

EVALUACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS PARA ESTIMAR LA BIOMASA AÉREA EN MACOLLAS DE *SPARTINA ARGENTINENSIS* PARODI

D.S. SCARABOTTI^{1,2} S.R. FELDMAN^{1,3} Y R. REFI²

¹Biología, ²Forrajes y ³CIUNR, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario. CC 14 S2125ZAA
Zavalla (Argentina)

RESUMEN

Se evaluó el uso de distintos atributos: altura máxima de las hojas sin desplegar (m), perímetro basal (m), volumen (m³) y peso seco (g de materia seca (MS) * macolla⁻¹) obtenido con capacitómetro, para estimar la biomasa seca en pie de *S. argentinensis*, la especie dominante fisonómica de comunidades halófilas frecuentemente utilizadas para la cría de terneros en Argentina. Se trabajó con tres grupos de plantas: (1) quemadas en 1996; (2) quemadas en 1999, ambos grupos en la Reserva Federico Wildermuth y (3) plantas con presencia continua de vacunos y sin fuego desde hace 8 años, en el distrito de Funes. Los atributos fueron comparados con el peso seco de las macollas obtenido por corte, a través del coeficiente de determinación r². La estimación a partir de la altura de las macollas presentó alta variabilidad (bajo r²). El uso del perímetro de las macollas o su volumen mejoró el r², pero los valores más altos de este coeficiente se lograron al emplear la estimación de la biomasa de las macollas por la lectura del capacitómetro.

Palabras clave: Espartillares, pastizales, capacitancia

INTRODUCCION

Los espartillares de la República Argentina son comunidades herbáceas frecuentes en suelos halo-hidromórficos (Cabrera y Willink, 1973) y ocupan más de dos millones de hectáreas en la provincia de Santa Fe (Lewis *et al.*, 1985; 1990). Están compuestos por especies del género *Spartina*, las cuales ejercen una fuerte dominancia sobre el resto de la comunidad, en el estrato más alto de la misma.

Spartina argentinensis es la componente principal de los espartillares de la Cañada de Rosquín y de la cuenca del arroyo Ludueña (Lewis 1996) (Figura 1). Esta especie es una gramínea de crecimiento primavero-estivo-otoñal, perenne, cuya anatomía foliar es

del tipo C₄. Forma macollas, agrupación de vástagos aéreos originados a partir de yemas basales del tallo principal y de rizomas primarios y secundarios (Font Quer, 1982), de hasta un metro de diámetro basal y un metro y medio de altura, de base aproximadamente circular y con zonas muertas en el espacio interior (Lewis *et.al.*, 2001). Los espacios existentes entre las macollas suelen estar ocupados por vegas de *Schoenoplectus spp.* (Rchb.) Palla, *Paspalum vaginatum* Sw., peladales de *Distichlis spicata* (L) Greene var. *spicata*, *Heliotropium curassavicum* L. y *Cressa truxilinsis* Kunth, o permanecen como áreas desnudas.

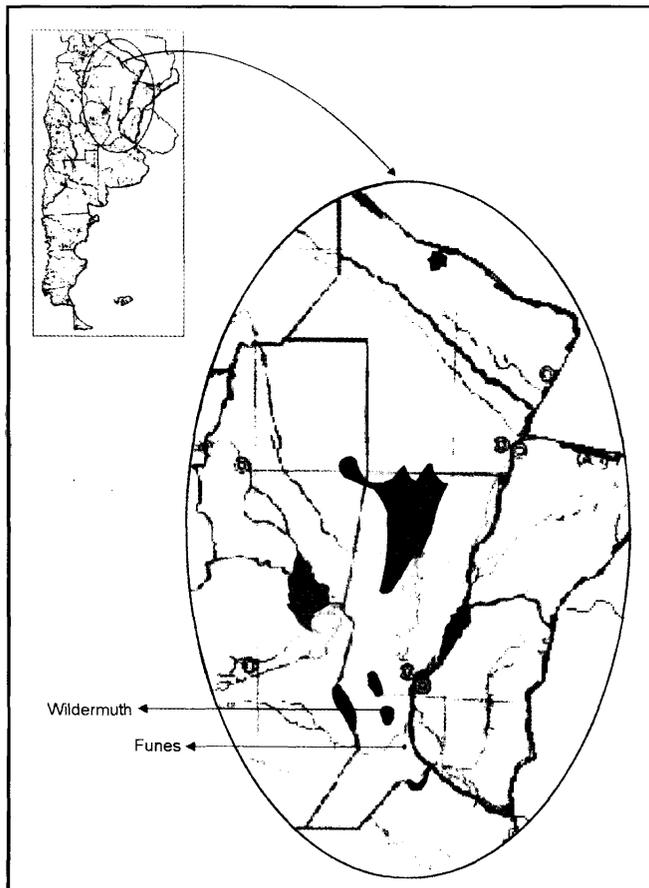


FIGURA 1

Mapa de la República Argentina y de la provincia de Santa Fe, señalando los sitios de muestreo

Map of the República Argentina and the Santa Fe province, showing sampling areas

Las hojas maduras de *S. argentinensis* tienen sus paredes celulares lignificadas (Feldman y Lewis, 1999 a) y presentan depósitos de sílice en la epidermis, por lo cual son rechazadas por el ganado vacuno. Es por ello que su principal aprovechamiento es la utilización del rebrote por este ganado, después de la quema, puesto que en ese momento las hojas no están lignificadas y la planta en su conjunto presenta altas tasas de crecimiento (Feldman y Lewis, 1999 b). Los animales, cruza de razas británicas (*Bos taurus*, razas Hereford o Aberdeen Angus) con cebú (*Bos indicus*, razas Brahman o Nelore) permanecen en forma continua sobre grandes superficies, con una carga aproximada de 4 ha * animal⁻¹.

Alrededor del 50% de la superficie de la República Argentina está ocupada por pastizales naturales (Maceira y Zaccagnini, 1996), que sustentan la mayor parte de la producción de terneros que son luego llevados a peso de faena en las pasturas cultivadas de la región pampeana. Existe abundante literatura acerca de la composición florística de esos pastizales (Ragonese, 1967; Deregibus, 1988) así como también de su fenología, y en las últimas décadas han aumentado los estudios con el objetivo de establecer pautas de manejo sustentable (Deregibus, 2000).

Para hacer más eficiente el uso de una especie de un pastizal es necesario conocer su productividad primaria. La cuantificación de la biomasa aérea resulta muy dificultosa en los pastizales en general y en los espartillares en particular, porque sus individuos están irregularmente distribuidos, además de poseer distintos diámetros basales y alturas (Stofella, 1995).

Los objetivos de este trabajo fueron: (a) comparar las estimaciones de biomasa obtenidas mediante el uso de distintos atributos de las macollas de *S. argentinensis* y (b) determinar cuál o cuales de los atributos mencionados pueden usarse como métodos precisos, sencillos y rápidos para estimar biomasa.

MATERIALES Y METODOS

Sitios experimentales

El estudio se desarrolló en dos espartillares: a) Reserva Federico Wildermuth (W), en el centro-sur de la provincia de Santa Fe (31° 57' S; 64° 23' O), sobre un conjunto de áreas bajas halo-hidromórficas encadenadas, llamadas Cañada del Carrizal (Iriondo, 1987) y cuyos suelos son complejos caracterizados por poseer escasa o nula pendiente, alto contenido de arcilla, limo y sales, infiltración deficitaria, y permanecer largos períodos de tiempo inundados (Jenny *et al.*, 1993); b) cuenca del Arroyo Ludueña

(distrito Funes, 33° S; 61° W) al oeste de la ciudad de Rosario (provincia de Santa Fe) con características edáficas muy similares al anterior. Según Cáceres (1980), estas zonas pertenecen a regiones climáticas distintas, ya que a pesar de ser de clima sub-húmedo - húmedo, mesotermal, con poca o ninguna deficiencia de agua y una concentración de la eficiencia térmica inferior al 48%, Funes posee valores de evapotranspiración potencial menores a los de Wildermuth. En la Tabla 1 se presentan los valores de temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración de ambos sitios.

TABLA 1

Temperaturas (°C) medias anuales, máximas y mínimas medias (temp. máx. media y temp. mín. media, respectivamente), precipitaciones y evapotranspiración potencial (evapotransp. potencial) (mm) de la reserva F. Wildermuth y de Funes; (media \pm desvío standard)
Mean temperature (°C), maximum and minimum means (temp. máx. media y temp. mín. media, respectively) and annual precipitations and potential evapotranspiration (evapotransp. potencial) (mm) of the F. Wildermuth protected area and Funes (mean \pm standard error)

	temperatura media	temperatura máx. media	temperatura mín. media	precipitaciones	evapotransp. potencial
Wildermuth	17	24,1	10,2	959,6 \pm 244,4	902
Funes	17,5	23,5	12,3	985 \pm 205,1	883

Mediciones

En diciembre del año 2000, se hicieron mediciones en la reserva de Wildermuth sobre 18 macollas tomadas al azar, 9 de las cuales habían sido quemadas en 1996 (grupo "WQ96") y 9 en 1999 (grupo "WQ99"). En octubre del año 2001, se trabajó en el espartillar de Funes con 8 macollas (grupo "F") no quemadas al menos en los últimos 8 años, pero sometidas a un pastoreo continuo con ganado vacuno, también elegidas al azar. En ambas zonas se midió la altura (m) de las macollas, considerando como tal a aquella alcanzada por la hoja más alta del canopeo sin desplegarla, y el perímetro basal (m). Posteriormente, se realizaron tres estimaciones de la biomasa aérea de las mismas con un capacitómetro y se las cortó a 10 cm del suelo y secó en estufa con circulación de aire, a 70 ° C durante 120 horas, obteniendo el peso de la materia seca (MS) con una balanza Sauter, con un nivel de precisión de 1 g.

El capacitómetro Grass Master Speedrite (Tru-Test, Nueva Zelanda) funciona como un capacitor y mide la capacidad de almacenar carga eléctrica, en un radio de 15-20 cm, cuando se interponen distintos medios (aire y biomasa) entre sus dipolos eléctricos, ubicados en el extremo inferior del aparato. Consta de una vara o bastón en cuyo extremo

superior se adosa una unidad lectora-registradora, y en su extremo inferior aloja una sonda o sensor de capacitancia. La unidad indicadora recibe las lecturas de capacitancia tomadas por el sensor en el aire, por encima de la cobertura vegetal (testigo sin biomasa) y dentro de ésta, obteniendo la diferencia y transformándola en MS * ha⁻¹, expresados en kg MS * ha⁻¹. Las transformaciones son llevadas a cabo mediante una función lineal incorporada por el fabricante, la cual puede ser modificada por el operario del aparato.

En función del perímetro, la altura y el promedio de las lecturas del capacitómetro, se obtuvieron:

- 1) Volumen de la macolla, estimado como:

$$V = (S) * (h),:$$

siendo (S): superficie basal

$$S = (P/2\pi)^2 * \pi$$

P: perímetro (m)

$$\pi : 3.14159$$

y (h): altura

- 2) Biomasa de la macolla (B) estimada en g * m⁻² por el capacitómetro:

$$B = E * S * 0.1$$

siendo S : superficie basal,

E : promedio de las lecturas del capacitómetro (expresadas en kg MS * ha⁻¹)

0.1: coeficiente para convertir unidades: kg * ha⁻¹ a g * m⁻².

Análisis estadístico

Se realizaron regresiones entre el peso seco obtenido por el corte de las macollas y distintos atributos para establecer el grado de ajuste (SAS versión 6.0, 1990):

- a) altura máxima de la macolla (cm)
- b) perímetro basal (cm)
- c) volumen (m³)
- d) biomasa individual de las macollas estimada por el capacitómetro (g MS*macolla¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura fue un mal estimador de la biomasa en Wildermzuth (Fig. 2.a), con una gran dispersión de datos y, consiguientemente, valores de r² muy bajos (Tabla 2). Las

estimaciones obtenidas usando al perímetro como variable independiente (Fig. 2 b), arrojaron valores de r^2 mayores (Tabla 2) en todos los grupos de plantas consideradas. La estimación obtenida a partir de la combinación de estos dos primeros atributos, es decir el volumen, no mejoró sensiblemente a la estimación de la biomasa (Fig. 2 c, Tabla 2). La estimación directa de la biomasa del capacitómetro, expresándola por macolla, obtuvo altos valores del coeficiente de determinación (Fig. 2d, Tabla 2).

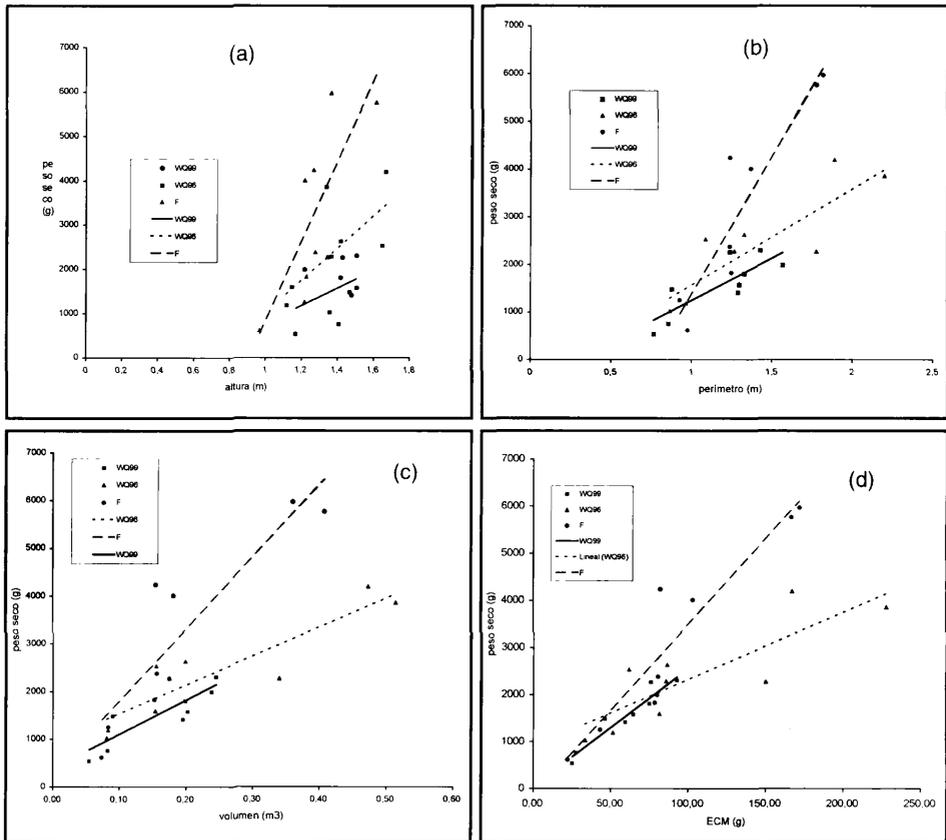


FIGURA 2

Relación entre los distintos atributos utilizados y el peso seco de macollas de *S. argentinensis*; (a) altura; (b) perímetro basal; (c) volumen y (d) estimación del capacitómetro.

*Relation among different plant attributes and plant dry weight of *S. argentinensis* tussocks: (a) height; (b) basal perimeter; (c) volume; and (d) capacitometer estimation*

TABLA 2

Ecuaciones y coeficiente de determinación (r^2) entre el peso seco y los atributos medidos en macollas de *S. argentinensis* (perímetro y altura: cm; volumen: m³; y ECM: estimación del capacitómetro: g MS macolla⁻¹) en macollas quemadas en el año 1996 (WQ96) y en 1999 (WQ99) de la reserva de F. Wildermuth y de Funes (Santa Fe, Argentina) (y: biomasa estimada; x: atributo considerado en cada caso).

*Equations and determination coefficient between dry weight and measured attributes of *S. argentinensis* plants (perimeter and height: cm; volume: m³; and ECM: capacitometer estimation, kg dry weight * plant⁻¹) of Wildermuth protected area plants burnt in 1996 ((WQ96) or in 1999 (WQ99) and of Funes (Santa Fe, Argentina)(y: biomass estimated ; x: attribute considered).*

Atributo	Sitio/ tratamiento	Ecuación	r^2
altura	WQ96	$y = 3692,9x - 2715,4$	0,41
	WQ99	$y = 1975,3x - 1210,6$	0,16
	Funes	$y = 8954,4x - 8150,5$	0,63
perímetro	WQ96	$y = 2033,5x - 484,64$	0,71
	WQ99	$y = 1783,5x - 555,34$	0,66
	Funes	$y = 5762,2x - 4398,1$	0,86
volumen	WQ96	$y = 6048,1x + 917,65$	0,81
	WQ99	$y = 7180,7x + 372,12$	0,69
	Funes	$y = 14968x + 297,54$	0,81
ECM	WQ96	$y = 14,297x + 877,4$	0,69
	WQ99	$y = 25,168x + 23,545$	0,92
	Funes	$y = 36,21x - 153,75$	0,89

Además de los métodos no destructivos para estimación de la biomasa aérea utilizados en este trabajo, existen otros mencionados por distintos autores en pasturas o pastizales naturales. Uno de ellos es el método botanal (Hidalgo *et al.*, 1990), el cual consiste en hacer una descripción de la composición botánica y luego una estimación de la biomasa de acuerdo a las especies componentes, ambos en forma visual, en distintas áreas de muestreo. El método de obstrucción visual (Vermeire y Gillen, 2001) es similar al anterior, aunque no tiene en cuenta la descripción botánica. Por su parte, Ribera *et al.* (2001), empleando un disco y una escala graduada de altura, desarrollaron un método indirecto que aseguran reemplazaría a la cosecha de biomasa, pero que es de aplicación engorrosa, porque involucra desplazarse con una estructura de caños y aluminio, y los

autores no presentan ni el número de muestras necesarias para obtener los niveles de significación adecuados ni los valores de coeficientes de regresión obtenidos.

Los dos primeros métodos tienen el defecto de ser subjetivos, requerir entrenamiento previo y, por consiguiente, variar con la experiencia del observador. Por otro lado, en comunidades con heterogeneidad entre sus individuos y dentro de los mismos, como por ejemplo los espartillares y otros pastizales de Argentina, los tres métodos mencionados anteriormente presentarían limitaciones al tener que elegir un método simple de estimación de la materia seca aérea.

Desde el punto de vista de la exactitud en la estimación de biomasa aérea en comunidades con una elevada heterogeneidad (Stoffella 1995), los métodos basados en las mediciones objetivas de atributos (perímetro basal, altura máxima de las hojas, volumen, capacitancia) obtenidas de los individuos, serían mejores que los anteriormente nombrados.

La altura es el atributo de mayor facilidad y rapidez de obtención, pero que no ofrece mayores ventajas en la estimación. La variabilidad y bajo r^2 en las estimaciones de biomasa al usarlo, se debe a características de la arquitectura de las macollas de *S. argentinensis*. Las plantas crecen hasta una altura determinada y cada culmo vuelve a emitir un número variable de nuevos culmos (Feldman, inédito), por lo cual con el mismo atributo altura, se puede estar estimando biomazas distintas. El mejor ajuste entre altura y biomasa observados en Funes, podría atribuirse a una acción del pastoreo limitando la aparición de nuevos culmos.

El perímetro como variable independiente es otro atributo de fácil medición. Las estimaciones obtenidas usando esta variable, fueron mejores a las de obtenidas con la altura. No obstante, en el grupo de plantas de mayor interés para la producción ganadera, es decir aquellas recientemente quemadas, su estimación fue baja, por lo cual no sería recomendable usarla en ese caso.

En comparación con el método anterior, el uso del volumen como estimador, implica mayor tiempo en mediciones a campo y cálculos auxiliares, sin incrementar notablemente la precisión de los resultados. No obstante ello, frente a la determinación directa de la biomasa por corte, los métodos de volumen y de capacitancia expresada en $g\ MS * macolla^{-1}$, presentan como ventaja su rapidez en la obtención de los datos, aproximadamente 8 veces mayor, sin considerar las etapas posteriores de secado y pesado de las plantas. El método del volumen resultó tener un r^2 , que si bien no fue el más alto en las plantas WQ99 y las de Funes, tuvo el coeficiente menos variable entre sitios y tratamientos. La menor correlación encontrada en las WQ99 se debería a que el volumen, como estimador de la biomasa, no tiene en cuenta la variabilidad en la

densidad de biomasa dentro de cada macolla, la cual, es mayor en las plantas quemadas más recientemente.

El capacitómetro, por su parte, permite trabajar a un ritmo sostenido, sin pausa. La mayor exactitud en la estimación de la biomasa que se encontró con el método del capacitómetro expresado por macolla, en contraste con todos los otros métodos presentados tanto en la población WQ99 como en la de Funes, puede ser atribuido a que el capacitómetro realiza la medición de la capacitancia dentro de la macolla y que se tiene en cuenta la superficie de éstas. La estimación hecha por el capacitómetro arroja un valor de $\text{kg de MS} \cdot \text{ha}^{-1}$, relacionado con la variabilidad de la densidad de biomasa intrínseca a cada macolla, que asociado con el tamaño de la misma a través de su superficie, nos da la estimación del capacitómetro expresada por macolla, y permitiría obtener así, un valor altamente correlacionado con el peso de la MS. Por otro lado, este método no resultó ser el de más alto r^2 en la regresión con el peso de la MS obtenido por corte en las WQ96, lo cual estaría explicado por la mayor acumulación de material muerto que posee este grupo de plantas, que genera inconvenientes en la estimación realizada por el capacitómetro. La capacidad de detectar densidades variables de tejido vivo representa una ventaja para el uso del método, puesto que como se dijo en la Introducción, el manejo de los espartillares incluye el uso del fuego para aprovechar el rebrote de las hojas, más apetecible y de mayor valor nutritivo para el ganado (McAtee *et al.*, 1979), momento en el cual es de suma importancia poder estimar de cuánto forraje se dispone.

CONCLUSIONES

La altura y el perímetro son atributos de fácil y rápida lectura a campo, pero difieren en su correlación con la biomasa seca de las macollas, ya que el primero es muy variable y afectado negativamente por la historia de fuego.

El volumen tiene un ajuste con la biomasa de las macollas ligeramente superior al perímetro, pero su determinación es más engorrosa, requiriendo dos mediciones y cálculos posteriores.

El método del capacitómetro, expresado en $\text{g MS} \cdot \text{macolla}^{-1}$, es más ventajoso porque con valores de r^2 similares a los de la estimación con el volumen permite trabajar más rápido a campo y tiene un excelente ajuste en comunidades recientemente quemadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRERA, A.; WILLINK, A., 1973. *Biogeografía de América Latina*. Serie de Biología. Monografía n° 13. Ed. OEA, 122 pp. Washington (EEUU).
- CACERES, L. M., 1980. *Características climáticas de la provincia de Santa Fe*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Provincia de Santa Fe. Argentina.
- DEREGIBUS, V.A., 1988. Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: situación presente y futura. *Revista Argentina de Producción Animal*, **8**, 67-78.
- DEREGIBUS, V.A., 2000. Argentina's humid grazing lands. En: *Grassland ecophysiology and grazing ecology*, 395-405. Ed. G. LEMZIRE, J. HODGSON, A. DE MOSES, C. NARBIRGER, P.C. CARVALHO. CAB International. Wallingford (Reino Unido).
- FELDMAN, S.R.; LEWIS, J.P., 1999a. Origen de las macollas de *Spartina argentinensis*. XIX Congreso de la Asociación Argentina de Ecología, 254 pp. Tucumán (Argentina).
- FELDMAN, S.R. y LEWIS, J.P., 1999b. Efecto de la remoción del canopeo sobre la tasa fotosintética de *Spartina argentinensis*. XIX Reunión Anual Soc. de Biología de Rosario. 198pp. Rosario (Argentina).
- FONT QUER, P., 1982. *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor. Barcelona (España).
- HIDALGO, L.G.; CAUHEPE, M.A.; VIVIAN, E.M.; GALATOIRE, A.; MEIJOME, I.; COLABELLI, M., 1990. Evaluación de un método no destructivo para estimación de biomasa forrajera. *Turrialba*, **40**, 403-409.
- IRIONDO, M. H., 1987. Geomorfología y cuaternario de la provincia Santa Fe (Argentina). *D'Orbignyana*, **4**, 1-54.
- JENNY, M.; SMETTAN, U.; JENNY, J., 1993. Ökologische Grundlagen für ein neues Naturschutzgebiet in der nördlichen Pamparegion Argentinens. *Verhandlungen der Gesellschaft Ökologische*, **Band, 22**, 319-322.
- LEWIS, J.P., 1996. Pastizales y sabanas de la provincia de Santa Fe, Argentina. En: *Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas de América latina*. Ed. G. SARMIENTO, M. CABIDO. CYTED-CIELAT. 318 pp. Mérida (Venezuela).
- LEWIS, J.P.; COLLANTES, M.B.; PIRE, E.F.; CARNEVALE, N.J.; BOCANELLI, S.I.; STOFELLA, S.L.; PRADO, D.E., 1985. Floristic groups and plant communities of southeastern Santa Fe, Argentina. *Vegetatio*, **60**, 67-90.
- LEWIS, J.P.; PIRE, E. F.; PRADO, D.E.; STOFELLA, S.L.; FRANCESCHI, E.A. & CARNEVALE, N.J., 1990. Plant communities and phytogeographical position of a large depression in the Great Chaco, Argentina. *Vegetatio*, **86**, 25-38.
- LEWIS, J.P.; STOFFELA, S.L. & FELDMAN, S.R. 2001. The origin of tonsure like gaps in *Spartina argentinensis* Parodi. *Rev. Biología Tropical* 49 (1): 313-316.
- MACEIRA, N.O. y ZACCAGNINI, M.E., 1996. Biodiversidad y uso sustentable de pastizales naturales de Argentina. En: *Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas de América latina*. Ed. G. SARMIENTO, M. CABIDO. CYTED-CIELAT. 318 pp. Mérida (Venezuela).
- McATEE, J.W.; SCIFRES, C.J.; DRAWE, D.L., 1979. Improvement of gulf cordgrass range with burning or shredding. *Journal of Range Management*, **32**, 372-375.
- RAGONESE, A., 1967. Vegetación y ganadería de la República Argentina. Colección Científica INTA. Ed. INTA, 218 pp. Buenos Aires (Argentina).
- RIBERA, D.A.; DE LA ORDEN, E.; QUIROGA, A., 2001. Ajuste preliminar de un método indirecto de medición de biomasa aérea en un pastizal de altura, sierras de Humuya, Catamarca. *Actas 1º Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales (Argentina)*, 117 pp. San Cristóbal (Argentina).
- SAS/STAT Versión 6., 1990. 4ª ed. SAS Inst. Inc. Cary, NC. (EEUU).
- STOFELLA, S.L., 1995. La heterogeneidad florística del pajonal de *Spartina argentinensis* (Poaceae) en los

bajos submeridionales de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, **31**, 95-101.

VERMEIRE, L.T.; GILLEN, R.L., 2001. Estimating herbage standing crop with visual obstruction in tallgrass prairie. *Journal of Range Management*, **54**, 57-60.

EVALUATION OF DIFFERENT METHODS TO ESTIMATE THE BIOMASS OF *SPARTINA AGENTINENSIS* PARODI TUSSOCKS

SUMMARY

S. argentinensis is the physiognomic dominant species of areas used for calf production in Argentina. The use of different plant attributes (maximum leaf height, m; basal perimeter, m; volume, m³; and capacitometer measurement, g dry mass * tussock⁻¹) to estimate the standing biomass of *S. argentinensis* was evaluated. Three groups of plants of two locations were used: plants burned on (i) 1996 or (ii) 1999 taken on a *espartillar* of the Federico Wildermuth Reserve (31° 57' S; 64° 23' O), and (iii) on a *espartillar* of the Funes district (33° S; 61° W) under continuous grazing and without fire for at least 8 years, both of Santa Fe province, Argentina. The attributes were compared with dry mass obtained from clipping the plants using the determination coefficient, r². Plant height predictions were highly variable, while using perimeter or volume improved r² values. The highest r² values were achieved using the capacitometer data.

Key words: *Espartillares*, range, capacitance