

DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA FORRAJERA DEL BREZO (*ERICA ARBOREA*) EN EL PARQUE RURAL DE ANAGA (TENERIFE)

ERICA ARBOREA FORAGE BIOMASS DETERMINATION IN ANAGA RURAL PARK
(TENERIFE)

Bermudo, A.¹, D. Patón², L.A. Bermejo¹ y J. Mata¹

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna. La Laguna, Tenerife. España.

E-mail: jmata@ull.es

²Área de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. Avda. De Elvas s/n. Badajoz. España.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Canarias. Pastoreo. Arbustivas. Cabras.

ADDITIONAL KEYWORDS

Canary Islands. Grazing. Shrubs. Goats.

RESUMEN

Se analizan 22 diferentes ecuaciones de regresión (11 modelos con y sin constante) sobre datos de materia seca (MS) y tamaño de arbustos de brezo (*Erica arborea*) procedentes del Parque Rural de Anaga (Tenerife) al objeto de encontrar ecuaciones de predicción de la MS que puedan ser utilizadas con confiabilidad en el análisis de la capacidad de carga de las áreas de fayal-breza utilizadas por la Agrupación Caprina Canaria. Nuestros resultados indican que el modelo potencial sin constante ($Y = X^b$) o su forma transformada, también denominada modelo log-log ($\log(Y) = b \cdot \log(X)$), es el que muestra mejor eficacia ($R^2 = 0,983$; p -valor $< 0,001$).

SUMMARY

Twenty two different regression equation over dry matter and *Erica arborea* shrubs size data, from Anaga Rural Park (Tenerife), were analysed looking forward to establish prediction equations

for dry matter, in order to be used in carrying capacity analysis of *fayal-breza* areas, used by grazing Canary Goat. Our results indicates the best predictability for the non-constant potential model ($Y = X^b$) or it transformed expression, also known as log-log model ($\log(Y) = b \cdot \log(X)$).

INTRODUCCIÓN

La explotación del ganado caprino en el Parque Rural de Anaga es una actividad que se encuentra reglamentada legalmente por la administración al objeto de preservar los usos tradicionales ligados a la cultura popular. Además su intensidad se ha mantenido constante en los últimos años en Anaga no manifestando el acusado descenso característico de otras partes de la geografía insular de Canarias (Mata *et al.*, 2002). En el uso y gestión de este

Parque es preciso tener en cuenta las ventajas e inconvenientes que el ganado caprino supone en las áreas semiáridas (Bermudo, 2002). Por un lado, es conocido el problema que supone el sobrepastoreo del caprino y su importante relación con la desertificación y pérdida de biodiversidad (Azócar, 1987; Azócar y Lailhacar, 1990; Azócar *et al.*, 1987; Azócar y Patón, 1998; Holecheck *et al.*, 1995). Por otro lado, las explotaciones de ganado caprino son un medio de aumentar la renta de los ganaderos de la zona y de implicarlos en la conservación del medio, en un equilibrio entre turismo rural y usos tradicionales del territorio (Altieri, 2002). En Canarias,

el uso tradicional de la ganadería caprina ha sido la transterminancia, ya practicada por los primitivos pobladores guanches (Tejera, 1992). Esta transterminancia, consiste en usar cada piso bioclimático en el momento idóneo de aprovechamiento. En nuestro caso, nos referiremos a una de las arbustivas más representativas del piso bioclimático del fayal-brezal cuyo uso idóneo se produce en la época estival cuando escasean las herbáceas por agostamiento (Bermudo, 2002). En este contexto de usos múltiples, una de las piedras angulares es la apropiada determinación de la capacidad de carga de los ecosistemas. Pese a que su determinación ha sido muy controver-

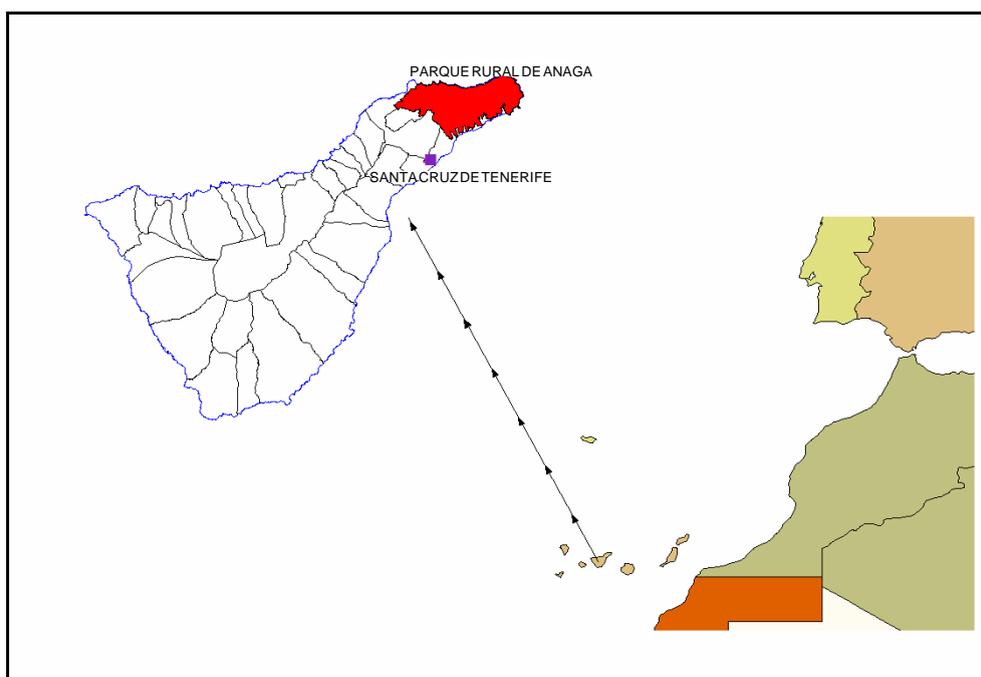


Figura 1. Situación del Parque Rural de Anaga en la Isla de Tenerife (Archipiélago de Canarias, España). (Anaga Rural Park location in Tenerife (Canary Islands, Spain)).

tida (McLeod, 1997), nadie duda de su importancia como valor de referencia a la hora de abordar políticas de gestión de los espacios naturales (Patón *et al.*, 1998a; 1998b; 1999). Uno de los primeros pasos en la determinación de la capacidad de carga del territorio, es poder valorar la oferta forrajera de todas y cada una de las especies arbustivas presentes en un área y que sean utilizables por el ganado (Patón *et al.*, 2002). En este contexto proponemos una ecuación de determinación apropiada para el brezo (*Erica arborea*) que no es la especie más apetecible para el caprino, pero si la más abundante y representativa de la formación de fayal-brezal el piso bioclimático en el que se encuadran el 48 p.100 de las explotaciones de la Agrupación Caprina Canaria dentro del Parque Rural de Anaga (Mata *et al.*, 2002). Son numerosas las referencias (Catchpole y Wheeler, 1992; Robles y Passera, 1995; Azócar *et al.*, 1998; Rodríguez, 2004), de autores que en distintos medios y ecosistemas abordan planteamientos similares.

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Rural de Anaga se sitúa en el extremo noreste de la isla de Tenerife (**figura 1**) y engloba ecosistemas que van desde las formaciones de laurisilva y fayal-brezal hasta el piso costero de cardonal-tabaibal. Su máxima altitud es la montaña de la Cruz de Taborno con 1024 m. Dentro del Parque, la accidentada topografía, con desniveles de más de 700 m, produce un complejo mosaico de micro-

climas asociados a diferencias de exposición, altitud y precipitación. Estudios previos realizados por Mata *et al.*, 2002, muestran que la complejidad ambiental del Parque puede resumirse a nueve unidades agroecológicas homogéneas en función de la geomorfología, vegetación y pendiente:

- Laderas de exposición S con cardonal-tabaibal (4763 Ha).
- Monte (3222 Ha).
- Laderas de exposición N con cardonal-tabaibal (1407 Ha).
- Valles al S con cardonal-tabaibal (1306 Ha).
- Laderas al N con formaciones de transición (1267 Ha).
- Tierras de cultivo (912 Ha).
- Valles N con cardonal-tabaibal (752 Ha).
- Valles N con formaciones de transición (405 Ha).
- Acantilados N con cardonal-tabaibal (185 Ha).

De entre los diversos pisos bioclimáticos que los fitosociólogos discriminan en Canarias el brezo se distribuye especialmente en el piso termocanario subhúmedo (Rivas *et al.*, 1993) donde las temperaturas medias anuales oscilan entre los 15-17°C con precipitaciones entre 800-1000 mm. Este piso bioclimático está caracterizado por las formaciones vegetales de laurisilva y fayal-brezal. En barrancos que conserven cierta humedad ambiental, el brezo puede descender mucho en altitud, llegando a mezclarse con plantas propias del cardonal-tabaibal.

Respecto a la cabaña ganadera, el 90,91 p.100 de las explotaciones del Parque Rural de Anaga son de ganado caprino y solo el 9,56 p.100 lo cons-

tituye el ovino (Mata *et al.*, 2002). Las explotaciones caprinas tienen un tamaño medio de 87 hembras y sólo un escaso número de ellas podemos considerarlas como intensivas (Bermudo, 2002).

MÉTODO DE MUESTREO

Se realizaron, durante los meses de junio, julio y agosto del año 2003, muestreos al azar de plantas cubriendo áreas con diferente altitud y exposición dentro del Parque de Anaga al objeto de que las ecuaciones obtenidas fueran realmente representativas de las condiciones ambientales generales y no de peculiares condiciones microclimáticas locales. Los diferentes ejemplares de brezo fueron muestreados en zonas donde el ganado caprino no tenía acceso y con escasa abundancia de conejos u otros herbívoros, lo cual fue constatado por la baja presencia de deyecciones. De este modo, la oferta forrajera anual es analizada sin fuentes externas de perturbación. El rango de tallas muestreado, fue el más amplio posible exceptuando plantas que superaran los 2,5 m de altura, ya que la mayor parte de su copa escapa a la acción ramoneadora del caprino. Además, en los ejemplares más grandes la parte superior de la copa al interceptar la mayor parte de la luz impide la producción de nueva biomasa en la zona basal. Las variables medidas fueron: Altura máxima (H), diámetro mayor (D_1), diámetro menor (D_2), área de la copa (A), volumen de la planta (V) y la materia seca (MS) de la oferta forrajera anual (Patón *et al.*, 1998a, 1998b). El cálculo de A y V se muestra en las ecuaciones 1 y 2:

$$A = \pi / 4 * (D_1 * D_2) \quad (1)$$

$$V = A * H \quad (2)$$

Se determinó en una muestra inicial de 10 plantas, que variable métrica se correlacionaba mejor con la MS. Posteriormente, se utilizó el rango de dispersión de esta variable para dividirla en 10 clases de talla y cosechar al azar al menos dos plantas dentro de cada clase en la población. Esto nos permitió evitar problemas de heteroscedasticidad y por tanto obtener ecuaciones aplicables a lo largo de todo el intervalo de tallas. Algunos autores inciden en la importancia de este problema en arbustos de gran talla (Mac Cracken y Van Ballenberghe, 1993). Además, este sistema permite optimizar la relación entre confiabilidad y esfuerzo de muestreo (Cochran, 1993; Patón *et al.*, 1998a, 1998b). En cada planta, se cosechó la biomasa anual distinguible por su color más claro y brillante. La biomasa forrajera se cosechó como un todo no separando las hojas de los tallos verdes como realizan algunos autores (Dean *et al.*, 1981) debido a la gran dificultad de separar ambas fracciones en el brezo, ya que este consta de innumerables hojas de tamaño minúsculo. Además, algunos autores inciden en que el alto costo adicional en tiempo de muestreo necesario para separar ambas fracciones no compensa, ya que en muchos casos la fiabilidad de los modelos no aumenta (Mac Cracken y Van Ballenberghe, 1993). La biomasa obtenida se depositó en una o más bolsas de papel convenientemente etiquetadas y se secó el contenido de cada bolsa en estufas de aire forzado a 60°C durante al menos 48 horas. Posteriormente, se pesaron las muestras en una balanza

DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE *ERICA ARBOREA*. TENERIFE.

Tabla I. Estadísticos descriptivos de las variables métricas de cada planta (media \pm desviación). (Descriptive statistics of each plant metric variables).

Estadístico	MS (g)	H (cm)	D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	A (m ²)	V (m ³)
	154,6 \pm 159,1	158,2 \pm 49,0	103,7 \pm 60,0	89,2 \pm 55,9	0,97 \pm 1,20	1,90 \pm 2,91
Rango	18,7 - 640,1	72 - 270	46 - 250	29 - 237	0,12 - 4,64	0,08 - 10,60

electrónica con un nivel de precisión de $\pm 0,001$ g.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De cada una de las variables se determinaron media, desviación estándar y rango de dispersión al objeto de comprobar el intervalo de aplicación de los modelos de regresión. Las correlaciones no paramétricas de Spearman mostraron que la variable métrica más relacionada con la MS fue el diámetro mayor (D₁). Por ello, en los diferentes modelos de regresión se uso D₁ como término independiente. Se ensayaron 11 modelos de regresión: lineal, logarítmico, inverso, cuadrático, cúbico, compuesto, potencial, en curva S, logístico, de crecimiento y exponencial. En todos los casos, con y sin constante, lo que totalizó 22 ecuaciones. De cada una, se

determinó el valor R² y el test de ANOVA (Graybill y Iyer, 1994; Jobson, 1991). Una vez elegido el mejor modelo de regresión, se determinaron los residuos estandarizados y se testó su ajuste a una N(0,1) mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (Sokal y Rohlf, 1984). En todos los cálculos estadísticos se utilizó el programa R (R Development Core Team 2003) bajo un sistema Debian GNU Linux.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **tabla I** se muestran los rangos de variación, las medias y desviaciones típicas de las diferentes variables analizadas. El modelo estudiado permite la estimación de la productividad de forraje desde plantas muy pequeñas hasta ejemplares que superan los 2,5 m de altura. Esto en términos de MS supone un rango que va desde solo 18 g a más de 640 g. La **tabla II** muestra las correlaciones no paramétricas de Spearman entre MS y variables métricas indicando que la variable a elegir como estimador es D₁. De entre las 22 ecuaciones de regresión ensayadas (**tabla III**), el de mejor ajuste es el log-log, lo cual viene siendo una constante en la determinación de la oferta forrajera en áreas ecológicamente tan

Tabla II. Correlaciones de Spearman entre las variables métricas y la materia seca (MS). (Spearman correlations between metric variables and dry matter).

	MS				
H	0,645	H			
D ₁	0,796	0,829	D ₁		
D ₂	0,765	0,869	0,950	D ₂	
A	0,795	0,854	0,982	0,985	A
V	0,741	0,925	0,960	0,978	0,976

Tabla III. Modelos de regresión utilizados y principales estadísticos para cada uno. El mejor ajuste (modelo log-log) se ha resaltado. (Used Regression models and main statistics for each one. Best adjust is signed).

Modelos	R ²	F
Lineales (con y sin constante)		
MS = -75,022 + 2,213 * D ₁	0,697	50,69 ***
MS = 1,668 * D ₁	0,819	104,23 ***
Logarítmicos (con y sin constante)		
MS = -976,941 + 251,045 * LOG(D ₁)	0,646	40,13 ***
MS = 36,923 * LOG(D ₁)	0,582	32,05 ***
Inversos (con y sin constante)		
1/MS = 423,522 + 21837,000 * D ₁	0,538	25,66 ***
1/MS = 7296,847 * D ₁	0,198	5,68 *
Cuadráticos (con y sin constante)		
MS = -61,674 + 1,973 * D ₁ + 0,0009 * (D ₁) ²	0,698	24,24 ***
MS = 0,941 * D ₁ + 0,0042 * (D ₁) ²	0,844	59,68 ***
Cúbicos (con y sin constante)		
MS = 188,322 - 5,051 * D ₁ + 0,058 * (D ₁) ² - 0,0001 * (D ₁) ³	0,714	16,63 ***
MS = -0,042 * D ₁ + 0,019 * (D ₁) ² - 4,000E-05 * (D ₁) ³	0,852	40,26 ***
Compuesto (con y sin constante)		
MS = 26,661 * (1,014 ^{D₁})	0,614	34,95 ***
MS = 1,042 ^{D₁}	0,865	147,56 ***
Potencia (con y sin constante)		
MS = 0,101 + D ₁ ^{1,523}	0,643	39,71 ***
MS = D₁^{1,024} -> log(MS) = 1,024*log(D₁) (Modelo log-log)	0,983	1306,37 ***
Curva S (con y sin constante)		
MS = e ^{6,3212 - 140,56/D₁}	0,606	33,85 ***
MS = e ^{294,265/D₁}	0,706	55,17 ***
Logístico (con y sin constante)		
MS = 1/[1/650,00+ (0,038 * 0,988 ^{D₁})]	0,614	34,95 ***
MS = 1/[1/650,00+ (0,964 ^{D₁})]	0,865	147,56 ***
Crecimiento (con y sin constante)		
MS = e ^{3,283 + 0,013 * D₁}	0,614	34,95 ***
MS = e ^{0,037 * D₁}	0,865	147,56 ***
Exponencial (con y sin constante)		
MS = 26,663 * e ^{0,013*D₁}	0,614	34,95 ***
MS = e ^{0,037*D₁}	0,865	147,56 ***

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001.

diferentes como Alaska (Mac Cracken y Van Ballenberghe, 1993), Chile (Patón *et al.*, 2001) o Extremadura (Patón *et al.*, 2002). Este modelo une a

su buen ajuste general en arbustos, una gran simplicidad de cálculo ya que al expresarse en forma logarítmica permite representar linealmente las rela-

DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE *ERICA ARBOREA*. TENERIFE.

ciones entre MS y parámetros métricos (**figura 2**).

La máxima productividad en MS por planta detectada por nosotros es muy baja, lo que incide en la baja productividad forrajera general de los brezales (Patón *et al.*, 1999). Esto, unido al bajo contenido energético que es característico de la familia *Ericaceae* a la cual pertenece el brezo, incide en que la capacidad sustentadora de estos matorrales sea en general baja. No obstante, se hace necesario su uso en épocas de agostamiento del pastizal donde el resto de recursos forrajeros son escasos. Además las razas canarias, por su alta productividad lechera y larga lactación que ocupa parte de la época estival, se ve obligado a aprovechar este recurso natural como suministrador de fibra y para aumentar el volumen. Además, la carestía del agua en Canarias, que se encuentra en manos privadas, hace inviable la siembra de pastos herbáceos de rápido crecimiento para paja. Los arbustos autóctonos son en este contexto un suministrador natural de fibra, adaptado a las condiciones del medio y que por tanto no requieren de inversión en riego. Por otro lado, el pienso es relativamente barato en Canarias y el ganadero, al manejar razas de alta producción, no es reacio a gastar en alimentación, ya que ello tiene un inme-

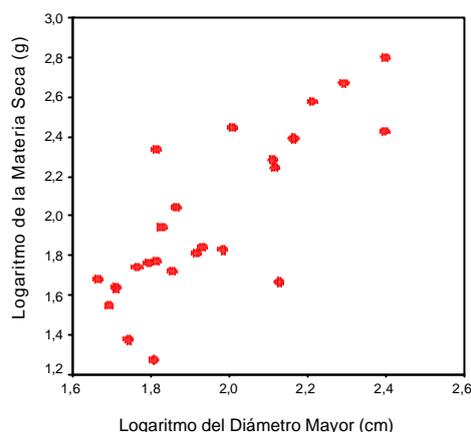


Figura 2. Diagrama de dispersión del modelo log-log de determinación de la materia seca (MS) del brezo (*Erica arborea*) en Anaga. (Log-log model dispersion diagram of Anaga *Erica arborea* dry matter determination).

diato efecto sobre la productividad lechera. El riesgo es más bien el contrario: alimentar a los animales con demasiada cantidad de pienso y por ello provocar problemas de acidosis crónicas. Las especies autóctonas de arbustos, nos van a permitir optimizar la relación entre la gestión sostenible del territorio, la rentabilidad de las explotaciones ganaderas y la conservación de un paisaje rural que tiene un indudable atractivo para el turista que visita las Islas.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M.A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1971: 1-24.
- Azócar, P. 1987. Hábitos de pastoreo y de con-

- sumo de especies forrajeras del ganado caprino en zonas áridas. *Avances en Producción Animal*, 12: 3-9.
- Azócar, P., J.M. D'Herbes y J. Díaz. 1987. Estudio de sistemas de pastoreo con caprinos

- para el secano árido de la IV Región de Coquimbo. 1: Dieta e índices de aceptabilidad relativa de arbustos. *Avances en Producción Animal*, 12: 35-47.
- Azócar, P. y S. Lailhacar. 1990. Bases ecológicas para el desarrollo de la zona de clima mediterráneo árido de Chile. *Terra Arida*, 8: 221-301.
- Azócar, P. y D. Patón. 1998. Influencia del sistema de pastoreo y de la variabilidad interanual sobre la biodiversidad del pastizal mediterráneo árido de la IV Región de Chile. 49º Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile (SACH). 30 Noviembre-3 Diciembre, Santiago (Chile).
- Azócar, P., D. Patón, A. Matas y H. Rojo. 1998. Utilización de modelos de regresión múltiple logarítmica en el análisis de la información de fitomasa forrajera de arbustos. Caso con cuatro especies arbustivas del secano mediterráneo árido de Chile. *Avances en Producción Animal*, 23: 17-26.
- Azócar, P., D. Patón, F. Santibañez y C. Torres. 2001. Modelo para estimar fitomasa en repanda (*Atriplex repanda* Phil.) en función de parámetros métricos, precipitación y densidad. *Avances en Producción Animal*, 26: 107-118.
- Bermudo, A. 2002. Determinación de la productividad de especies arbustivas de interés forrajero en el Parque Rural de Anaga. Memoria de Fin de Carrera. Centro Superior de Universidad de La Laguna.
- Catchpole, W. and C. Wheeler. 1992. Estimating plant biomass: A review of techniques. *Australian Journal of Ecology*, 17: 121-131.
- Cochran, W.G. 1993. Técnicas de muestreo. CECSA, México.
- Dean, S., J.W. Burkhardt and R.O. Meeuwig. 1981. Estimating twig and foliage biomass of sagebrush, bitterbrush and rabbitbrush in the Great Basin. *Journal of Range Management*, 34: 224-228.
- Graybill, F.A. and H.K. Iyer. 1994. Regression Analysis. Concepts and applications. Duxbury Press, Belmont. 650 pp.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1995. Range management. Principles and Practices. Prentice Hall. 526 pp.
- Jobson, J.D. 1991. Applied multivariate data analysis. Vol. I: Regression and Experimental Design. Springer-Verlag. 621 pp.
- Mac Cracken, J.G. and V. Van Ballenberghe. 1993. Mass-diameter regression for moose browse on the Copper River Delta, Alaska. *Journal of Range Management*, 46: 302-308.
- Mata, J.G., L. Bermejo y A. Camacho. 2002. Plan de pastoreo del Parque Rural de Anaga. Informe. Área de Producción Animal. Universidad de la Laguna. 113 pp.
- McLeod, S.R. 1997. Is the concept of carrying capacity useful in variable environments?. *Oikos*, 79: 529-542.
- Paton, D., P. Azócar and J. Tovar. 1998a. Growth and productivity in forage biomass in relation to the age assessed by dendrochronology in evergreen shrub *Cistus ladanifer* (L.) using different regression models. *Journal of Arid Environments*, 38: 221-235.
- Patón, D., J. Nuñez-Trujillo, A. Muñoz y A. Tovar. 1998b. Determinación de la biomasa forrajera de cinco especies del género *Cistus* procedentes del Parque Natural de Monfragüe mediante regresiones múltiples. *Arch. Zootec.*, 47: 95-105.
- Paton, D., J. Nuñez-Trujillo, M.A. Díaz and A. Muñoz. 1999. Assessment of browsing biomass, nutritive value and carrying capacity of shrublands for red deer (*Cervus elaphus* L.) management in Monfragüe Natural Park (SW Spain). *Journal of Arid Environments*, 42: 137-147.
- Patón, D., J. Nuñez, D. Bao and A. Muñoz. 2002. Forage biomass of 22 shrub species from Monfragüe Natural Park (SW Spain) assessed by log-log regression models. *Journal of Arid Environments*, 52: 223-231.
- R Development Core Team. 2003. *R Installation and administration*. GNU Free Software Foundation. 25 pp.
- Rivas-Martínez, S. 1993. Las comunidades vegetales de la Isla de Tenerife (Islas Cana-

DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE *ERICA ARBOREA*. TENERIFE.

- rias). *Itinera Geobotánica*, 7: 169-374.
- Robles, A.B. and C.B. Passera. 1995. Native forage shrub species in south-eastern Spain: Forage species, forage phytomass, nutritive value and carrying capacity. *Journal of Arid Environments*, 30: 191-196.
- Rodríguez, R. 2004. Capacidad sustentadora en dos fincas piloto en el Parque Rural del Nublo. Tesis Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 188 pp.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1984. Introducción a la Estadística. Barcelona, Spain. Reverté, 413 pp.
- Tejera, A. 1992. Tenerife y los guanches. Col. La Prehistoria y los guanches. Centro de la Cultura Popular Canaria.

Recibido: 22-10-03. Aceptado: 25-5-04.

Archivos de zootecnia vol. 53, núm. 202, p. 173.