

**EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DIMENSIONAL PARA ESTIMAR  
BIOMASA FORRAJERA Y UTILIZACIÓN DE DAMIANA (*Turnera  
diffusa* Wild.) POR BOVINOS EN BAJA CALIFORNIA  
SUR, MÉXICO**

Eduardo Aizpuru García  
Salvador Fuentes Rodríguez  
Luis Lauro de León González  
Juan Ricardo Reynaga Valdés

Departamento de Recursos Naturales Renovables  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el método de análisis dimensional para estimar la biomasa de la damiana (*Turnera diffusa* Wild.), y su utilización por bovinos en un rancho ganadero de Baja California Sur. Se utilizaron un total de 7 variables independientes (medidas dimensionales para predecir 4 variables dependientes (biomasa), evaluando los modelos lineal ( $Y = a + bX$ ), multiplicativo ( $Y = aX^b$ ), exponencial ( $Y = \exp(a + bX)$ ), y logarítmico ( $Y = a + b \ln X$ ). Los resultados del análisis de regresión simple, muestran que el modelo con mejor ajuste para la estimación de la biomasa en el área sin uso, fue el multiplicativo, siendo para BT y Bh, las variables asociadas, el DCM con  $r^2$  de 0.5346 y 0.5330, y CAM con 0.3907 y 0.3923, con valores de FEE de 0.46; mientras que para la Br y Bt, asociado con las variables DBM y CBM con  $r^2$  de 0.4357; 0.4357 y 0.5165; 0.5562, respectivamente, y con valores de FEE de 0.53. Para el área con apacentamiento, el mejor modelo fue el logarítmico, con las mismas variables, aunque con menores coeficientes de determinación. La variable altura, resultó ser la peor variable predictora para todos los modelos.

Por la que respecta al análisis de regresión múltiple, éste muestra mejoras importantes en términos de coeficientes de determinación, y FEE que la regresión simple. Los modelos que resultaron tener mejor ajuste para todas las biomásas (BT, Br, Bt y Bh), tanto en el área sin, y con apacentamiento, fueron el multiplicativo y exponencial, con coeficientes de determinación de 0.9935, 0.9648; 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546; 0.9650, 0.8114, respectivamente; y valores de FEE que van de 0.00 a

0.14, asociando combinaciones de variables: DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen. En general con la eliminación del intercepto a la línea de ecuación, se obtuvieron mejores coeficientes de determinación.

Los resultados de utilización en términos de las variables dependientes evaluadas, muestran que en promedio la BT de la planta fue utilizada en 32.78 %, mientras que con respecto a Bt, Br y Bh, la utilización fue de 32.08, 11.82 y 60.49 %. En cuanto a las variables independientes, la utilización en base a altura, fue de 45.70 %, mientras que con respecto a DBM, DCM, CBM y CAM, la utilización experimentó valores de 7.50, 37.42, 15.80 y 58.32 %. La utilización en base a área y volumen, presentaron los mayores valores con 61.78 y 73.63 %.

Se concluye, que el análisis dimensional, permitió estimar la biomasa y utilización de la damiana, a partir de medidas dimensionales de manera rápida y confiable, con el uso de modelos múltiples multiplicativos y exponenciales, antes que modelos simples. Finalmente, en aquellas áreas donde las condiciones para determinar producción y utilización imponen limitantes para el uso de otras metodologías tradicionales, es posible utilizar el Método de Análisis Dimensional con buenos resultados, sobre todo en comunidades de arbustivas, que presentan características similares a la especie evaluada en este estudio.

**Palabras clave:** análisis dimensional, análisis de regresión, análisis de correlación, estimación de biomasa, utilización, *Turnera diffusa* Wild., matorral arborescente

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the Dimensional Analysis Method to estimate biomass production of the damiana (*Turnera diffusa* Wild.) and its utilization by cattle in Baja California Sur, Mexico. Seven independent variables (dimensional measures) were used to predict 4 dependent variables (biomass evaluating the linear models ( $Y = a + bX_j$ ), multiplicative ( $Y = aX^b$ ), exponential ( $Y = \exp(a + bX)$ ) and logarithmic ( $Y = a + b \ln X$ ). The results of the Simple Regression Analysis show that the model with better adjustment for the estimate of biomass in the area with no use was the multiplicative, being for BT and Bh the associated variables the DCM with  $r^2$  of 0.5346 and 0.5330 and CAM with 0.3907 and 0.3923 with values of  $EEE$  of 0.46; while for the Br and Bt associated with the variable DBM and CBM with  $r^2$  of 0.4357; 0.4357 and 0.5165; 0.5562 respectively and with values for  $EEE$  of 0.53. For the grazing area the best model was the logarithmic one with the same variable, though with smaller coefficients of determination. The variable height turned out to be the worst predictor variable for all the models. Therefore the Multiple Regression Analysis showed more important improvements in terms of coefficient determination and  $EEE$  than the Simple Regression Model. The models showing a better adjustment for all biomass (BT, Br, Bt and Bh both in the area without and with grazing) were the multiplicative and exponential ones, with coefficients of determination of 0.9935, 0.9648, 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546, 0.9650, 0.8114, respectively; and values of  $EEE$  that go from 0.00 to 0.14 for associating variable combinations: DBM, DCM, CBM, CAM, Area and Volume. Generally, with the elimination of the

intercept to the equation line, were obtained better coefficients of determination. The utilization results in terms of the evaluated dependent variables show that, in average, the BT of the plant was used in 32.78 % while with respect to Bt Br and Bh the utilization was of 32.08. 11.82 and 60.49 %. Concerning the independent variables the utilization in base to height was of 45.70 % while with respect to DBM, DCM. CBM and CAM the utilization experienced values of 7.50, 37.42, 15.80 and 58.32 %. The utilization in base to Area and Volume presented the greater values with 61.78 and 73.63 %.

It may be concluded that the Dimensional Analysis permitted to estimate biomass and utilization of the damiana from dimensional measures in a fast and reliable way with the use of multiplicative and exponential multiple models better than from simple models. Finally, in those areas where the conditions to determine production and utilization impose limitations for the use of other traditional methodologies, it is possible to use the Dimensional Analysis Method with good results, namely in communities of shrubs that present characteristics similar to those evaluated in this study.

**Key Words:** dimensional analysis, regression analysis, correlation analysis, biomass estimation, usage, *Turnera diffusa* Wild., arborescent scrub

## INTRODUCCIÓN

En muchos ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, la disponibilidad de forraje está fuertemente limitada por condiciones climáticas y edáficas, que ocasionan que la

alimentación del ganado, tanto para el ganado doméstico, como para el silvestre, se base principalmente en el ramoneo de plantas arbustivas (Rutherford, 1979 y Adams *et al.*, 1985). Sin embargo, existe poca información sobre los niveles de producción y utilización que dichas arbustivas pueden soportar, razón por la cuál es importante su cuantificación (Clerc *et al.*, 1987). Los enfoques de estudio que se han utilizado son diversos, sobresaliendo aquellos no destructivos, y que ocupen poco tiempo, tal como el análisis dimensional, el cual establece una relación entre medidas de la planta fácilmente obtenibles, y su biomasa (Azócar *et al.*, 1981; Ludwig *et al.* 1975).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el Método de Análisis Dimensional, para estimar la biomasa de la damiana, y su utilización por bovinos, en un rancho ganadero de Baja California Sur, México, bajo condiciones extensivas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en un área representativa del matorral arborescente, y excluida del apacentamiento por bovinos, utilizando una muestra de 56 arbustos, aleatoriamente seleccionados, mediante un muestreo sistemático. Cada planta seleccionada fue caracterizada, midiéndoles la altura, diámetro basal medio (DOM), diámetro de copa medio (DCM), cobertura basal media (CBM), cobertura de copa media (CCM), área y volumen, siendo utilizadas como variables independientes (Uresk *et al.*, 1977; Azócar *et al.*, 1981; Clerc *et al.*, 1987; Rittenhouse y Sneva, 1977). Las variables dependientes evaluadas fueron:

biomasa radicular (Br), de tallo (Bt), de hoja (Bh), y total (Bt). Posteriormente, otra muestra de 56 plantas fue seleccionada en la misma área, las cuales fueron localizadas, identificadas y caracterizadas, de la misma manera indicada anteriormente. El área con apacentamiento, recibió una carga animal de 1.2 unidades animales por hectárea durante un mes, con el fin de determinar la utilización del arbusto. Al final del apacentamiento, solamente 42 plantas de las previamente marcadas, fue posible relocalizarlas, mismas que se volvieron a medir, para finalmente ser cosechadas, y determinar así los valores de las variables en estudio (Ludwig *et al.*, 1975; Azócar *et al.*, 1981).

Los modelos de predicción de la biomasa evaluados fueron: lineal ( $Y = a + bX$ ), multiplicativo ( $Y = aX^b$ ), exponencial ( $Y = \exp(a + bX)$ ), y logarítmico ( $Y = a + b \ln X$ ), como los utilizaron Murray y Jacobson, 1982; Ludwig *et al.*, 1975; Clerc *et al.*, 1987; Azócar *et al.*, 1981. Se llevaron a cabo análisis de correlación, análisis de regresión simple y múltiple (Edwards, 1976 y Draper y Smith, 1966), y comparaciones de medias de cada variable, con la finalidad de determinar la combinación de variables y modelos que mejor estimen la biomasa, y su aplicación, para determinar utilización, de acuerdo a la fórmula propuesta por Ferguson y Marsden (1977). Los criterios utilizados para seleccionar el mejor modelo fueron; el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), y el error estándar de la estimación (EEE). El paquete de aplicación estadístico Stat Graphics fue utilizado para realizar los cálculos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), en mediciones pre y post-apacentamiento, sobre las variables en estudio, presentando amplios rangos en sus valores, indicando una alta variabilidad en el arbusto, con excepción de las variables Br, DBM y CBM. Valores en estos rangos fueron reportados por Cavazos (1987) en orégano, y Ludwig *et al.* (1975) en arbustos de talla pequeña, como *Ephedra torreyana*, *Xanthocephalum sarothrae* y *Zinnia acerosa*, similares en tamaño y forma a la damiana. Tanto en el área con y sin apacentamiento, el más alto valor de correlación se encontró entre las variables BT y Bt (0.87 y 0.99), sin embargo, para las demás variables, el uso ocasionó un efecto negativo; mientras que en variables independientes, los más altos valores fueron encontrados entre aquellas que definen la parte aérea del arbusto (DBM, CBM, DCM, CAM, área y volumen), con valores de 0.92 a 0.98, teniendo la utilización un impacto positivo. Por lo que respecta a la correlación entre variables dependientes e independientes en el área sin utilización, menores valores fueron encontrados (0.60 y 0.57), mientras que con uso, se obtuvo una reducción en sus valores y aun negativos (-0.33 y -0.27). Estos resultados indican, que el uso ejerce un efecto negativo en el grado de relación de las variables dependientes, y dependientes-independientes, pero positivo, para las variables independientes. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Azócar *et al.* (1981), quien encontró coeficientes de correlación altos, de 0.91, 0.91 y 0.90, cuando relacionaba la Bt, Bh y BT, con la altura por perímetro en un área sin utilización.

Los resultados del análisis de regresión simple muestran que el modelo con mejor



ajuste para la estimación de la BT y Bh en el área sin uso, fue el multiplicativo ( $Y = aX^b$ ), asociado con las variables DCM y CAM, con valores de  $r^2$  de 0.5346; 0.5330 y 0.3907; 0.3923, respectivamente, y con los mas bajos valores de EEE (0.46). Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Ludwig *et al.* (1975), quienes encontraron que en general las relaciones para volumen, tienden a ser lineales, mientras que para el área, tienden a ser curvilíneos. Por su parte, Rittenhouse y Sneva (1977), encontraron que el mejor modelo fue el multiplicativo (0.90) cuando se utilizó con medidas de diámetro, para estimar biomasa de hoja en *Artemisia tridentata* var. *wyomingensis*. Por lo que respecta al área con apacentamiento, el modelo con mejor desempeño fue el logarítmico, con las mismas variables que el modelo anterior, aunque con menor coeficiente de determinación para BT (0.0849 y 0.0849), y Bh (0.0282 y 0.0308). El análisis de varianza para cada uno de los modelos, fueron significativos al 95 % de nivel de confianza. La altura resultó ser la peor variable para estimar BT y Bh en todos los modelos evaluados, tanto en el área sin y con apacentamiento, similar a lo que encontró Cavazos (1987).

Algo similar como en el caso con las variables anteriores, el modelo multiplicativo ( $Y = ax^b$ ), fue el que presentó mejores coeficientes de determinación, para la estimación de Br y Bt en el área sin uso, pero asociado con DBM y CBM; es decir, variables que definen la parte basal del arbusto, con  $r^2$  de 0.4357; 0.4357 y 0.5165, 0.5562, respectivamente; aunque en la predicción de la Bt, al utilizar variables que definen la parte aérea del arbusto, tales como DCM, CAM, área y volumen, los  $r^2$  presentaron similares coeficientes de determinación. De igual forma, valores de EEE mas bajos fueron encontrados (0.53), similares a los encontrados por Rittenhouse y Sneva (1977) en *Artemisia tridentata*,

utilizando variables como: diámetros, altura y área (0.86), con el modelo multiplicativo. Los mayores coeficientes de determinación obtenidos en el área usada con apacentamiento, fueron para el modelo logarítmico, con las variables DBM y CBM en ambas variables. La variable altura, resultó ser la peor variable predictora, para todos los modelos cuando se evaluó en el área sin y con uso, que con el resto de las variables evaluadas. En las 2 áreas, el análisis de varianza de los modelos resultó significativo ( $P < 0.05$ ).

Por lo que respecta al análisis de regresión múltiple, éste muestra mejoras importantes en términos de coeficientes de determinación y EEE, que la regresión simple. Los modelos que resultaron tener mejor ajuste para todas las biomásas (BT, Br, Bt y Bh), tanto en el área sin y con apacentamiento, fueron el multiplicativo y exponencial, con valores en  $r^2$  de 0.9935, 0.9648; 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546; 0.9650, 0.8114, respectivamente, y valores de EEE, que van de 0.00 a 0.14 modelos asociados, con diferentes combinaciones de las variables analizadas: DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen. En general, con la eliminación del intercepto a la línea de ecuación, se obtuvieron mejores coeficientes de determinación. Resultados similares a los obtenidos en este trabajo, fueron reportados por Rittenhouse y Sneva (1977) en *Artemisia tridentata*, cuando asociaron en modelos multiplicativos variables como las usadas aquí.

Por último, los resultados de utilización en términos de las variables dependientes evaluadas, muestran que en promedio la BT de la planta fue utilizada en 32.78 %, mientras que con respecto a Bt, Br y Bh, la utilización fue de 32.08. 11.82 y 60.49 %. En cuanto a las variables independientes la utilización en base a altura fue de 45.70 %, mientras que con respecto a DBM. DCM, CBM y CAM, la utilización experimentó valores de 7.50.

37.42. 15.80 y 58.32 %. La utilización en base a área y volumen, presentaron los mayores valores con 61.78 y 73.0 %. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores para especies arbustivas similares a los evaluados en este estudio.

## CONCLUSIONES

Se concluye que el análisis dimensional permitió estimar la biomasa y utilización de la damiana a partir de medidas dimensionales, de manera rápida y confiable (coeficientes de determinación y  $R^2$ ), utilizando variables tales como DBM y DCM, para predecir la BT y Bt; DCM, DCM, área y volumen para la Bh; y DBM y CBM para la Br, con el uso de modelos múltiples multiplicativos y exponenciales, antes que modelos simples. Finalmente, en aquellas áreas donde las condiciones para determinar producción y utilización, imponen limitantes para el uso de otras metodologías tradicionales, es posible utilizar el Método de Análisis Dimensional con buenos resultados, sobre todo, en comunidades de arbustivas, que presentan características similares a la especie evaluada en este estudio.

## LITERATURA CITADA

Adams, R.R.; C. Duane S. y R.A. Dávalos A. 1985. Compendio de las actividades pecuarias en el estado de Baja California Sur. Tesis Licenciatura. UABCS. Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias. Depto. de Zootecnia. La Paz,

BCS. 157 p.

- Azócar. P.C.; A. Mancilla M. y H. Silva R. 1981. Método de estimación de la fitomasa útil de *Atriplex repanda*. Phil. Universidad de Chile. Coquimbo. Chile. Avances en Producción Animal. 6(1):21-28.
- Cavazos, D.J.R. 1987. Modelo para predecir producción de orégano (*Lippia berlandieri*) en poblaciones naturales en Jalisco, México. En: Reunión sobre Estrategias de Clasificación y Manejo de Vegetación Silvestre para la Producción de Alimentos en Zonas Áridas. University of Arizona, Tucson, Az. 1 2-16 oct. 1 1987. p. 39-44.
- Clerc, R.V.; P. azocar C. y J. Díaz 5. 1987. Relación entre parámetros alométricos y fitomasa forrajera de incienso (*Flourensia thurifera*, Mol.) D.C. Universidad de Chile. Coquimbo. Chile. Avances en Producción Animal. 12(1-2):27-33.
- Draper. N.R. and H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New. York. U.S.A.
- Edwards, A.L. 1976. An Introduction to linear regression and correlation. W. H. Freeman and Company. San Francisco. U.S.A. p.p. 213.
- Ferguson. R.B. and M.A. Marsden. 1977. Estimating overwinter bitterbrush utilization from twig diameter-length-weight relations. J. of Range Management. 30(3):231 - 236. U.S.A.
- Ludwig. J.A.; J.F. Reynolds and P.D. Whitson. 1975. Size-biomass relationships of several Chihuahuan Desert Shrubs. Am. Midl. Nat. 91:451-461.
- Murray, R.B. and M.Q. Jacobson. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrubs biomass. J. of Range Management. 35(4):151-151. U.S.A.
- Rittenhouse, L.R. and F.A. Sneva. 1977. A technique for estimating big sagebrush production. J. of Range Management 30(1):68-70. U.S.A.

Rutherford, M.C. 1979. Plant-based techniques for determining available browse and browse utilization: A Review. *The Botanical Review*. 45(2):203-228. U.S.A.

Uresk. D.W., R.O. Gilbert and W.H. Rickard. 1977. Sampling big sagebrush for phytomass J. of Range Management. 30(4):311-314. U.S.A.