1) fueron siempre más precisas que las obtenidas por el Disco y, en todos los casos, la combinación de estimaciones de ambos observadores logró mejores correlaciones que la técnica del Disco.

DISCUSION

Todos los métodos evaluados probaron ser confiables, comprobándose variaciones de acuerdo con los estimadores y las condiciones en que se usaban. De acuerdo con Bransby et al. (6), muchos métodos indirectos de estimación de rendimiento pueden resultar parcialmente imprecisos al com-

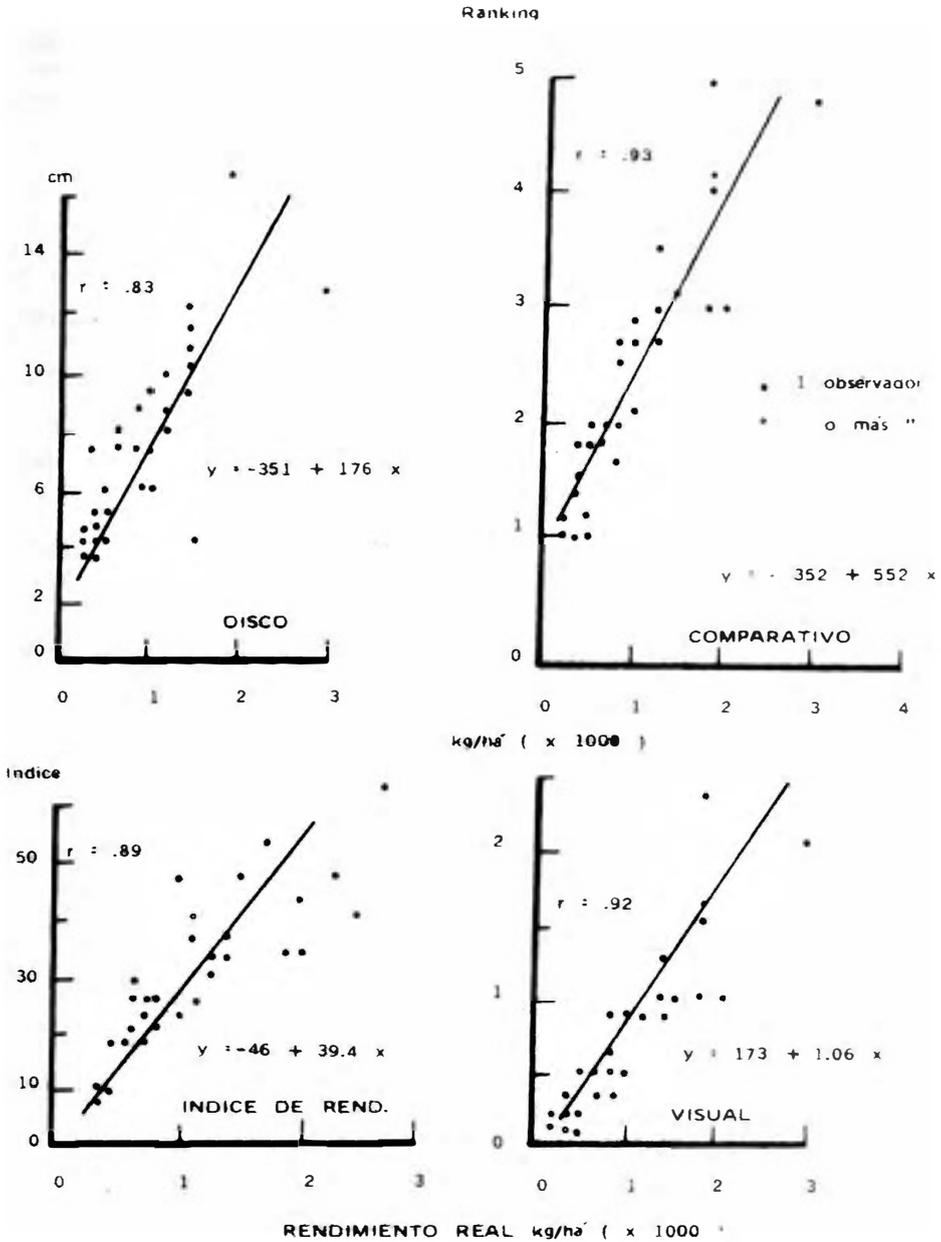


Figura 2.

Predicción de rendimiento de materia seca verdadero, usando cuatro métodos de estimación (Visual, Comparativo, Índice de Rendimiento y Disco) en una pastura, luego del pastoreo. Los datos son observaciones combinadas de todas las estimaciones para cada método.

Cuadro 1.- Coeficientes de correlación y regresión, relacionando rendimiento real de materia seca (kg/ha) con estimaciones por varios métodos y observadores, en una pastura antes de pastorearla (N= 35 observaciones). Los métodos fueron: Visual, Comparativo, Índice de Rendimiento y Disco Simple

Estimacion		Coeficientes		
Método	Observador	Correlación	Intercepto	Pendiente
			Rendimiento	
Visual	1	0,85	121	1,08
	2	0,78	277	0,81
	3	0,76	343	0,76
	Combinado	0,82	221	0,92
Comparativo	1	0,79	- 348	461
	2	0,78	- 120	394
	3	0,74	7	349
	Combinado	0,80	- 208	422
Índice Rendimiento	1	0,80	- 31	32
	2	0,72	60	23
	3	0,65	169	25
	Combinado	0,76	- 16	29
Disco Simple		0,76	- 72	158

Todas las correlaciones significativas al Nivel P = 0.001

Promedio de kg MS/ha = 840; D.S. = 510

Cuadro 2.- Prueba de significación para la diferencia entre coeficientes de correlación extremos en el Experimento 1a, en base a la Transformación de Fisher

Hipótesis y Prueba	Valores considerados
$H_0: r_1 - r_2 = 0$ vs $H_1: r_1 - r_2 \neq 0$	$r_1 = 0.85 \therefore Z_1 = 1.25615$
$\text{Test } Z = \frac{(1.25615 - 0.99621) \cdot 0}{0.25}$	$r_2 = 0.76 \therefore Z_2 = 0.99621$
$Z = \frac{0.26}{0.25} = 1.04$	$n = 35 \therefore DS = \frac{2}{32} = 0.25$
$1.04 < 1.96 \therefore r_1 - r_2 \text{ N.S.}$	$Z_{095} = 1.96$

Cuadro 3.- Coeficientes de correlación y regresión, relacionando rendimiento real de materia seca (kg/ha), con estimaciones por varios métodos y observadores, en una pastura luego del pastoreo (N= 35 observaciones). Los métodos fueron: Visual, Comparativo, Índice de Rendimiento y Disco Simple

Estimación		Coeficiente		
Método	Observador	Correlación	Intercepto	Pendiente
			Rendimiento	
Visual	1	0,83	59	1,00
	2	0,80	- 139	1,23
	3	0,78	- 134	0,93
	Combinado	0,83	- 27	1,10
Comparativo	1	0,76	- 67	443
	2	0,78	- 160	504
	3	0,82	- 55	444
	Combinado	0,82	- 171	498
Índice Rendimiento	1	0,67	251	26
	2	0,81	116	23
	3	0,75	142	29
	Combinado	0,74	90	29
Disco Simple	--	0,74	- 499	134

Todas las correlaciones significativas al nivel $P=0.001$

Promedio de kg MS/ha = 930; D.S. = 560

Cuadro 4. Prueba de significación para la diferencia entre coeficientes de correlación extremos en el Experimento 16, en base a la Transformación de Fisher

Hipótesis y Prueba	Valores considerados
$H_0: r_1 \cdot r_2 = 0 \quad V_s \quad H_1: r_1 \cdot r_2 \neq 0$	$r_1 = 0.83 \therefore Z_1 = 1.8813$
$Test \ Z = \frac{(1.18813 - 1.04537) \cdot 0}{0.25}$	$r_2 = 0.78 \therefore Z_2 = 1.04537$
$Z = \frac{0.14}{0.25} = 0.57$	$n = 35 \therefore D.S. \frac{4}{35} = 0.25$
$0.57 < 1.968 \therefore r_1 \cdot r_2 \text{ N.S.}$	$Z_{0.96} = 1.96$

Cuadro 5.- Coeficientes de correlación con rendimiento y proporción de leguminosas reales, para seis experimentos en pasturas bajo pastoreo rotativo, para antes y después del pastoreo, por varios métodos de estimación. Los datos de leguminosas corresponden a la combinación de todos los experimentos.

Experimento	Método				Número Observadores
	Visual	Comparativo	Indice Rendimiento	Disco	
Antes del Pastoreo					
I	0,91	----	----	----	35
II	0,80	0,75	---	----	36
III	0,82	0,60	---	---	36
IV	0,82	0,80	0,76	0,76	35
V	0,94	0,94	0,89	0,82	35
VI	0,85		0,83	0,80	35
Proporción Leguminosa					
Combinado	0,86	---	----	---	212
Luego del Pastoreo					
I	0,83	0,82	0,84	0,71	35
II	0,78	0,74	---	----	36
III	0,91	0,91	----	----	36
IV	0,75	0,77	---	----	20
V	0,75	0,82	0,74	0,67	35
VI	0,83	0,93	0,89	0,83	35
Proporción Leguminosa					
Combinado	0,61	---	----	----	106

Cuadro 6. Prueba de significación para la diferencia entre los coeficientes de correlación con proporción real de leguminosas, para estimaciones antes y después del pastoreo

Hipótesis y Prueba	Valores considerados
$H_0: r_1 - r_2 = 0 \quad V_s \quad H_1: r_1 - r_2 \neq 0$	$r_1 = 0.86 \therefore Z_1 = 1.29334$
$Test \ Z = \frac{(1.29339 - 0.70892) \cdot C}{0.12}$	$r_2 = 0.61 \therefore Z_2 = 0.70892$
$Z = \frac{0.58}{0.12} = 4.87$	$N_1 = 212$ $N_2 = 106$ $\frac{1}{209} + \frac{1}{103} = 0.12$
	$Z_{0.95} = 1.96$

4.86 > 1.96* Dif. Sign, entre correlaciones r_1 y r_2

Cuadro 7.- Coeficientes de correlación y regresión, relacionando rendimiento real de materia seca (kg/ha) con estimaciones por dos métodos (Visual y Disco) y observadores, en parcelas de raigrás (2 oportunidades) y de poa (1 oportunidad)

Estimación		Coeficientes		
Método	Estimador	Correlación	Intercepto	Pendiente
		Raigrás (kg/ha) = 850; D.S. = 350		
Visual	1	0,91	241	0,99
	2	0,77	420	0,83
	Combinado	0,86	305	0,96
Disco	----	0,79	-386	69
		Raigrás (kg/ha) = 530; D.S. = 200		
Visual	1	0,84	92	1,07
	2	0,82	92	1,15
	Combinado	0,84	76	1,14
Disco	-----	0,83	-249	77
		Poa (kg/ha) = 560; D.S. = 210		
Visual	1	0,89	-112	1,26
	2	0,83	-145	1,30
	Combinado	0,90	-174	1,41
Disco	-----	0,81	-679	130

pararlos con técnicas de corte, debido precisamente a los estimadores y otros factores ambientales.

El grado de experiencia del observador afectó directamente la precisión de las estimaciones de rendimiento. Esto ocurrió en todos los experimentos en que los estimadores más experientes obtuvieron consistentemente las más altas correlaciones, independientemente del estado del tapiz en cada experimento, aún cuando no se observaron diferencias estadísticas, lo que también fue reportado por Campbell y Arnold (8). Esta conclusión es también válida para la estimación de la proporción de tréboles, estando en total concordancia con Hunt (14) respecto a la estimación de la composición botánica de parcelas experimentales. El concluyó que había un incremento en la precisión de las estimaciones cuando los estimadores recibían entrenamiento y que la mejora debida al entrenamiento dependía de la experiencia previa.

Aparentemente, un buen estimador debe estar familiarizado con la técnica que utiliza y con las condiciones variables de un tapiz vegetal. Este estimador debe tener la habilidad de evaluar rápidamente los distintos tapices de una pastura, tomando una decisión con confianza mientras considera todos los parámetros involucrados en cada estimación.

En general, se comprobó una tendencia de las estimaciones a estar mejor correlacionadas con el rendimiento verdadero, cuando el potrero en cuestión presentaba grandes variaciones en rendimiento, en contraposición con pasturas más uniformes. En la mayoría de los experimentos realizados existieron grandes variaciones en los rendimientos de cada pastura.

Esto constituye un aspecto importante en este tipo de trabajos, por lo que sería deseable investigar la precisión de las estimaciones en condiciones de rendimientos muy uniformes dentro de una pastura.

Para relacionar el rendimiento estimado con el real, se consideró apropiado el uso de regresiones lineales, a juzgar por los diagramas de los valores reales, así como por similares conclusiones por parte de numerosos autores (Pasto et al., 23; Evans y Jones, 11; Castle, 9; Michalk y Herbert, 18).

Campbell y Arnold (8) informaron que cuando un estimador tiene tendencia a obtener regresiones curvilíneas, sus valores de predicción serán, seguramente, poco precisos ya que no se incrementarán proporcionalmente con los valores reales en toda la escala.

El método Visual fue muy simple y, en general, dió valores de correlación más altos para estimadores individuales que otros métodos, probando ser una técnica consistente y segura para hacer estimaciones de rendimiento.

El método Comparativo dió valores algo inferiores que el Visual, correspondiendo al Índice de Rendimiento los valores de estimaciones individuales más bajos. En general, las correlaciones con rendimiento verdadero, por el método Comparativo, fueron mejores en potreros pastoreados que en los antes de pastorear, lo que es difícil de explicar. Al describir este método Haydock y Shaw (13), consideraron muy importante tener en cuenta que los tapices tienen altas proporciones del rendimiento en sus partes inferiores, por lo que la densidad de este material vegetal, tal como altura y áreas de espacio vacío, deberían ser considerados. Es posible entonces, que las amplias diferencias en rendimiento de los potreros pastoreados se vuelvan más claramente distinguibles, de modo que la categorización por el método comparativo sea más sensible en pasturas con tales variaciones de rendimientos.

Una característica destacable del método Comparativo es el incremento de la precisión que generalmente se obtuvo al combinar las observaciones de todos los estimadores. Este procedimiento dió mayores correlaciones que las correspondientes al mejor estimador. Para los restantes métodos, el combinar los valores de todos los estimadores resultó mejor que el promedio de los valores individuales, pero raramente mejoró o igualó la precisión del mejor estimador. Por lo tanto, la precisión en las observaciones puede mejorarse por combinación de las estimaciones en el método Comparativo, así como para los otros dos, en los que estimadores con variado grado de experiencia estén evaluando un potrero. Este aspecto tan importante podría ser objeto de una próxima investigación. Campbell y Arnold (8) recomendaron el uso de tres estimadores experimentes por potrero, utilizando luego sólo el resultado del observador más preciso.

El Índice de Rendimiento generalmente dió menor precisión en relación con los métodos ya discutidos, aún cuando los valores de correlación fueron altamente significativos. La menor precisión alcanzada por este método respecto del Visual y Comparativo puede explicarse por la presencia de leguminosas y malezas de hoja ancha en todas las pasturas estudiadas. Bakhris (3) concluyó que cuando las malezas de hoja ancha constituían más del 10 o/o del tapiz, la precisión de la estimación del rendimiento por la combinación de altura y suelo cubierto (Índice de Rendimiento) disminuye en forma importante. Esto ocurre porque hay una distribución de peso diferente con respecto a la altura en malezas de hoja ancha y en gramineas. De la misma forma, Pasto et al. (23) reportaron correlaciones más bajas para la combinación de altura y suelo cubierto cuando se trabajó en pasturas con tréboles, en comparación con las que no los tenían. Además, encontraron difícil medir altura en forma precisa, en condiciones de pastoreo, excepto si era pastoreo rotativo. Michalk y Herbert (18) informaron que la medición de la altura causaba complicaciones y confusión en la decisión del punto más alto para medir en forma segura la planta. Esta dificultad de dar una medida precisa de la altura puede haber sido la responsable de la menor precisión del Índice de Rendimiento, para estimadores individuales ya que, en general, suelo cubierto y altura fueron estimados. En los experimentos aquí reportados, la precisión de las estimaciones por el Índice de Rendimiento fueron similares para pasturas antes y después del pastoreo. Estos resultados fueron también obtenidos por el método Visual y son considerados altamente deseables en todos los procesos de decisión relacionados con el manejo del complejo pastura-animal, en experimentos de pastoreo y explotaciones comerciales.

Para el método de Disco los valores de correlación fueron generalmente más bajos que para los restantes métodos, pero siempre altamente significativos ($P < 0.001$). De acuerdo con los resultados reportados por Phillips y Clarke (24), la correlación entre altura del Disco y rendimiento de materia seca disminuía en estaciones en que los tréboles se hacían dominantes en el tapiz. Esto puede explicar nuestros resultados en las pasturas bajo pastoreo rotativo, en donde siempre había leguminosas. La reducción de la precisión en las praderas pastoreadas respecto de las no pastoreadas, puede atribuirse a diversos factores. Entre ellos, el rastrojo corto y las huellas de pisadas luego del pastoreo pueden ser importantes causas. Castle (9) reportó que cuando evaluó un instrumento similar en parcelas y praderas pastoreadas, las correlaciones con rendimientos verdaderos fueron

más bajas en las pasturas donde la amplitud de rendimiento era grande. Las correlaciones altamente significativas obtenidas en las parcelas experimentales de raigrás y poa fueron más bajas que lo esperado dada la uniformidad del tapiz. Bransby et al.(6) reportaron valores de correlación menores para estados maduros de festuca, que para estados verdes puramente vegetativos. Esto puede explicar parcialmente nuestros resultados con raigrás y poa, ya que los experimentos fueron conducidos tarde en la primavera, luego de un período relativamente seco, cuando estas especies estaban cambiando del estado reproductivo al vegetativo. A pesar de esto, los valores de correlación con el método de Disco están de acuerdo los informes mencionados.

Las estimaciones del porcentaje de tréboles fueron altamente precisas en las praderas sin pastoreo previo, pero dicha precisión disminuyó luego del pastoreo. Esto puede deberse al grado de selectividad del animal pastoreando, que tiende a seleccionar áreas del tapiz con los mayores porcentajes de trébol hojoso. Luego del pastoreo, el tapiz parece contener menos trébol del que realmente posee, porque los pequeños tallos del trébol no se distinguen claramente del resto de los componentes del tapiz. En tales condiciones, sería muy probable que los observadores tendieran a subestimar la presencia del trébol, haciendo bajar por tanto los valores de correlación.

En general, se puede concluir que todos los métodos sencillos de estimación de rendimiento y composición botánica evaluados, son lo suficientemente precisos como para considerar seriamente su empleo.

La influencia tan importante de las prácticas de buen manejo sobre la performance de animales y de la pastura hace imperativo el empleo de técnicas que contribuyan a incrementar la seguridad de las decisiones de manejo adecuadas. El método de muestreo de pasturas más preciso hasta el momento - cortar, secar y pesar - destruye el tapiz, es trabajoso y costoso y, por lo tanto, no aplicable extensivamente. Otros métodos para evaluación del tapiz, como el punto cuadrado (Brown, 7), son casi tan costosos y trabajosos como los métodos convencionales y no permiten obtener alto grado de precisión. Todos los métodos cortos evaluados die-

ron una precisión suficiente como para convertirlos en herramientas útiles en empresas de investigación y comerciales.

Cuando es empleado cuidadosamente, el método Visual ha evidenciado ser rápido y sumamente preciso. Es importante evaluarlo sobre un amplio rango de pasturas y rendimientos; es también importante definir si un solo estimador sería suficiente, o más estimadores deberían evaluar los mismos potreros o parcelas para una mayor seguridad. Un único estimador experiente y bien entrenado podría obtener muy altas correlaciones entre las estimaciones y los rendimientos verdaderos. Los métodos Comparativo e Índice de Rendimiento deberían ser estudiados más detenidamente. En el caso del Comparativo, podrían considerarse más áreas de referencia que las que nosotros usamos, mientras que para el Índice de Rendimiento, las alturas deberían ser cuidadosamente medidas en vez de estimadas, aún cuando esto aumentaría el tiempo necesario para las estimaciones de rendimiento.

El método de Disco probó ser lo suficientemente seguro como para justificar su uso, especialmente cuando no se dispone de estimadores experimentados y preferentemente para parcelas experimentales con tapiz uniforme y donde un alto grado de precisión no es imprescindible.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de pasturas juega un importante papel en el manejo de sistemas pasturas-animal. Por lo tanto, en años recientes han sido desarrollados varios métodos simples de estimar rendimiento y disponibilidad de forraje de áreas experimentales a un bajo costo y sin perturbar la cobertura vegetal. En el presente trabajo se evaluaron los métodos Visual, Comparativo, Índice de Rendimientos y Disco, para estimar rendimientos, y un método Visual para estimar la proporción de leguminosas en tapices pastoreados. Los métodos Visual y de Disco fueron evaluados, además, en parcelas experimentales de raigrás en dos ocasiones, y de poa en una ocasión.

Se obtuvieron correlaciones altamente significativas con rendimientos y porcentajes reales de trébol en todos los experimentos y para todos los métodos. El método Visual fue el más simple y rápido de em-

plear y generalmente, dió valores de correlación más altos que los restantes. Se observaron pequeñas diferencias en las estimaciones entre praderas antes y después de pastorear. El método de Disco obtuvo correlaciones comparativamente más bajas que los otros métodos, siendo, además, la técnica más influenciada por las condiciones de pastoreo de la pastura. Los métodos Comparativo e Índice de Rendimiento resultaron en valores de correlación intermedios. Las estimaciones de la proporción de tréboles resultaron también menos precisas cuando fueron tomadas en praderas pastoreadas.

La experiencia y entrenamiento previos tuvieron marcada influencia en la precisión de la estimación del rendimiento; las correlaciones más altas fueron obtenidas por observadores con mayor experiencia. Los cuatro métodos evaluados ofrecen seguridad para su uso en experimentos de pastoreo, firmas comerciales o, incluso, en estudios bajo manejo de corte donde no se requiera máxima precisión.

SUMMARY

Forage availability has strong influences on pasture and animal performance. The assessment of pasture yield is an important aim for the management of pastures and animales in systems concurrently.

Four shortcut methods of estimating pasture yield and one method of estimating legume percentage were investigated. The four methods for estimating yields Visual, Comparative, Yield Index and Disc and the Visual estimate of botanical composition, were performed by several estimators on a series of experiments before and after rotational grazing of grass-clover pastures. Visual and Disc methods were also evaluated on experimental plots of ryegrass and bluegrass. Generally highly significant correlations with actual yield were obtained by all four methods. Correlations with actual clover percentage were also very high, being better before than after grazing.

The estimators with the highest degree of experience, obtained the highest correlations with yields. Experience of estimatores had less influence in estimating clover percentage.

The visual method, a very simple and fast technique, consistently gave higher correlations with yield, than other methods. All methods evaluated resulted in reliable estimations. It is concluded that all these yield estimate techniques could be extensively used in grazing management and other experiments, as well as in commercial farms, as a guide to an appropriate management of pastures.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, C.W., SULLIVAN, J.T. and McCLOUD, D.E. A method for estimating forage yields. *Agronomy Journal* 54(5):468-469. 1962.
- BAKER, H.K. The experimental development of systems of beef production from grasslands. In *International Grassland Congress, 10th., Helsinki, 1966. Proceedings. Helsinki, 1966. pp. 483-487.*
- BAKHIUS, J.A. Estimating pasture productivity by the use of grass length and sward density. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 8:211-224. 1960.
- BLASER, R.E., BRYANT, H.T. and HAMMES JUNIOR, R.C. Managing forages for animal production. In *Virginia Polytechnic Institute and State University Research Division. Bulletin no. 45. 1969. pp.29-86.*
- BRANSBY, D.I., MATCHES, A.G. and KRAUSE, G.F. Disc meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials. *Agronomy Journal* 69:393-396. 1977.
- BROWN, D. Methods of surveying and measuring vegetation. In *Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Research Bulletin no. 42. 1964. pp. 71-78.*
- CAMPBELL, N.A. and ARNOLD, G.W. The visual assessment of pasture yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 13:263-267. 1973.
- CASTLE, M.E. A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society* 31:37-40. 1976.
- DIXSON, W.F. and MASSEY JUNIOR F.I. Introduction to statistical analysis. 3ed. San Francisco, Mc. Graw-Hill, 1969. 638p.
- EVANS, R.E. and JONES, M.B. Plant height times ground cover versus clipped samples for estimating forage production. *Agronomy Journal*
- EVANS, R.E. and JONES, M.B. Plant height times ground cover versus clipped samples for estimating forage production. *Agronomy Journal* 50(9):504-506. 1958

- HAYDOCK, K.P. and SHAW, N.H. *The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture.* *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15:663-670. 1975.
- HUNT, O.J. *And evaluation of the visual weight estimation method of determining botanical composition of forage plots.* *Agronomy Journal* 56(1):73-76. 1964.
- HUTCHISON, K.J., McLEAN, R.W. and HAMILTON, B.A. *Visual estimation of pasture availability using standard pasture cores.* *Journal of the British Grassland Society* 27:29-34. 1972.
- MANNETJE, L.T. and HAYDOCK, K.P. *The dry weight rank method for the botanical analysis of pasture.* *Journal of the British Grassland Society* 18:268-275. 1963.
- MATCHES, A.G. *Sample size for mower strip sampling of pastures.* *Agronomy Journal* 58:213-215. 1966.
- MICHALK, D.L. and HERBERT, P.K. *Assessment of four techniques, for estimating yield on dryland pastures.* *Agronomy Journal* 69:864-868. 1977.
- MOOT, G.O., BARNES, R.F. and RHYKERD, C.L. *Estimating pasture yield in situ by beta ray attenuation techniques.* *Agronomy Journal* 57(5):512-513. 1965.
- NEAL, D.L. and NEAL, J.L. *Uses and capabilities of electronic capacitance instruments for estimating standing herbage: I. History and development.* *Journal of the British Grassland Society* 28:81-89. 1973.
- NICHOLS, G.M. *Pasture yield instruments using a radio frequency bridge.* *Journal of the British Grassland Society* 28:27-29. 1973.
- PASTO, J.K., ALLISON, J.R. and WASLKS, J.B. *Ground cover and height of sward as a means of estimating pasture production.* *Agronomy Journal* 49:407-409. 1975.
- PHILLIPS, D.S.M. and CLARKE, S.E. *The calibration of a weighted disc against pasture dry matter yield.* *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 33:68-75. 1972.
- WHITNEY, A.S. *Measurement of foliage height and its relationships to yield of two tropical forage grasses.* *Agronomy Journal* 66(2):334-336. 1974.