

## METODO AGIL PARA ESTIMAR LA DISPONIBILIDAD DE PASTO EN UNA VAQUERIA COMERCIAL

**J. Martínez, Milagros Milera, V. Remy, I. Yepes y J. Hernández**

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"  
Matanzas, Cuba**

En una vaquería comercial de 116,8 ha, sembrada de *Brachiaria purpurascens*, se utilizó el método del disco con y sin ajustar la regresión lineal, como técnica de muestreo para predecir la disponibilidad de materia seca (MS). En cada ocasión de muestreo se midió la altura y se cortaron una serie de marcos estándar para ajustar la regresión. Con el promedio de las alturas se seleccionaron dos marcos que representaban este promedio y se obtuvo un factor de corrección de los valores medios de las disponibilidades de los cuarterones. El coeficiente de variación (CV) asociado a la regresión se tomó para determinar la precisión. Los coeficientes de regresión (b) en sentido general fueron específicos para cada ocasión de muestreo y se informaron valores entre 51,32 y 436,20. Cuando estos se agruparon la amplitud disminuyó (81,12 y 116,87) y se encontró mayor estabilidad en los valores de b. El 64% de los CV estaban por debajo de 28 y los agrupados por encima de 30. La disponibilidad de MS obtenida con y sin ajuste de la regresión difirió de la obtenida por el método de corte y la precisión fue mayor cuando se utilizaron solamente cinco marcos para el cálculo de la regresión. Se sugiere que la técnica de muestreo con y sin ajuste de la ecuación es factible de ser empleada en condiciones de producción.

**Palabras claves:** *Técnicas de muestreo, disponibilidad, Brachiaria purpurascens*

.A disk method with and without lineal regression adjustment was used as sampling technique for predicting DM availability in a commercial livestock (116,8 ha) sown with *Brachiaria purpurascens*. Height was measured as well as a series of standard quadrats for the regression adjustment every sampling occasion. Two quadrats representing average height were selected and a correction factor of mean values for paddocks availability was obtained. The coefficient of variation (CV) associated with the regression was taken as criterion for precision. In general sense, regression coefficients (b) were specific for sampling occasion and values of 51,32 and 436,20 were recorded. When these were grouped, the rate decreased (81,12 and 116,87) and a higher stability in b values was recorded. 64% of CV were below 28 and those CV grouped were above 30. DM availability obtained with and without regression adjustment differed from that obtained with the cutting procedure and precision was higher when five quadrats were only used for regression calculation. It is suggested that the .sampling technique with and without equation adjustment is advisable to be used under production conditions.

**Additional index words:** *Sampling technique, availability, Brachiaria purpurascens*

Las evaluaciones de disponibilidad de materia seca son de importancia primaria en investigaciones sobre pastos. La literatura recoge diferentes métodos para determinar la producción de forraje en parcelas experimentales y en condiciones de producción.

En tal sentido se han desarrollado muchos métodos y técnicas para determinar la disponibilidad *in situ*.

La técnica del disco se basa en el principio indestructivo; este permite la determinación de la disponibilidad de materia seca sin tener que recurrir a cortar y pesar, excepto para pocas muestras que se usen para calibrar el equipo, por lo que el objetivo de este trabajo fue comprobar la factibilidad del disco con y sin ajuste de la regresión para determinar la disponibilidad de materia seca en un pastoreo de *B. purpurascens* en condiciones de producción.

### **MATERIALES Y METODOS**

En una vaquería comercial de 116,8 ha de la Empresa Pecuaria Martí en la provincia de Matanzas, sembrada de *B. purpurascens* (sin riego), se evaluaron tres técnicas de muestreo para predecir la disponibilidad de materia seca (kg/ha) antes de la entrada de los animales al pasto; el método del disco con y sin calibrar la regresión y el método de corte.

*Método del disco.* Se empleó un disco similar al descrito por Castle (1976) con la diferencia de que el plato utilizado tenía un área de 0,07 m<sup>2</sup> y ejercía una presión sobre el pasto de 5,75 kg/m<sup>2</sup>.

*Método alternativo.* La técnica está basada en una modificación de doble muestreo sugerida por Johns (1972), sin calcular la regresión. El procedimiento es el siguiente: en cada área muestreada se toma un número de lecturas al azar con el disco, se obtiene la altura media del pasto y posteriormente se cortan uno o dos marcos que tengan aproximadamente esta media. La disponibilidad media de los marcos cortados se ajusta en base a alguna discrepancia entre la altura media de la población muestreada y los marcos, mediante la fórmula siguiente:

$$DC = (\bar{XDM} \cdot \frac{\bar{XAA}}{\bar{XAM}}) \cdot 40$$

(kg/ha)

donde:

DC = Disponibilidad del cuartón  
DM = Disponibilidad de los marcos  
AA = Altura del área  
AM = Altura de los marcos

El factor 40 es para expresar la disponibilidad en kg/ha cuando el área del marco es de 0,25 m<sup>2</sup>.

*Método de corte.* Los marcos estándar (0,25 m<sup>2</sup>) empleados para calcular las regresiones fueron tomados para representar el método de corte; para ello se cortaron 325 marcos.

*Procedimiento.* Inicialmente en una primera fase de trabajo se muestreo el 53% del área (12 cuartones) y se compararon las tres técnicas. Para calcular las regresiones se tomaron al azar 325 marcos y 25 lecturas adicionales por hectárea, para evaluar la técnica del disco en sus dos variantes.

En la segunda parte del trabajo se tomaron las lecturas al azar (25 lecturas/ha) y posteriormente se localizaron solamente 5 marcos estándar para calcular la regresión, en cada ocasión de muestreo. La selección de los marcos se realizó con los mismos principios del método visual (Haydock y Shaw, 1975), pero con la diferencia de que la lectura con el disco eliminó la parte subjetiva del método; se localizó primeramente el marco 1 y 5, los que representaban la menor y mayor altura, después se buscó la altura media entre estos (marco 3) y con el mismo principio se seleccionaron los marcos 2 y 4, los que representaban la altura media entre el 1 y 3 y entre el 3 y 5 respectivamente.

La materia seca (MS) se determinó en una estufa a 70°C durante 72 horas.

*Método estadístico.* Las regresiones se calcularon para cada ocasión de muestreo y se agruparon en períodos relativamente cortos: mes, época y año. Los datos correspondientes a la primera fase se agruparon en un orden de 5, desde 5 hasta 325, y para cada agrupación se calibró la regresión.

Como criterio de precisión se tomó el coeficiente de variación (CV) asociado a la regresión.

Además, se calcularon los estadígrafos de dispersión de las disponibilidades estimadas por cada método. Las pendientes de las líneas de regresión fueron comparadas mediante la dócima múltiple de comparación (Duncan, 1955).

## **RESULTADOS**

En la figura 1 se muestra el comportamiento del coeficiente de correlación (r) y de variación (CV) con

respecto al número de observaciones. Los valores de r no fueron influenciados por el número de observaciones tomadas y el 100% se agrupó en el rango de 0,80 a 0,90; en ningún caso se encontraron valores por encima de 0,90.

El valor del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), en sentido general, aclaró el porcentaje de variación obtenida por la regresión, que fue de 67,9%. Sin embargo, el comportamiento de los valores de CV asociados a la regresión se incrementó a medida que aumentaba el número de observaciones (n) y se estabilizó posteriormente en los valores por encima de 28%. El CV tuvo una media de 26,6% en 65 regresiones, valor considerablemente alto, si se tiene en cuenta que solamente el 49,2% estuvo por debajo de la media y el 7,7% por debajo de un 20%.

Las pendientes de las ecuaciones ajustadas cuando se tomaron las observaciones con aumento en 5, desde 5 hasta 325 y para cada ocasión de muestreo durante todo el período de trabajo, aparecen reflejadas en la figura 2. Como puede observarse, para el primer caso los coeficientes de regresión (b) estuvieron por debajo de 100 kg de MS/ha en el 10% de las veces y en el 90% se estandarizaron en un rango de 100 a 120, o sea, que los b se igualaron cuando los datos se agruparon en una sola línea de calibración y cuando se obtuvieron los b para cada ocasión de muestreo estos se comportaron de acuerdo con las condiciones presentadas en el momento del muestreo. Los mayores valores estuvieron comprendidos entre 40 y 160 kg de MS/ha y fueron específicos para cada ocasión, aunque pudo darse el caso de que algunos de ellos fueran iguales.

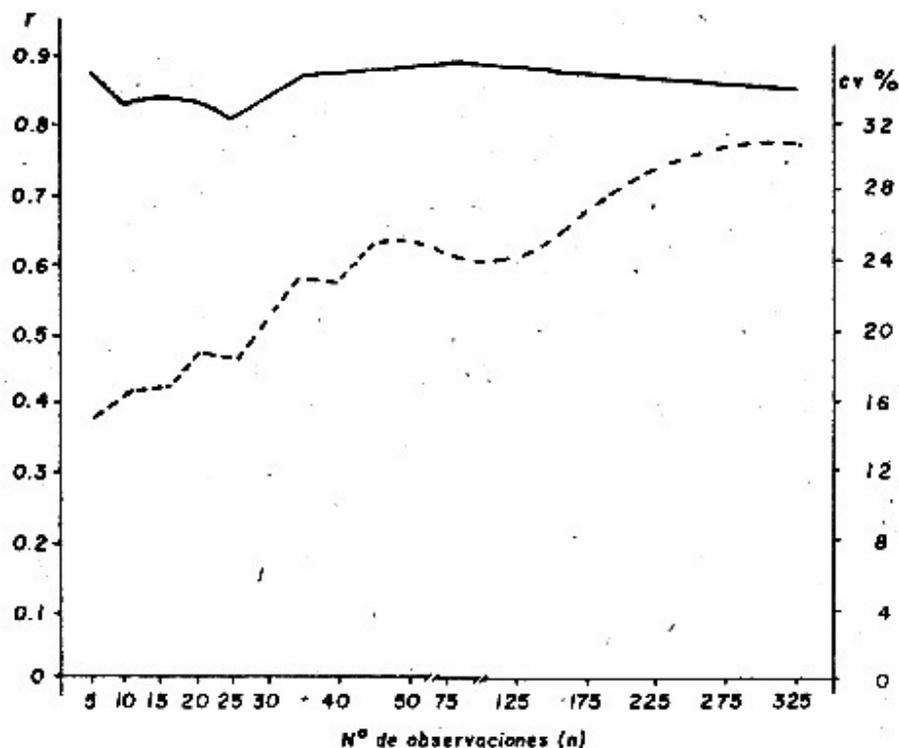


Fig. 1. Relación del coeficiente de correlación (r) y del coeficiente de variación (CV) en el número de observaciones (n).

Ahora bien, cuando se ajustó la ecuación lineal para cada cuartón muestreado en la primera fase, se observó que la pendiente de la línea de regresión no fue específica para cada cuartón (tabla 1) porque no hubo diferencia significativa entre ellas, excepto entre los cuartones 16 y 7 (128,55 y 145,29 kg de MS/ha respectivamente). La encontrada para la regresión total solamente fue diferente ( $P < 0,05$ ) en el menor y mayor valor, que correspondieron al cuartón 4 y 7 respectivamente, lo que permitió agrupar los datos en una sola línea de regresión.

El 83% de los valores de b (tabla 1) estuvo por debajo de 100 kg de MS/ha. De todos los cuartones el más bajo valor de b (la caída de la línea de regresión) lo presentó el cuartón 4, coincidiendo con la disponibilidad media más baja.

Todos los valores de r (tabla 1) fueron altamente significativos, excepto en el cuartón 5 y 13, aunque en sentido general los valores resultaron bajos en el 42% de las ocasiones. Además, más del 50% de los CV asociados a la regresión estuvieron por encima de 30, valores considerados como altos, y solamente en tres ocasiones por debajo de un 20%.

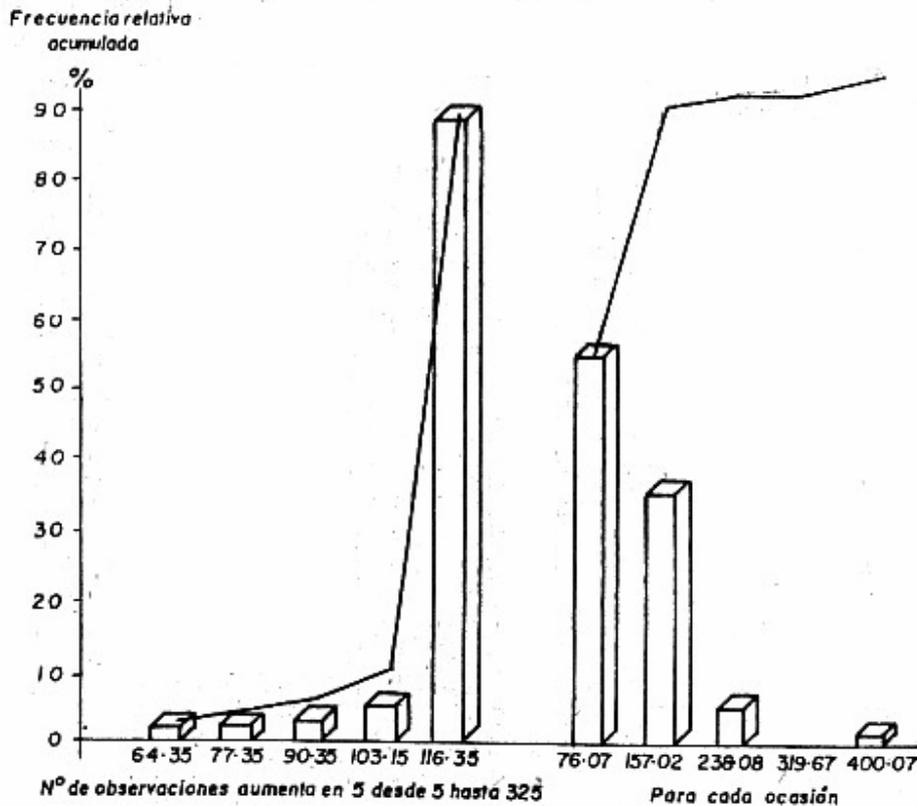


Fig. 2. Distribución de frecuencia del coeficiente de regresión.

Cuando estos datos se agruparon en una misma ecuación, se encontró que el 68% de variación fue debido a la regresión y el error de la pendiente bajó (4,15 kg de MS/ha), aunque mantuvo similar precisión con respecto a las regresiones individuales.

El comportamiento del CV y de  $r$  con respecto a la selección de las muestras individuales para calibrar las regresiones, aparece en la tabla 2.

Como puede observarse, el valor medio del CV fue menor cuando las muestras (5 marcos estándar) fueron localizadas de forma dirigida, aunque presentó la mayor amplitud; la precisión de la técnica en este caso está estrechamente influenciada por el muestreador al

seleccionar los marcos de referencia, además de otros factores antes mencionados que afectan por igual a las diferentes técnicas de muestreo. Asimismo, dicha variante alcanzó los mayores valores de  $r$  donde el 88% fue superior a 0,80 y el 60% por encima de 0,90; sin embargo, cuando la localización de los marcos estándar se realizó al azar el 75% estuvo por debajo de 0,80. Esta variante está condicionada por el efecto del animal.

Cuando se ajustaron las ecuaciones para cada mes de muestreo, época y año (tabla 3), se alcanzaron valores de  $b$  por encima de 100 en el 85% de las veces, y los más bajos fueron en diciembre y octubre.

Tabla 1. Parámetros de la ecuación ajustada en el muestreo inicial.

No. Cuartón	Area (ha)	No. de observaciones	No. de observaciones adicionales	b	r	ESb	CV
8	1,4	22	168	81,13	0,669***	18,78	18,61
10	8,1	40	222	88,25	0,700***	17,00	33,34
16	2,3	11	121	128,55	0,956***	7,22	11,07
17	3,9	20	142	79,36	0,656***	17,27	26,07
2	4,6	23	155	92,07	0,739***	17,48	31,84
7	9,0	45	218	145,29	0,793***	24,34	32,02
13	4,6	23	144	57,58	0,582**	12,28	30,25
19	5,2	25	168	77,89	0,826***	11,58	18,97
15	6,0	30	201	99,75	0,863***	13,79	22,16
4	6,4	32	168	51,32	0,736***	15,72	34,64
5	4,8	25	160	65,82	0,593**	19,98	38,21
Agrupados	62,1	326	2 027	108,45	0,824***	4,15	32,32

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

Tabla 2. Comportamiento del CV y de r con respecto a la selección de la muestra.

	Fase inicial	Creciente en orden de 5	Calibrar la regresión con 5 pares de observaciones
CV (%) ( $\bar{x}$ )	26,46	26,66	17,96
Amplitud (CV %)	11,07-38,21	15,55-32,32	2,87-48,27
Valor de r<0,80 (%)	75	5	12
Valor de r>0,80 (%)	25	94	88
Valor de r>0,90 (%)	8	0	60

La pendiente encontrada en diciembre difirió significativamente de la de noviembre, enero y abril y de la obtenida cuando se agruparon en la época de seca. Abril fue el mes que presentó la mayor variabilidad y la línea de regresión de menor precisión. Además, en este período no se encontró relación entre el

coeficiente de regresión y la disponibilidad media del pastizal.

En la época lluviosa, octubre manifestó una caída en la línea de regresión, la que difirió significativamente (P<0,05) de la del resto de los meses, y agosto fue el de menos precisión; en sentido general, los valores de r para el período

seco fueron superiores a los del de lluvia y en este primer período la técnica de muestreo resultó más precisa con un coeficiente de variación medio más bajo (29,4%) que en la lluvia (31,51%).

En sentido general, las pendientes fueron semejantes a través de los meses, excepto en diciembre y octubre, y cuando estas se agruparon por época y total (año), no se encontró diferencia entre año y épocas, y sí difirió ( $P < 0,05$ ) la época de lluvia de la de seca. La precisión fue similar, aunque en seca fue mejor ( $CV = 33,26\%$ ), y los coeficientes de correlación mejoraron cuando se agruparon los datos en esta época; los valores del error residual disminuyeron

sensiblemente y en la época poco lluviosa se presentó el más bajo (73,3 kg de MS/ha). La recopilación de datos de muchos períodos de muestreo en una sola regresión pudiera reducir las fuentes de variación requeridas para las evaluaciones de disponibilidad o rendimiento. La variabilidad de la lectura del metro en estas regresiones ha sido grande; en la medida en que esta aumenta, la magnitud de los CV sugiere que hay aun grandes desviaciones de los puntos en la curva.

La disponibilidad estimada por el disco, el método alternativo y el corte directo aparecen en la tabla 4.

Tabla 3. Parámetros de la ecuación ajustada en cada mes de muestreo y época del año.

Mes	a	a	b	ESb±	r	DER	CV (%)
Noviembre	210	-63,6	114,27	4,87	0,852***	1 402,4	28,98
Diciembre	127	660,39	72,28	6,28	0,719***	1 019,4	31,28
Enero	5	279,4	122,76	14,39	0,980**	219,7	8,45
Abril	25	-386,22	133,78	32,97	0,646**		48,90
Epoca de seca	367	-51,66	107,64	4,04	0,751***	73,3	33,26
Mayo	15	-304,76	153,17	34,95	0,813***	1 283,2	31,79
Junio	50	-968,01	131,92	14,23	0,772***	1 020,4	28,94
Agosto	30	-75,87	111,46	23,91	0,801***	1 354,8	44,31
Septiembre	25	-882,32	153,25	17,93	0,661***	1 059,6	27,67
Octubre	70	-23,36	88,92	11,19	0,875***	777,2	32,48
Noviembre	25	-88,31	130,77	22,33		806,9	24,28
Epoca de lluvia	215	-485,6	121,84	7,52	0,751***	791,5	34,60
Año	582	-109,54	109,50	3,35	0,808***	687,1	34,21

DER Desviación estándar residual

\*\*  $P < 0,01$

\*\*\*  $P < 0,001$

No se encontraron diferencias significativas entre la disponibilidad media estimada por el método del disco y el método alternativo y sí entre estas dos

variantes con corte directo; este último método mostró la mayor variabilidad, la que pudo estar influenciada por tamaño del marco ( $0,25 \text{ m}^2$ ).

El método alternativo presentó la menor variabilidad y la menor disponibilidad; puede que esta variante subestime o sobrestime, ya que no se realiza ajuste de la regresión. No obstante, el método se compara para

estimar la disponibilidad de MS, con el método directo y el uso de regresiones lineales y puede eliminar los efectos de algunos de los factores que influyen en la relación de calibración.

Tabla 4. Disponibilidad de materia seca (kg/ha) estimada por cada método de muestreo.

Estadígrafo de dispersión	Método del disco	Método directo	Método alternativo
Media	5 000,9	5 617,1	4 915,7
DS	545,6	1 253,1	297,3
CV (%)	10,9	22,31	6,05
ES±	67,6	155,5	36,9

### DISCUSION

El incremento del número de cuadrados en la regresión de calibración más allá del primero (fig. 1) resultó una disminución de la precisión de la técnica del disco; se alcanzaron valores de CV por encima de 28%, los que son considerablemente altos, aunque Stockdale (1984a) encontró coeficiente de variación de hasta 45%.

El nivel de precisión atribuido a las técnicas de muestreo y obtenido por algunos especialistas ha mostrado gran variación. Entre los mejores están los encontrados por Haydock y Shaw (1975) (CV= 10%), mientras que otros como Baars y Dyson (1981) han informado CV de hasta 3%. Martínez, Milera, Remy y Yepes (1989), en un ensayo de evaluación del disco en un pastoreo de *Neonotonia wightii*, hallaron CV por debajo de 10% y plantearon que el número de marcos estándar no influyó sobre ellos.

Sin embargo, el comportamiento de los coeficientes de correlación hallados en nuestro trabajo fue similar al encontrado por Bransby, Matches y Krause (1977), quienes plantearon que estos no fueron influenciados por el número de observaciones.

La inclinación de la pendiente puede ser específica para cada ocasión, aunque en algunos casos no se presentaron diferencias entre ellas en los muestreos consecutivos efectuados dentro de un mismo período (mes), lo que está relacionado hasta cierto punto con la disponibilidad de MS presente, sobre todo en la época lluviosa donde más del 90% de las regresiones presentaron valores de b por encima de 100 kg de MS/ha (fig. 2). Cuando las regresiones se agruparon, tendieron a igualar la inclinación de la línea y fue posible obtener una b única que representara la calibración de la regresión para un período determinado de muestreo.

Calibrar la línea de regresión en cada ocasión de muestreo, puede ser costoso

si el muestreo se realiza intensamente. La recopilación de los datos de muchas ocasiones en una sola regresión pudiera suplir esta dificultad y reducir las fuentes de variación, aunque Stockdale (1984b) informó que las regresiones, excepto las de períodos de tiempo relativamente cortos, son inadecuadas para la investigación debido a los muchos factores que pueden afectar la relación.

La integración de los datos en una sola regresión mejoró el ajuste de la ecuación lineal, la que explicó el 68% de la variación (tabla 1), aunque la precisión se mantuvo dentro del entorno obtenido en las regresiones individuales.

La selección al azar de los marcos fue uno de los factores que pudieron influir en la calibración de la regresión, que además puede variar considerablemente cuando se entrelaza con la influencia conciente e inconciente del muestreador y la intensidad del muestreo. Se alcanzó mayor precisión cuando, se localizaron los marcos de forma dirigida (tabla 2), inclusive el ajuste de la ecuación fue mayor; al presentar valores de  $r$  por encima de 0,90 en el 60% de las regresiones. Además, con esta variante se reduce a cinco el número de marcos a cortar para calibrar la ecuación lineal. Bransby *et al.* (1977) observaron que no fue significativo el éxito alcanzado en los valores de  $r$  con más de 50 observaciones y sugirieron que 25 pares de observaciones eran suficientes para calibrar el disco. En este trabajo no se encontraron diferencias a partir de cinco

observaciones (fig. 1), resultado similar al informado por otros autores (Earle y McGowan, 1979; Michel, 1982).

Al unificar las regresiones individuales en período corto, mediano y largo (mes, época y año respectivamente), se obtuvieron resultados alentadores posibles de aplicar en vaquerías comerciales, donde se encontraron coeficientes de correlación aceptables entre la altura y disponibilidad del pasto, independientemente del efecto del pisoteo y la acumulación de residuos, que parecen ser los responsables de la baja correlación en algunos casos. En este trabajo son comparables los  $r$  encontrados en las épocas de seca, lluvia y cuando se integraron en una sola (0,813; 0,75 y 0,808 respectivamente) con los obtenidos por Vartha y Matches (1977), que fueron de 0,71; 0,82 y 0,71 para primavera, verano y otoño respectivamente.

Deja de ser o efectiva la técnica de doble muestreo cuando es necesario tomar muchos marcos para calibrar la regresión y en ello radica la ventaja de esta técnica sobre el corte solo. Por lo tanto, si se cortan más de 30 marcos para calibrar el procedimiento de muestreo doble, no se ganará en eficiencia en comparación con el corte. La ventaja mayor del muestreo doble es la reducción marcada del tiempo invertido en cortar el pasto, (Stockdale, 1984a).

En el método alternativo (sin calcular las regresiones) es fundamental obtener

una lectura media de la población muestreada para localizar los marcos representativos de la composición del área y cortar las muestras tan pronto como sea posible después de tomar la lectura del área en cuestión. El estimado obtenido por este método se comparó con el hallado cuando se usaron las regresiones, que además de ser más preciso presentó la menor variación. Sin embargo, la disponibilidad estimada fue diferente a la media alcanzada por el método directo, inclusive este fue 3,6 veces menos preciso que el método alternativo y 2 veces cuando se ajustó la ecuación lineal, lo que pudiera estar influenciado por el tamaño del marco, que quizás no es el más idóneo para este muestreo. A igual conclusión llegaron Martínez, Torres y Milera (1985) y Martínez, Pereira, Milera y Torres (1985).

Estos resultados sugieren que, aunque el comportamiento de la técnica del disco con el ajuste de la regresión no fue bueno, existen ventajas del muestreo doble sobre el corte solo; además, la selección de los marcos para estandarizar la ecuación fue más precisa cuando se realizó de forma dirigida y con tan solo

5 marcos a cortar. El método alternativo es una opción más para ser utilizada, en las empresas de producción por su sencillez y aplicación si se elimina la parte engorrosa que trae consigo los cálculos matemáticos.

### REFERENCIAS

- BAARS, J. & DYSON, C.B. 1981. *N.Z.J. Exp. Agric.* 9:157
- BRANSBY, D.I.; MATCHES, A.G. & KRAUSE, G.F. 1977. *Agron. J.* 69:393
- CASTLE, M.E. 1976. *J. Gr. Grassl. Soc.* 31:37
- DUNCAN, D.B. 1955. *Biometrics.* 11:1
- EARLE, D.F. & MCGOWAN, A.A. 1979. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 19:332
- HAYDOCK, D.P. & SHAW, N.H. 1975. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 15:663
- JOHNS, G.G. 1972. *J. Agric. Sci. Camb.* 79:273
- MARTINEZ, J.; MILERA, MILAGROS; REMY, V. & YEPES, I. 1989. *Pastos y Forrajes.* 12:285
- MARTINEZ, J.; PEREIRA, E.; MILERA, MILAGROS & TORRES, VERENA. 1985. *Pastos y Forrajes.* 8:413
- MARTINEZ, J.; TORRES, VERENA & MILERA, MILAGROS. 1985. *Pastos y Forrajes.* 8:267
- STOCKDALE, C.R. 1984a. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 24:300
- STOCKDALE, C.R. 1984b. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 24:305
- VARTHA, E.W. & MATCHES, A.G. 1977. *Agron. J.* 69:888

Recibido el 11 de octubre de 1989