

COMPARACION DE TRES METODOS DE DETERMINACION DE BIOMASA  
EN PASTIZALES DE SABANETA EN LA RESERVA DE LA  
BIOSFERA DE MAPIMI

Antoine Cornet y Rosario Ruiz de Esparza

Instituto de Ecología - Centro Regional Norte Arido  
Gómez Palacio, Dgo.

INTRODUCCION

Un factor muy importante para el manejo de pastizales como para los estudios ecológicos de las formaciones herbáceas es la determinación confiable de la biomasa aérea presente. Sin embargo, esa determinación en áreas extensas con una vegetación muy heterogénea es difícil de realizar a un costo razonable.

El Instituto de Ecología de México desarrolla desde 1981 un programa de estudio integrado de los recursos agua, suelos y vegetación en la Reserva de la Biosfera de Mapimí.

El inventario de las formaciones de interés forrajero muestra la importancia de los pastizales de sabaneta que ocupan grandes áreas en el norte árido de México. El estudio de la producción de pastizales fué -- realizado sobre parcelas homogéneas de 50 x 80 m, con cortes sucesivos de 50 muestras de 1 m<sup>2</sup>. La necesidad de conocer la cobertura y la biomasa presente de extensas áreas en relación con el estudio remoto de las formaciones forrajeras por el satélite SPOT, nos conduce a buscar un método adecuado.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la eficiencia de tres métodos de determinación de biomasa aérea:

1. Corte de n muestras de 1 m<sup>2</sup> al azar.
2. Determinación de cobertura y biovolumen empleando el método de los puntos de contacto y relacionándolos con la biomasa.
3. Determinación de la estructura de la población de macollos de sabaneta por clases diamétricas y establecimiento de las relaciones entre clases y biomasa.

METODOS

1. Determinación directa por cortes. Sobre las determinaciones directas por cortes fueron realizados numerosos trabajos en diferentes tipos de vegetación (Van Dyne et al., 1963; Milner & Hughes, 1968; Levang et Grouzis, 1980), o estudiando la influencia de la forma o del tamaño de las muestras (Wieger, 1962; Friedel, 1977 y Papanastasis, 1977) resultando que:

- Las áreas óptimas de muestreo varían según los autores de 0.1 a 2 m<sup>2</sup>. Las diferencias dependen sobre todo de la composición florística y estructura de vegetación. El mas usado es 1 m<sup>2</sup> (INIP-SARH, 1980).

- Las formas de muestreo varían igualmente; para muestras de pequeñas superficies, los errores debidos a efecto de borde son inferiores en muestras circulares, mientras que para muestras de superficie mas grande, rectángulos o bandas, dan una varianza inferior (Friedel, 1977; Van Dyne et al., 1963; INIP-SARH, 1980).

## 2. Determinación de biomasa en relación con cobertura y biovolumen.

La determinación de la biomasa se hace utilizando el método de dos pasos (two-step sampling) descrito por Anderson y Kothmann (1982) reemplazando la estimación visual de cobertura por su medición por el método de los puntos de contacto. El método consiste:

- Determinación de la cobertura y del biovolumen
- Determinación de la biomasa por unidad de cobertura o de biovolumen.

a) El método de los puntos de contacto para determinar cobertura fue descrito por Levy y Madden (1933). Este método fue mejorado y desarrollado en particular por el Centro de Estudio Fitosociológico y Ecológico de Montpellier (Godron et al., 1967 y Poissonet, P. et J., 1969). Fue utilizada con éxito en varios tipos de vegetación incluso en zonas tropicales y áridas (Poissonet et Cesar, 1972; Boudet, 1975).

Daget y Poissonet (1971) consideran:

- Presencia (P) de una especie: es el número de puntos en los que esa especie fue encontrada.
- Presencia centesimal (FC): es el cociente expresado en porcentaje entre número de presencias de una especie y el total de puntos muestreados (N). FC constituye una medición de la cobertura de la especie.
- Contribución específica presencia (CSP): es el cociente expresado en porcentaje entre número de presencias de una especie y el total de las presencias de todas las especies (SP).

El intervalo de confianza de la frecuencia centesimal o de la cobertura se calcula según la relación (Boudet, 1975):

$$IC = \pm 2 \sqrt{\frac{\frac{P}{N} (1 - \frac{P}{N})}{N}}$$

En la parcela fueron muestradas 10 líneas de 50 m ubicadas al azar. Los puntos se escogieron cada 50 cm (100 puntos por línea).

El biovolumen representa el producto de la cobertura por la altura media.

b) Determinación de la biomasa por unidad de cobertura o de biovolumen. Esta se hizo cortando 6 bandas de vegetación de 25 x 0.4 m sea 10 m<sup>2</sup> en los cuales se determina cobertura y biovolumen. La cantidad promedio de biomasa por unidad de cobertura se determina mediante una regresión lineal pasando por el origen.

Si  $y = \text{biomasa}$   $x = \text{cobertura}$   $y = bx$   
b se calcula según la relación  $b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$

$$\text{y su varianza } S_b^2 = \frac{1}{n-1} \times \frac{\sum y^2 - b \sum xy}{\sum x^2}$$

La biomasa promedio para la parcela es:  $Y = bX$  donde  $X$  representa la cobertura promedio calculada.

Según Goodmans (1960) su varianza es:

$$S_y^2 = X^2 \cdot S_b^2 + b^2 \cdot S_x^2 + S_b^2 \cdot S_x^2$$

Se aplican los mismos cálculos en referencia al biovolumen que para cobertura.

3. Determinación de la estructura de poblaciones de matas y relación con biomasa. El pastizal de sabaneta está constituido por una población de matas aisladas de tamaño diferente que generalmente se pueden separar bien. Entonces, parece posible para ese tipo de población de gramíneas utilizar un método comparable a los utilizados para leñosas: determinar la estructura de la población por clases de diámetros de matas y relacionar clases de diámetros y biomasa (Orshan & Diskin, 1968; Gaddes, 1978).

En 10 cuadros de 2 x 2 m al azar medimos los diámetros de matas y los repartimos en clases. Luego, para cada clase de diámetro cortamos entre 10 y 20 matas que fueron secadas y pesadas para conocer la relación entre clases de diámetros y biomasa. Para calcular biomasa total se sumaron las biomásas correspondientes a cada clase. Si  $N$  es el número de clases y  $m_i$  la biomasa correspondiente a la clase  $i$ ,  $S^2_i$  = varianza por clase,  $n_i$  es el efectivo de la clase.

Según Cochran (1963) la biomasa total es igual a la suma de las biomásas por clases y la varianza  $S_T^2$  es igual a la suma de las varianzas; intervalo de confianza:

$$IC = \pm t \sqrt{\frac{S_T^2}{\sum_{i=1}^{i=n} n_i - (2N-2)}}$$

El estudio se hizo en una parcela de 1000 m<sup>2</sup> (20 x 50 m) empezando por las medidas no destructivas. Después que se acabó el muestreo cortamos toda la biomasa que quedaba sobre la parcela. La cantidad de biomasa total recolectada sobre la parcela constituye el valor de referencia.

## RESULTADOS

La biomasa total de *Hilaria* recolectada sobre la parcela representa 163.94 kg de materia seca, sea un promedio de 163.94 g/m<sup>2</sup>. Este valor constituye la referencia para comparación.

1. Cortes de  $n$  muestras circulares de 1 m<sup>2</sup> al azar.

El estudio estadístico de la distribución de las muestras nos en-

seña que esa distribución es cerca de la normal y que se puede hacer la aproximación de normalidad.

La Tabla 1 nos enseña los resultados de determinación de biomasa obtenidos por diferentes números de muestreos circulares de 1 m<sup>2</sup>. A partir de 30 muestreos la varianza se estabiliza y varía poco, para valores superiores la precisión varía solamente en relación a la raíz cuadrada del número de muestreos. Eso permite calcular el número de muestreos necesarios para lograr una precisión determinada. Así, para obtener una precisión de 10% se necesitaría 140 muestreos de 1 m<sup>2</sup>:

TABLA 1. Resultados de determinación de biomasa por diferentes números de muestreos (muestras circulares de 1 m<sup>2</sup>) en g de materia seca por m<sup>2</sup>.

Número de Muestreos	Valor promedio de biomasa en g/m <sup>2</sup>	Varianza S <sup>2</sup>	Precisión
			$P = \frac{t\sqrt{S^2}}{Xn}$
10	175.25 ± 75.4	11 445	43 %
20	164.39 ± 38.7	6 882	23.5 %
30	190.94 ± 41.1	12 153	21.5 %
40	194.51 ± 36.1	12 757	18.6 %
50	183.45 ± 30.7	11 755	16.7 %

2. Determinación de cobertura y biovolumen de *Hilaria mutica*, relaciones con biomasa.

TABLA 2. Medición de cobertura y biovolumen obtenidos con 10 líneas de 100 puntos.

Especies encontradas	Número de presencias	FC	CSP	R	$\bar{N}$	BV
<i>Hilaria mutica</i>	449	44.9	95.90	1	11.1	49.84
<i>Opuntia rastrera</i>	5	0.5	1.07	2	60.0	3.00
<i>Opuntia violacea</i>	5	0.5	1.07	2	70.0	3.50
<i>Bouteloua barbata</i>	4	0.4	0.85	4	8.0	0.32
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1	0.1	0.02	5	40.0	0.40
<i>Prosopis glandulosa</i>	1	0.1	0.02	5	30.0	0.30
<i>Godetia quadrivulnera</i>	1	0.1	0.02	5	5.0	0.05
<i>Euphorbia dentosa</i>	1	0.1	0.02	5	3.0	0.03
<i>Oligomeris linifolia</i>	1	0.1	0.02	5	9.0	0.09
Suma de presencia de especies (SP)	468					
Suelo desnudo	539					
Número de puntos	1000					

Frecuencia centesimal: FC=P/N Contribución específica: CSP=P/SP  
R=Rango, h=altura promedio en cm, BV=Biovolumen expresado en dm<sup>3</sup>/3M<sup>2</sup>.

Cobertura total de la vegetación =  $46.1\% \pm 3.12$   
Cobertura de *Hilaria mutica* =  $44.9\% \pm 3.14$ , Varianza = 0.247  
Altura promedio de *Hilaria mutica* =  $11.1 \pm 0.09$  cm, Varianza = 1.127  
Biovolumen de *Hilaria mutica* = 49.84, Varianza = 227.73

La Figura 1 presenta la variación de la precisión en relación con el número de líneas muestreadas.

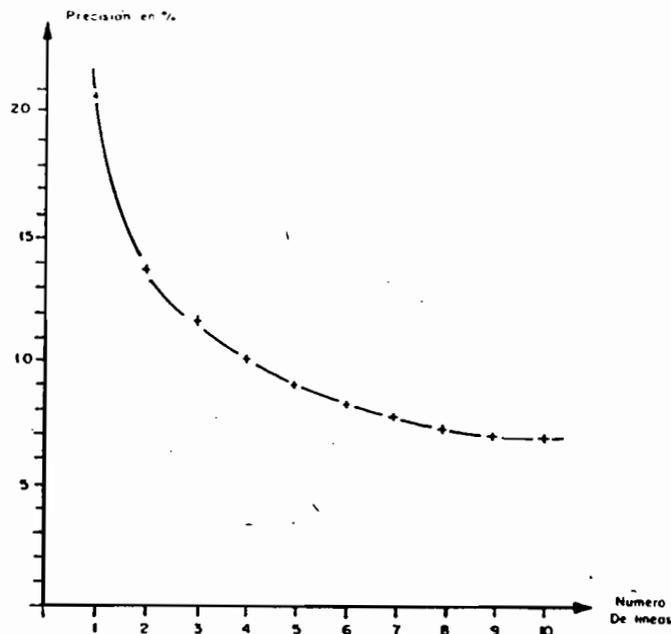


FIGURA 1. Variación de la precisión en relación con el número de líneas muestreadas.

La varianza se estabiliza a partir de 2 líneas, para valores superiores la precisión varía en relación directa de  $1/\sqrt{n}$  ( $n$  = número de líneas). Cinco líneas dan una precisión superior a 10%.

La Tabla 3 muestra los cálculos de las relaciones entre cobertura y biomasa, biovolumen y biomasa, y la determinación de la biomasa promedio de la parcela.

TABLA 3. Cálculos de las relaciones entre cobertura, biovolumen y biomasa, determinación de la biomasa promedio de la parcela.

COBERTURA HILARIA MUTICA: 44.9%      Varianza: 0.247      NO. de Líneas: 10			
Muestreos Cortados	Cobertura x	Biomasa g/m <sup>2</sup> y	x . y
1	60.0	275.1	16,506.0
2	36.0	180.7	6,505.2
3	42.0	183.0	7,686.0
4	60.0	232.4	13,944.0
5	46.0	221.7	10,198.2
6	26.0	134.2	3,499.2
n = 6	$\sum x = 970$ $\sum x^2 = 13052$	$\sum y = 1227.1$ $\sum y^2 = 262,991.79$	$\sum xy = 58,328.6$
b = 4.47 g/unidad de cobertura      Varianza $S_b^2 = 0.0347$ Biomasa = y = bx = 4.47 x 44.9 = <u>200.7 ± 6.53 g/m<sup>2</sup></u> Varianza = 74.99			

BIOVOLUMEN HILARIA MUTICA: 49.84      Varianza: 227.73      No. de Líneas: 10			
Muestreos Cortados	Biovolumen x	Biomasa y	x . y
1	76.8	275.1	21,127.68
2	52.2	180.7	9,432.54
3	60.06	183.0	10,990.98
4	76.2	232.4	17,708.88
5	69.0	221.7	15,297.30
6	37.96	134.2	5,094.23
n = 6	$\sum x = 372.22$ $\sum x^2 = 24238.68$	$\sum y = 1227.1$ $\sum y^2 = 262,992.79$	$\sum xy = 79,651.61$
b = 3.286 g/unidad de biovolumen      Varianza $S_b^2 = 0.0104$ Biomasa = y = bx = 3.286 x 49.84 = <u>163.77 ± 37.10 g/m<sup>2</sup></u> Varianza = 2,487			

3. Determinación de la estructura de poblaciones de matas por clases de diámetro, el peso promedio de las matas en cada clase y la contribución de cada clase a la biomasa total.

TABLA 4. Repartición de las matas de sabaneta en clases de diámetros y resultados de la determinación de biomasa.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Clases de Diámetro en cm	<2.5	2.5-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60	>60cm
Número promedio de matas por 100 m <sup>2</sup>	440	157.5	296.25	286.45	64.55	11.65	15.25	1.65
Varianza S <sup>2</sup>	138.20	7482	37928	29498	2475	289	324	28
Peso seco promedio por mata en g	0.579	3.07	10.82	36.72	124.36	183.90	386.46	597.89
Varianza	0.073	5.86	46.65	288	1093	3466	5256	8068
Contribución de cada clase en g/100 m <sup>2</sup>	254.8	483.5	3205.4	20518.4	8027.4	2142.4	5893.5	986.5

Biomasa total por 100 m<sup>2</sup> = 31512.06 ± 1136.34 g  
 Promedio de biomasa por m<sup>2</sup> = 315.12 ± 11.36 g

Se ve que el valor obtenido es casi el doble del valor de referencia y que este valor cae fuera del intervalo de confianza. Entonces este método no es válido. El error es ciertamente debido a una equivocación en la determinación de la estructura de la población por clase de tamaño.

#### DISCUSION

La Tabla 5 muestra la comparación de los métodos utilizados.

TABLA 5. Comparación de los resultados obtenidos con los diversos métodos.

Método	Promedio de Biomasa	Diferencia al valor de referencia	Precisión calculada	Trabajo necesitado
1. con 30 muestreos	190.95 ± 41.1	+ 27.0 g	21.5%	10 h. pers.
1. 50 muestreos	183.45 ± 30.7	+ 19.5	16.7%	14 h. pers.

Continúa...

Método	Promedio de Biomasa	Diferencia al valor de referencia	Precisión calculada	Trabajo necesitado
2 Cobertura 10 líneas	200.7 ± 6.52	+ 36.8 **	3.25%	11 h. pers.
2 Biovolumen 5 líneas	180.9 ± 41.5	+ 16.9	22.9%	8 h. pers.
2 Biovolumen 10 líneas	163.77 ± 37.6	- 0.17	22.9%	14 h. pers.
3	315.12 ± 11.36	+151.18**	3.6%	8 h. pers.

El tiempo necesario fue determinado por medición sobre el terreno y en el laboratorio: por ejemplo, el corte de 50 muestras de 1 m<sup>2</sup> necesita 4 h por 3 personas sea 12 h.pers.; la lectura de una línea de cobertura necesita 20 mn para 2 personas etc...

Si para el corte (Método 1) se necesita el mismo tiempo de trabajo en cada sitio, para los métodos 2 y 3 los tiempos presentados en la tabla incluyen los cortes de calibración que se hacen una sola vez por fecha y para varios sitios. La determinación de biomasa por biovolumen, una vez realizada la calibración será de 2 1/2 h para 2 personas por sitio.

Los resultados obtenidos para la relación entre cobertura y biomasa dan en este caso un valor poco exacto debido a una diferencia importante entre las alturas de vegetación en la parcela en general y en las líneas cortadas:

Promedio de cobertura en la parcela:	44.9%
Promedio de cobertura en las líneas:	45.0%
Promedio de altura en la parcela:	11.1 cm
Promedio de altura en las líneas:	13.98 cm

La relación entre biovolumen y biomasa tomando en cuenta la medición de altura corrige esta desviación.

El tercer método que establece relaciones entre estructura de población y biomasa da resultados totalmente erróneos debido probablemente a una equivocación en la determinación de la estructura de la población. Tenemos que hacer un estudio estadístico sobre el tipo de muestreo necesario para conocer la distribución real de la población de matas.

## CONCLUSION

Los datos presentados en este trabajo muestran que el método clásico de corte al azar de muestras de 1 m<sup>2</sup> es fiable, pero poco preciso y de un costo elevado. Se justifica usarlo para estudios finos de dinámica de biomasa en parcelas homogéneas, de superficie reducida, aunque sea muy destructivo.

Para determinar la biomasa herbácea de pastizales de sabaneta en extensas áreas se puede usar un método más rápido que consiste en dos pasos:

1. Medir según el método de los puntos de contacto la cobertura y la altura promedio de la vegetación y calcular el biovolumen promedio.
2. Determinar con un número reducido de cortes la relación entre biovolumen y biomasa.

Este método es fiable, de precisión comparable con el método clásico de cortes. Por otra parte, en pastizales mixtos permite determinar la contribución de cada una de las especies a la biomasa total.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, S.M. & M.M. Kothmann. 1982. -A two- step sampling for estimating standing crop of herbaceous vegetation. J. of Range Management 35, 5: 675-677.
- Boudet, G. 1975. Manual sur les paturages tropicaux et les cultures -- fourragères. I.E.M.V.T. Ministère de la Coopération. Paris. 258 p.
- Cochran, W.G. 1963. Sampling Techniques. John Wiley & Son, Inc. New York. 413 p.
- Daget, Ph., & Poissonet, J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. Ann. Agron. 22, 2: 5-41.
- Flores Mata, G., Jiménez López, J., Madrigal Sánchez, X., Moncayo Ruiz, F. y Takaki Takaki, F. 1971. Memoria del Mapa de Tipos de Vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D.F. 59 p.
- Friedel, M.H. 1977. The determination of an optimum sampling technique for biomass of herbaceous vegetation in a central Australian woodland. Austr. Journ. of Ecology 2: 429-433.
- Gaddes, N. 1978. Etude des Relations Végétation Milieu et effet biologique de la mise en défens notamment sur l'Alfa (*Stipa tenacissima* - L.). Thèse Doct. Spécialité. USTL Montpellier. 129 p.

- Godron, M., Poissonet, J. et Poissonet, P. 1967. Méthode d'étude des formations herbacées denses. Essai d'application à l'étude du dynamisme de la végétation. C.E.P.E. Montpellier, doc. N° 35. 28 p.
- Goodman, L.A. 1960. On the exact variance of products. J. Amer. Statist. Ass. 55: 708-713.
- INIP-SARH. 1980. Manual de métodos de muestreo de vegetación. Serie Técnico-Científica 1: 1,107 p. Dirección Regional Zona Norte. Departamento de Manejo de Pastizales. Chihuahua. México.
- Levang, P. et Grouzis, M. 1980. Méthodes d'étude de la biomasse herbacée de formations sahéliennes: application de la Mare d'OURSI, Hte. Volta. Oecol. Plant. 1, 15, 3: 231-244.
- Levy, E.B. et Madden, E.A. 1933. The point method of pasture analysis. N.Z.J., Agric. 46: 267-279.
- Milner, C. and Hughes, R.E. 1968. Methods for the measurement of the primary production of grassland. I.P.B. Handbook 6. London 70 p.
- Orshan G. and Diskin, S. 1968. Seasonal changes in productivity under desert conditions. Actes du Coloque de Copenhague. UNESCO: 191-201.
- Papanastasis, V.P. 1977. Optimum size and shape of quadrant for sampling herbage weight in grassland of northern Greece. J. of Range Management, 30: 446-449.
- Poissonet, P. et Poissonet, J. 1969. Etude comparée de diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes, Document N° 50, C.N.R.S.-C.E.P.E. Montpellier. 120 p.
- Poissonet, J. et Cesar J. 1972. Structure spécifique de la strate herbacée dans la savane à palmiers Ronier de Lamto (Cote d'Ivoire). Annales de l'Université d'Abidjan. Série E: Ecologie, 5, 1: 557-01.
- Van Dyne, G.M., Vogel, W.G., Fisser, H.G. 1963. Influence of small plot size and shape on range herbage production estimates. Ecology, 44: 746-759.
- Wiegert, R.G. 1962. The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs. Ecology, 43(1): 125-129.

Cornet Antoine, Ruiz de Esparza R. (1986).

Comparacion de tres metodos de determinacion de biomasa en pastizales de sabaneta en la Reserva de la Biosfera de Mapimi.

In : Segundo congreso nacional sobre manejo de pastizales. Gomez Palacio : Instituto de Ecologia, 10 p. multigr.

Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales, 2., Saltillo (MEX), 1986/08/21-22.