

ECUACIONES PARA ESTIMAR LA FITOMASA DE *Atriplex canescens*

Meza Sánchez Rigoberto¹

RESUMEN

El trabajo se realizó al sur de Saltillo, estado de Coahuila, con el fin de generar ecuaciones para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pié de plantas de *Atriplex canescens*. El tamaño de muestra en el sitio de estudio fue de 70 plantas a las cuales se les midió sus dimensiones para generar un total de 28 variables independientes; después del corte y secado se obtuvo el peso seco de brotes (PSB), de ramas (PSR) y de fitomasa aérea total (PST), como variables dependientes. Para el análisis de las relaciones dimensión-peso se utilizaron los modelos de regresión lineal simple, logarítmico, exponencial y potencial; la selección se basó en el mayor coeficiente de determinación y menor coeficiente de variación. Además de estos criterios, para seleccionar la ecuación de estimación se consideró la independencia de residuales y la utilidad práctica de la variable predictora. Las relaciones dimensión-peso se explicaron mejor a través de un modelo de tipo potencial de la forma $Y=aX^{b+Ei}$; la variable predictora fue el diámetro promedio (DP) de la cobertura aérea de las plantas; considerando la media aritmética de la medición de 4 diámetros de cobertura, las ecuaciones son: $PSB = 0.30472(DP)^{1.611365}$, $PSR = 0.03405(DP)^{2.44254}$ y $PST = 0.03745(DP)^{2.21993}$. Por lo tanto, fue posible generar ecuaciones de estimación para el *A. canescens*.

Palabras clave: *Atriplex canescens*, análisis dimensional, fitomasa aérea, ecuaciones de estimación.

ABSTRACT

This study was carried out at the south of Saltillo in Coahuila state with the aim of obtaining dry weight estimation equations for the aerial biomass components of standing plants of *Atriplex canescens*. Sampling size at the site of study was of 70

¹ M.C. Investigador del Campo Experimental Todos Santos, CIR-Noroeste, INIFAP, SAGAR.

plants, in each was recorded its dimensions in order to obtain 28 independent variables; after cutting and dry of the componentes, it was obtained the following dependent variables such as dry weight of sprouts (PSB), branches (PSR) and total aerial biomass (PST). The analysis of the existing relationships between dimensions and weight was performed using the logarithmic, exponential and power lineal regression models. The criteria used for model selection was based on the highest determination coefficient, and the lowest variation coefficient, furthermore, it was considered in selecting the best equation the residual independence and the practical use of the predictor variable. The relationships between dimensions and weight were very well explained by the model with the following form $Y = a X^{b + E_i}$, the predictor variable was average diameter (DP) of the crown projected on the soil which was recorded considering the arithmetic mean for 4 crown diameter measurements, the obtained equations were $PSB = 0.30472 (DP)^{1.611365}$, $PSR = 0.03405 (DP)^{2.44254}$ y $PST = 0.03745 (DP)^{2.21993}$

Key words: *Atriplex canescens*, dimensional analysis, aerial biomass, estimation equations.

INTRODUCCIÓN

El *Atriplex canescens* (costilla de vaca) es una especie de amplia distribución en las zonas áridas y semiáridas del norte de México. Se considera excelente para la conservación de suelo y agua, así como para la producción de forraje de buena calidad; es capaz de producir y retener durante todo el año, una gran cantidad de su tejido foliar de alto contenido protéico. Por ello, es una fuente importante de forraje y proteína, para la mayoría de las especies animales (Valencia *et al.*, 1981)².

Una de las principales limitantes para el adecuado aprovechamiento de esta especie, es la escasa información que se tiene del potencial productivo en las áreas de distribución. El método de cosecha es un método de campo que se puede utilizar en su evaluación; sin embargo, requiere de la remoción total del material vegetal en la unidad de muestreo, consume tiempo y además es costoso (Uresk *et al.*, 1977)³.

² Valencia C., M.; J. Gastón C. y R. Nava C. 1981. Época y frecuencia de utilización de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.

³ Uresk, W. D.; R. O. Gilbert and W. H. Rickard. 1977. Sampling big sagebrush for phytomass. pp. 311-314.

Un método económico y no destructivo que se puede utilizar para tal propósito es el conocido como análisis dimensional, que se estima puede ser hasta 120 veces más económico que el método de cosecha (Ludwig *et al.*, 1975⁴ y Uresk *et al.*, *op. cit.*).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue el generar ecuaciones para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pie de plantas de *Atriplex canescens*.

REVISIÓN DE LITERATURA

La teoría de modelos utilizada en la Física y en el desarrollo tecnológico, se puede aplicar exitosamente en la Biología para obtener soluciones numéricas en cualquier función biológica definida en el sistema tridimensional de masa, longitud y tiempo (Günther, 1975)⁵. Menciona que el peso del cuerpo de un organismo, es un adecuado índice de referencia para su correlación con diferentes características fisiológicas y morfológicas; y que el análisis dimensional y los criterios de similaridad (geométrica) son un valioso procedimiento para la predicción de múltiples parámetros de estas características.

El análisis dimensional es un método mediante el cual se toman medidas de fácil obtención de las dimensiones de las plantas o de sus partes y se relacionan con el peso de su fitomasa mediante la técnica de la regresión estadística. Estas relaciones, se hacen con el propósito de generar ecuaciones para estimar la fitomasa total de los individuos o de alguna(s) de sus partes; o bien, para elaborar tablas o tarifas de producción utilizadas para los mismos propósitos (Woodwell y Whittaker, 1968⁶; Ohmann *et al.*, 1976⁷; Berlanga *et al.*, 1992⁸ y Saénz y Villavicencio, 1993⁹).

Su aplicación en *Atriplex canescens* se ha repotado en distintas áreas del país. En el noreste de Zacatecas mediante una función lineal se obtuvieron altos coeficientes de correlación (>0.90) al relacionar el volumen con el peso seco total de las plantas y al

⁴ Ludwig, A. J.; J. F. Reynolds and P. D. Whitson. 1975. Size-biomass relationships of several Chihuahuan Desert shrubs. pp. 451-461.

⁵ Günther, B. 1975. Dimensional analysis and theory of biological similarity. pp. 659-699.

⁶ Woodwell, G. M. and R. H. Whittaker. 1968. Primary production in terrestrial ecosystem. pp. 19-30.

⁷ Ohmann, F. L.; D. F. Grigal and R. B. Brander. 1976. Biomass estimation for five shrubs from Northeastern of Minnesota.

⁸ Berlanga R., C. A.; L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales.

⁹ Saénz R., J. T. y E. E. Villavicencio G. 1993. Guía para la evaluación de orégano en el estado de Coahuila.

relacionar este peso con el peso seco de hojas y de tallos, antes y después de su pastoreo (Valencia *et al.*, *op. cit.*).

Al noreste de Durango, Quiñones (1987)¹⁰ encontró que los diámetros mayor y menor de la cobertura aérea fueron variables directas que proporcionaron buenos coeficientes de correlación con el peso de hojas y ramitas del arbusto. Pero, las mejores relaciones se encontraron al utilizar el área, el volumen y el producto de todas las variables directas, además de la combinación de estas variables en un modelo de regresión múltiple.

En el estado de Durango, Antúnez *et al.* (1991)¹¹ encontraron que las variables diámetro basal y el volumen de las plantas fueron las más adecuadas para estimar su fitomasa aérea (brotes y ramas). Los coeficientes de determinación variaron de 0.50 a 0.86 y el error estandar de 0.36 a 221.3 en los modelos exponencial, lineal simple y múltiple.

En el estado de Chihuahua, Gutiérrez y Sierra (1992)¹² determinaron que el modelo lineal fue el más adecuado para estimar la disponibilidad de hojas y tallos utilizando la altura y la cobertura de las plantas. Los modelos se seleccionaron en función del ANVA de la regresión, del cuadrado medio del error y del coeficiente de determinación que fue 0.60 para hojas y de 0.30 para tallos.

Peterson *et al.* (1987)¹³ utilizaron el volumen de las plantas asumiendo diferentes formas de cuerpos geométricos y encontraron coeficientes de determinación de 0.86 a 0.98 mediante un modelo potencial para estimar la fitomasa aérea total y de diferentes componentes en las plantas de esta especie.

¹⁰ Quiñones V., J. J. 1987. Evaluación indirecta de la biomasa de *Atriplex canescens* en el noreste del estado de Durango.

¹¹ Antúnez R., D.; E. Castellanos P.; R. Almeida M. y M. Valencia C. 1991. Predicción de biomasa aérea del chamizo en la época de sequía en el noreste de Durango. pp.1-5.

¹² Gutiérrez R., E. y J. S. Sierra T. 1992. Modelos de regresión para estimar producción de forraje en cinco arbustos del desierto Chihuahuense.

¹³ Peterson, L. J.; D. N. Uercket; R. L. Potter and J. E. Huston. 1987. Ecotypic variation in selected fourwing saltbush populations in Western Texas. 361-366.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El trabajo se realizó en un sitio ubicado a 85 km al sur de la ciudad de Saltillo, estado de Coahuila por la carretera Saltillo-Zacatecas; el área se localiza entre los 24° 48' de latitud norte y los 101° 07' de longitud oeste a una altitud de 1,750 msnm. La vegetación se clasifica como matorral inerme y subinerme, matorral espinoso y vegetación halófito en la parte baja del valle. El clima es seco semicálido, la precipitación media anual varía de 300 a 400 mm con lluvia invernal mayor al 18%; presenta invierno fresco, la temperatura media anual varía de 18 a 20° C (SPP, 1982¹⁴ y CETENAL, 1974¹⁵).

Métodos

El trabajo de campo se realizó en las épocas de primavera y verano del año de 1992 en una población de *Atriplex canescens* caracterizada por plantas poco utilizadas. En esta se procedió a seleccionar las plantas sujetas a medición (n = 70 plantas) tratando de encontrar la mayor variación en la altura de las mismas y se midieron las siguientes dimensiones a una aproximación de 1.0 cm: altura, profundidad del dosel (longitud de la planta con la mayor cantidad de follaje), diámetros de la cobertura aérea (4 diámetros) y diámetros basales (2 diámetros).

Con estas variables se generó un total de 28 variables independientes: 14 de ellas lineales, 5 de superficie (área) y 9 de volumen. Asumiendo que la forma de las plantas es similar a la forma de diferentes figuras y cuerpos geométricos.

Hechas las mediciones, las plantas se cortaron al raz del suelo y posteriormente se separaron los brotes tiernos del material leñoso, esta separación se realizó considerando como brote tierno a las ramillas (con hojas) más delgadas y succulentas. Estos componentes de la fitomasa aérea se colocaron en bolsas de papel previa identificación para su secado, el cual se efectuó en una estufa de aire forzado a 70° C durante cuatro días.

¹⁴ SSP. 1982. Carta estatal de climas.

¹⁵ CETENAL. 1974. Carta uso del suelo. Gómez Farias G-14-C-53. Coahuila.

El peso seco de estos componentes son las variables dependientes en las relaciones dimensión-peso y se pesó con una aproximación de 0.1 g; las variables fueron: peso seco de brotes, peso seco de ramas y peso seco total de la fitomasa aérea en pié.

El análisis estadístico de las relaciones dimensión-peso consistió en realizar la correlación lineal simple entre las variables dependientes e independientes, utilizando los datos originales y los datos transformados a Log_{10} . Hecho esto, se seleccionaron las variables que mostraron una correlación altamente significativa y se realizó su correspondiente análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados y su respectivo análisis de varianza; utilizando el modelo general de la regresión lineal simple y los modelos curvilíneos (linealizados) más comunes: Lineal (X-Y), Exponencial (X-LogY), Potencial (LogX-LogY) y Logarítmico (LogX-Y) según Hughes *et al.* (1987)¹⁶, Dean *et al.* (1981)¹⁷ y Little y Hills (1987)¹⁸.

Por otra parte cuando para un mismo valor de la variable independiente se observaron dos o más valores de la variable dependiente, se realizó la prueba de falta de ajuste y error puro (Ostle, 1992)¹⁹. Las relaciones dimensión-peso seleccionadas se sometieron al análisis de residuales mediante la prueba de autocorrelación de Durbin-Watson ($P < 0.05$) y las que presentaron autocorrelación de residuales se corrigieron transformando los datos por el método de dos etapas de Durbin (Neter y Wasserman, 1974²⁰ y Salvatore, 1983²¹).

Los criterios para seleccionar el mejor modelo de regresión fueron: Mayor coeficiente de determinación y menor coeficiente de variación. Para seleccionar la mejor ecuación de estimación además de los dos ya citados se consideró la Independencia de residuales y la utilidad práctica de la ecuación (variable independiente de fácil obtención en el campo) según (Woodwell y Whittaker, *op. cit.*; Ludwig *et al.*, *op. cit.* y Neter y Wasserman, *op. cit.*).

¹⁶ Hughes, G. H.; L. W. Varner and L. H. Blankenship. 1987. Estimating shrub production from plant dimension. pp. 367-369.

¹⁷ Dean, J. S.; J. W. Burkhardt and R. O. Meeuwig. 1981. Estimating twig and foliage biomass of sagebrush, bitterbrush, rabbitbrush in Great Basin. pp. 224-227.

¹⁸ Little, M. J. y F. J. Hills. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura.

¹⁹ Ostle, B. 1992. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuando y como aplicarlas.

²⁰ Neter, J. and W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Regression, analysis of variance and experimental designs.

²¹ Salvatore, D. 1983. Econometria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones y Fitomasa de las Plantas

En promedio, las plantas presentaron una altura de 67.6 cm; de ésta, casi el 70.0% presenta la mayor cantidad de follaje (profundidad del dosel). El diámetro promedio de la cobertura aérea fue de 72.8 cm, el área de esta cobertura de 6172.9 cm² y el volumen total de 201.6 dm³; de éste, el 90.6% presenta la mayor cantidad de brotes (Cuadro N° 1).

En este cuadro se observa que el peso seco de los brotes (forraje) representa el 37.6% con un peso promedio de 195.6 g y el resto (62.4%) lo conforma el material de sostén o ramas. En base al análisis de todos los datos, se determinó una relación de 0.84 g de brotes por 1.0 g de ramas; una densidad de brotes de 1.9 g/dm³ y de 4.79 g/dm³ para la densidad total de la fitomasa aérea en pie.

Considerando la alta proporción ocupada por el volumen del dosel, la proporción brotes-ramas y el porcentaje de brotes se puede considerar que estas plantas han estado sujetas a una ligera utilización por ganado doméstico y por ello, sería conveniente iniciar su aprovechamiento en estas áreas.

Esta consideración se basa en lo mencionado por Roundy *et al.* (1987)²², Vora (1988)²³ y Creamer *et al.* (1991)²⁴ dicen que las plantas sujetas a una fuerte utilización presentan copas más pequeñas y compactas, reducen su producción de forraje y en general tienen una mayor cantidad de fitomasa aérea por unidad de volumen con respecto a plantas poco utilizadas; la comparación de estos dos tipos de plantas la realizó Quiñones (*op. cit.*) y Meza (1993)²⁵.

²² Roundy, A. B.; G. B. Ruyle; a: K. Dobrenz; V. Wilson and D. Floyd. 1987. Growth, nutrient and water status of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in relation to livestock grazing. pp. 146-153.

²³ Vora, S. R. 1988. Predicting biomass of five shrub specie in Northeastern California.

²⁴ Creamer W., H. N.; C. L. Wambolt and R. J. Rossi. 1991. Comparision of three groups of variables for predicting big sagebrush forage production. pp. 217-221.

²⁵ Meza S., R. 1993. Uso del análisis dimensional para la estimación de los componentes de fitomasa aérea de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.

DIMENSIONES	MEDIA	RANGO
Altura (cm)	67.6	120.0
Profundidad del dosel (cm)	43.5	71.0
Diámetro de cobertura (cm) ¹	72.8	215.7
Área de cobertura (cm ²) ²	6172.9	43958.7
Área basal (cm ²) ²	77.0	628.0
Volumen total (dm ³) ³	201.6	1912.9
Volumen del dosel (dm ³) ³	170.2	1700.0
MATERIA SECA (g)		
Brotos (hojas + ramitas tiernas)	195.6	1249.5
Ramas	553.2	6620.2
Total (ramas + brotos)	748.8	7871.7

1- Media geométrica de 4 diámetros. 2- Área de un elipse. 3- Volumen de un cono elíptico truncado.

Cuadro 1. Características dimensionales y peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pie de las plantas de *Atriplex canescens*.

Modelos de Regresión

En base al análisis estadístico se seleccionó el diámetro de cobertura, área de cobertura, volumen total y volumen del dosel (Cuadro N° 1) y los resultados del análisis para la selección del mejor modelo de regresión se muestran en el Cuadro N° 2.

De acuerdo a los resultados, el modelo potencial es el que mejor explica las relaciones dimensión-peso en estas plantas; consistentemente se observa que el coeficiente de determinación es más alto y el coeficiente de variación es menor respecto al resto de los modelos. Este modelo presenta buenos resultados cuando existe alta variabilidad en la población de plantas, tanto en sus dimensiones como en el peso de los componentes de la fitomasa, así como cuando esta se encuentra disponible en grandes cantidades (Rutherford, 1979²⁶; Bryant y Kothmann, 1979²⁷ y Sierra, 1990²⁸).

²⁶ Rutherford, M. C. 1979. Plant-based techniques for determining available browse utilization: A review. pp. 203-228.

²⁷ Bryant, C. F. and M. M. Kothmann. 1979. Variability in predicting edible browse from crown volume.

²⁸ Sierra T., J. S. 1990. Análisis productivo forrajero de mariola (*Parthenium incanum* H.B.K.) un enfoque autoecológico.

MODELOS PARA BROTES	R²	C.V.
Lineal	74.7 - 81.6	53.2 - 45.4
Logarítmico	50.1 - 51.9	74.7 - 73.4
Exponencial	43.3 - 74.6	16.5 - 11.0
Potencial	85.8 - 87.6	8.2 - 7.7
MODELOS PARA RAMAS		
Lineal	66.6 - 89.0	97.3 - 55.7
Logarítmico	36.0 - 37.9	134.7 - 132.6
Exponencial	45.0 - 80.8	21.1 - 12.5
Potencial	91.5 - 93.5	8.2 - 7.2
MODELOS PARA PESO TOTAL		
Lineal	72.9 - 92.9	76.4 - 39.0
Logarítmico	41.3 - 43.2	112.5 - 110.7
Exponencial	47.5 - 83.2	16.4 - 9.3
Potencial	93.6 - 95.6	5.7 - 4.7

Cuadro 2. Criterios para la selección de los modelos de regresión en las plantas de *Atriplex canescens*.

Ecuaciones de Estimación

De acuerdo a los resultados que se presentan en el Cuadro N° 3 y con base a los criterios para la selección de la ecuación de estimación, se considera que el diámetro promedio de la cobertura aérea de las plantas de *Atriplex canescens* es la variable independiente que se puede utilizar en la estimación de la fitomasa de las plantas.

Esto obedece a que es la variable que se puede obtener en el campo con mayor facilidad al considerar la media aritmética de los 4 diámetros de cobertura; no obstante tener similares coeficientes de determinación y variación con respecto al resto de las variables independientes.

PESO DE BROTES	R²	C.V.	I.R.
Diámetro promedio	88.16	11.81	D.T.
Área de cobertura	87.12	12.07	D.T.
Vol. total	87.15	11.61	D.T.
Vol. del dosel	88.54	10.29	D.T.
PESO DE RAMAS			
Diámetro promedio	92.95	10.46	D.T.
Área de cobertura	91.49	11.11	D.T.
Vol. total	93.51	8.87	D.T.
Vol. del dosel	92.07	10.97	D.T.
PESO TOTAL			
Diámetro promedio	95.23	4.95	D.N.T.
Área de cobertura	93.51	7.0	D.T.
Vol. total	95.62	4.74	D.N.T.
Vol. del dosel	94.50	5.31	D.N.T.

D.T.- Datos transformados para corregir autocorrelación de residuales.

D.N.T.- Datos que presentaron independencia de residuales (I.R.).

Cuadro 3. Relaciones dimensión-peso de las plantas de *Atriplex canescens* en el modelo potencial.

Conviene mencionar que en el análisis estadístico la falta de ajuste en el modelo fue no significativa, esto descarta la posibilidad de utilizar un modelo de tipo polinomial.

En su forma aritmética la ecuación para estimar el peso seco de brotes (PSB), peso seco de ramas (PSR) y el peso seco total de la fitomasa aérea en pie (PST) utilizando el diámetro promedio (DP) como variable predictora, se presenta de la siguiente manera, con límites para la variable independiente entre los 9.25 a 225.0 cm.

- $PSB = 0.30472(DP)^{1.61135}$
- $PSR = 0.03405(DP)^{2.44254}$
- $PST = 0.03745(DP)^{2.21993}$

El diámetro promedio como variable predictora rinde buenos resultados cuando las plantas presentan un crecimiento lateral mayor al crecimiento en altura (Hughes *et al.*, *op. cit.* y Cavazos, 1987²⁹); de ahí que los valores en el coeficiente de regresión en la ecuación para peso de ramas y total revelan en cierta forma el patrón de crecimiento de estas plantas.

²⁹ Cavazos D., J. R. 1987. *Production in natural populations of oregano Lippia berlandieri in Mexico.*

Según Little y Hills (*op. cit.*) el peso estará en función de una potencia del diámetro entre 2 y 3 cuando el crecimiento lateral es mayor que el de la altura; recomiendan que el uso de estas ecuaciones debe emplearse en plantas cuyas dimensiones se encuentren entre los límites explorados. Por otra parte, es conveniente que estas ecuaciones sean validadas antes de su uso en algún trabajo de inventario.

CONCLUSIONES

Con base a los criterios estadísticos y prácticos que se establecieron en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- Es posible generar ecuaciones para estimar la fitomasa aérea en plantas de *Atriplex canescens*.
- El modelo de regresión potencial es el que mejor explica las relaciones dimensión- peso de las plantas de *A. canescens*.
- El diámetro promedio de la cobertura aérea de las plantas es la mejor variable predictora en la ecuación para estimar el peso seco de brotes, de ramas y de la fitomasa aérea total de las plantas de *A. canescens*.

LITERATURA CITADA

- Antúnez R., D.; E. Castellanos P.; R. Almeida M. y M. Valencia C. 1991. Predicción de la biomasa aérea del chamizo en la época de sequía en el noreste de Durango. *Rev. Manejo de Pastizales*. México. 4(3):1-5.
- Berlanga R., C. A.; L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Folleto Tec. N°1. C.E. La Saucedá. Saltillo, INIFAP, SAGAR. Coahuila. 22 p.
- Bryant, C. F. and M. M. Kothmann. 1979. Variability in predicting edible browse from crown volume. *J. Range Manage.* 32(2):144-146. USA.

- Cavazos D., J.R. 1987. Production in natural populations of oregano *Lippia berlandieri* in Mexico. Thesis M.Sc. Arizona State University, USA.
- CETENAL. 1974. Carta uso del suelo. Gómez Farías G-14-C-53. Coahuila. Escala 1:50000.
- Creamer W., H. N.; C. L. Wambolt and R. J. Rossi. 1991. Comparison of three groups of variables for predicting big sagebrush forage production. *In: Gen. Tech. Rep. INT-289*, USDA Forest Service. p:217-221.
- Dean, J. S.; J. W. Burkhardt and R. O. Meeuwig. 1981. Estimating twig and foliage biomass of sagebrush, bitterbrush and rabbitbrush in Great Basin. *J. Range Manage.* 34(3):224-227.
- Günther, B. 1975. Dimensional analysis and theory of biological similarity. *Physiol. Rev.* 55(4):659-699. USA.
- Gutiérrez R., E. y J. S. Sierra T. 1992. Modelos de regresión para estimar producción de forraje en cinco arbustos del desierto Chihuahuense. En: Resúmenes. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. INIFAP, SARH. Chihuahua, México. p 394.
- Hughes, G. H.; L. W. Varner and L. H. Blankenship. 1987. Estimating shrub production from plant dimension. *J. Range Manage.* 40(4):367-369. USA.
- Little, M. J. y F. J. Hills. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. México. 270 p.
- Ludwig, A. J.; J. F. Reynolds and P. D. Whitson. 1975. Size-biomass relationships of several Chihuahuan Desert shrubs. *Am. Midl. Nat.* 94(2):451-461. USA.
- Meza S., R. 1993. Uso del análisis dimensional para la estimación de los componentes de la fitomasa aérea de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Tesis. M.C. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 80 p.
- Neter, J. and W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Regresion, analysis of variance and experimental designs. Richard D. Irwin. USA. 842 p.
- Ohmann, F. L.; D. F. Grigal and R. B. Brander. 1976. Biomass estimation for five shrubs from Northeastern of Minesota. USDA Forest Service. Research Paper NC-133. 11 p.

- Ostle, B. 1992. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuándo y dónde aplicarlas. Ed. LIMUSA. México. 629 p.
- Peterson, L. J.; D. N. Uercket; R. L. Potter and J. E. Huston. 1987. Ecotypic variation in selected fourwing saltbush populations in Western Texas. *J. Range Manage.* 40(4):361-366.
- Quiñones V., J. J. 1987. Evaluación indirecta de la biomasa de *Atriplex canescens* en el noreste del estado de Durango. Tesis M.C. UACH. Chihuahua, México. 96 p.
- Roundy, A. B.; G. B. Ruyle; A. K. Dobrenz; V. Wilson and D. Floyd. 1987. Growth, nutrient and water status of jojoba (*Simmondsia chinensis*) in relation to livestock grazing. In: Gen. Tech. Rep. INT-222. USDA, Forest Service. pp. 146-153.
- Rutherford, M. C. 1979. Plant-based techniques for determining available browse utilization: A review. *Bot. Rev.* 45(2):203-228. USA.
- Saénz R., J. T. y E. E. Villavicencio G. 1993. Guía para la evaluación de orégano en el estado de Coahuila. Folleto Tec. N° 6. C.E. La Sauceda. Saltillo, INIFAP. SARH. Coahuila. 16 p.
- Salvatore, D. 1983. Econometría. Serie de compendios Schawm. McGraw-Hill. México. 201 p.
- SPP. 1982. Carta estatal de climas. Coahuila. Coordinación Gral. de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Escala 1:1000000.
- Sierra T., J. S. 1990. Análisis productivo forrajero de mariola (*Parthenium incanum* H.B.K.) un enfoque autoecológico. Tesis M.C. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. México. 158 p.
- Uresk, W. D.; R. O. Gilbert and W. H. Rickard. 1977. Sampling big sagebrush for phytomass. *J. Range Manage.* 30(4):311-314.
- Valencia C., M.; J. Gastó C. y R. Nava C. 1981. Época y frecuencia de utilización de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Monog. Tec. Cient. Vol.7 No.1. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 67 p.
- Vora, S. R. 1988. Predicting biomass of five shrub species in Northeastern California. *J. Range Manage.* 41(1):63-65.

Woodwell, G. M. and R. H. Whittaker. 1968. Primary production in terrestrial ecosystem. *Am. Zool.* 8:19-30. USA.