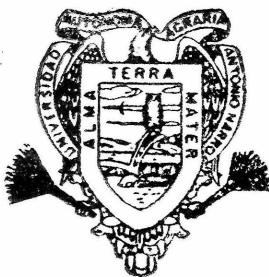


USO DEL ANALISIS DIMENSIONAL PARA LA  
ESTIMACION DE LOS COMPONENTES  
DE LA FITOMASA AEREA DE  
Atriplex canescens (Pursh) Nutt.

RIGOBERTO MEZA SANCHEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN MANEJO DE PASTIZALES




**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**  
PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
OCTUBRE DE 1993

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular  
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar  
al grado de

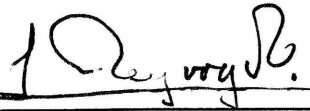
MAESTRO EN CIENCIAS EN  
MANEJO DE PASTIZALES

COMITE PARTICULAR


Asesor principal:

  
M.C. Luis Pérez Romero

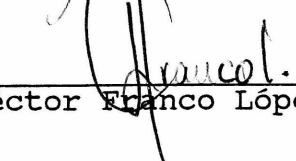
Asesor:

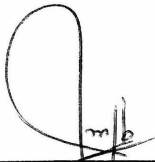
  
M.Sc. Juan Ricardo Reynaga Valdés

Asesor:

  
M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez

Asesor:

  
M.C. Héctor Franco López

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Postgrado

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre 1993.



## AGRADECIMIENTOS

A los miembros del comité particular de asesoría por su participación en el presente trabajo.

A mis compañeros Macario Balderas M. y E. Enrique Sosa R. por su amistad y colaboración.

A mi hermano Miguel Angel Meza C. por su valiosa ayuda.

A mis maestros, por los conocimientos adquiridos.

Al personal administrativo, por su apoyo.

A mis compañeros de postgrado.

## DEDICATORIA

Con amor a....

Mi esposa: Matty

Mis hijas: Sandra Fidelia y Alejandra

Mis padres: Fidelia (+) y Rodrigo

Toda mi familia

COMPENDIO

Uso del análisis dimensional para la estimación de los componentes de la fitomasa aérea de Atriplex canescens (Pursh) Nutt.

POR

Rigoberto Meza Sánchez

MAESTRIA

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE 1993.

M.C. Luis Pérez Romero - Asesor

Palabras clave: Análisis dimensional, componentes de la fitomasa aérea, ecuaciones de estimación, Atriplex canescens, plantas utilizadas y sin utilizar.

En el presente estudio se utilizó el análisis dimensional con el propósito de generar ecuaciones generales para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pié en plantas de Atriplex canescens sujetas a diferentes grados de utilización en dos sitios localizados a 85 km por la carretera Saltillo-Zacatecas.

En base al mayor coeficiente de determinación, menor coeficiente de variación e independencia de residuales; se obtuvieron ecuaciones generales para los componentes brotes (Y3) y ramas (Y4) así como para la fitomasa aérea total (Y5); utilizando como variables independientes el volumen del dosel (X32), el diámetro promedio (X12) y el volumen total (X31) de las plantas respectivamente, bajo un modelo potencial de la forma  $Y = aX^b + E_i$ ; los coeficientes de determinación fueron mayores al 90.0 por ciento y los coeficientes de variación menores al 12.0 por ciento.

ABSTRACT

Use of dimensional analysis for estimation of the components of aerial phytomass of Atriplex canescens (Pursh) Nutt.

By

Rigoberto Meza Sánchez

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBER 1993.

Luis Pérez Romero M.C. - Advisor

Key words: Dimensional analysis, components of aerial phytomass, equations of estimation, Atriplex canescens, plants utilized and not utilized.

The objective of the study was, use the dimensional analysis, to generate general equations for estimation of the

dry weight of the components of standing crop aerial of Atriplex canescens plants with different grades of utilization on two sites located at 85 km in public road Saltillo-Zacatecas.

Based in the major coefficient of determination, minor coefficient of variation and independence of residuals, general equations are obtained for twigs (Y3), wood branches (Y4) and total aerial phytomass (Y5) with the independent variables canopy volume, average diameter and total volume with potential model of the form  $Y=aX^{b+Ei}$ , the coefficient of determination were higher than 90.0 percent and coefficient of variation lower than 12.0 percent.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
-ATRIBUTOS DE LA ESPECIE.....	3
-ANALISIS DIMENSIONAL.....	5
-TEORIA Y DESCRIPCION DE LA TECNICA..	5
-UTILIDAD Y VENTAJAS.....	7
-VARIABLES CONSIDERADAS Y SELECCION DEL MODELO.....	9
-APLICACION DEL ANALISIS DIMENSIONAL.	12
MATERIALES Y METODOS.....	18
-LOCALIZACION.....	18
-CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO.....	18
-METODOS.....	19
-ANALISIS ESTADISTICO.....	25
RESULTADOS.....	31
-DIMENSIONES DE LAS PLANTAS.....	31
-MATERIA SECA DE LAS PLANTAS.....	34
-MODELOS DE REGRESION.....	38
-ECUACIONES DE ESTIMACION.....	39
DISCUSION.....	53
-DIMENSIONES DE LAS PLANTAS.....	53
-MATERIA SECA DE LAS PLANTAS.....	54

-MODELOS DE REGRESION.....	56
-ECUACIONES DE ESTIMACION.....	58
CONCLUSIONES.....	63
RESUMEN.....	64
LITERATURA CITADA.....	66
APENDICES.....	72
-APENDICE A.....	73
-APENDICE B.....	75



## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 4.1 Medias de las diferentes dimensiones de las plantas de <u>Atriplex canescens</u> .....	32
Cuadro 4.2 Peso seco (g) total y de los componentes de la fitomasa aérea en pié de las plantas de <u>Atriplex canescens</u> .....	35
Cuadro 4.3 Relaciones dimensión-peso de <u>Atriplex canescens</u> en el modelo potencial.....	40
Cuadro 4.4 Relaciones dimensión-peso corregidas por el método de dos etapas de Durbin.....	42
Cuadro 4.5 Uso de la variable indicadora utilización en las relaciones dimensión-peso del modelo potencial.....	45
Cuadro 4.6 Ecuaciones linearizadas para la estimación de la fitomasa aérea en pié de plantas de <u>Atriplex canescens</u> .....	46
Cuadro A.1 Porcentaje respecto al total de las variables dependientes e independientes de <u>Atriplex canescens</u> y relaciones intra e intervariables.....	74
Cuadro B.1 Modelos de regresión para el componente hojas de las plantas sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	76
Cuadro B.2 Modelos de regresión para el componente hojas de las plantas utilizadas de <u>Atriplex canescens</u> .....	76
Cuadro B.3 Modelos de regresión para el componente ramillas tiernas de las plantas sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	77
Cuadro B.4 Modelos de regresión para el componente ramillas tiernas de las plantas utilizadas de <u>Atriplex canescens</u> .....	77
Cuadro B.5 Modelos de regresión para el componente brotes de las plantas sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	78

Cuadro B.6	Modelos de regresión para el componente brotes de las plantas utilizadas de <u>Atriplex canescens</u> .....	78
Cuadro B.7	Modelos de regresión para el componente ramas de las plantas sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	79
Cuadro B.8	Modelos de regresión para el componente ramas de las plantas utilizadas de <u>Atriplex canescens</u> .....	79
Cuadro B.9	Modelos de regresión para el peso seco total de las plantas sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	80
Cuadro B.10	Modelos de regresión para el peso seco total de las plantas utilizadas de <u>Atriplex canescens</u> .....	80

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 3.1 Representación esquemática de la medición de las dimensiones de <u>Atriplex canescens</u> ..	20
Figura 4.1 Altura y profundidad del dosel de las plantas utilizadas y sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	33
Figura 4.2 Diámetro y perímetro de la cobertura aérea de las plantas utilizadas y sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	33
Figura 4.3 Cobertura aérea y basal de las plantas utilizadas y sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	33
Figura 4.4 Volumen total y del dosel de las plantas utilizadas y sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	33
Figura 4.5 Peso seco de la fitomasa aérea en pié de las plantas utilizadas y sin utilizar de <u>Atriplex canescens</u> .....	36
Figura 4.6 Representación gráfica de las relaciones dimensión-peso en las plantas de <u>Atriplex canescens</u> .....	48

## INTRODUCCION

El Atriplex canescens o costilla de vaca, es una especie de amplia distribución, se considera excelente para la conservación de suelo y agua, así como para la producción de forraje de buena calidad; debido a que es un especie capaz de producir y retener durante todo el año, una gran cantidad de su tejido foliar con un alto contenido protéico; siendo así, una fuente importante de forraje y proteína para la mayoría de las especies animales (Valencia et al., 1981).

Una de las principales limitantes para el aprovechamiento racional y eficiente de esta especie, es la escasa información que se tiene de su potencial productivo en las áreas del pastizal. Para este propósito se puede utilizar un método económico, práctico, preciso y no destructivo, que relaciona las dimensiones de la planta de fácil medición y la fitomasa de los arbustos mediante el uso de modelos de regresión y se conoce como análisis dimensional (Ludwig et al., 1975 y Uresk et al., 1977).

Este método ha sido utilizado para estimar la fitomasa aérea en pié de una gran diversidad de plantas. Sin embargo, cuando estas plantas están sujetas a diferentes grados de utilización, presentan alteraciones morfológicas; las cuales pueden afectar las relaciones entre las

dimensiones de las plantas y su peso (Creamer et al., 1991). Por ello, es necesario caracterizar la forma de las plantas de acuerdo a las dimensiones de longitud, área y/o volumen de mayor relación con el peso total de la fitomasa aérea en pié y sus diferentes componentes en las plantas de Atriplex canescens con diferentes grados de utilización.

Por lo ya mencionado, el objetivo e hipótesis del presente estudio son:

1.- Generar ecuaciones de estimación generales y precisas, para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pié de A. canescens, con diferentes grados de utilización mediante el uso del análisis dimensional.

Ho: Mediante el uso del análisis dimensional, no es posible generar ecuaciones de estimación generales y precisas para la estimación del peso seco de los componentes de la fitomasa aérea de las plantas de A. canescens.

## REVISION DE LITERATURA

### Atributos de la Especie

El Atriplex canescens (A. canescens) se distribuye de México a Canadá; en el Norte de México es una planta deseable en el pastizal halófito, pastizal halófito arbosufrutescente, matorral micrófilo crasicaulo subinermes y matorral arborescente (Martínez y Villanueva, 1985).

La producción de su fitomasa aérea anual es buena y su producción de forraje varía de 550 a 2298 kg/ha/año (Quijano, 1984). En la región de San Tiburcio en el Estado de Zacatecas, se determinó una producción promedio de 2696 kg/ha en una densidad de 3716 individuos/ha (Gutiérrez et al., 1981); en el Campo Experimental Noria de Guadalupe localizado en esta región (Valencia et al., 1981) determinaron que en esta especie la mayor proporción del tejido foliar (40 a 60 por ciento) se deposita en los horizontes superiores de la planta y el tejido estructural de sostén o ramas (80 por ciento) se encuentra en el horizonte inferior.

Es apetecible para vacas, cabras, ovejas y para algunas especies silvestres; tiene en promedio de 10 a 20 por ciento de proteína cruda en las partes consumibles por el animal, siendo comparable con la alfalfa (Quijano, 1984). En

el Norte del Estado de Zacatecas, se determinó que no existe variación estacional en los niveles de proteína cruda en cuanto a la época de su utilización (Ortíz, 1988). De igual forma la época y frecuencia de pastoreo con cabras en esta área, no afectó significativamente el contenido de proteína cruda y proteína cruda digestible (Martínez, 1984). La digestibilidad in vitro de la materia seca de la planta es de alrededor de 81 por ciento (Tapia y García, 1981).

La importancia del A. canescens en la dieta de los animales, radica en su alto grado de consumo en la época de escasa precipitación. En una área resebrada con gramíneas en el pastizal halófito arbosufrutescente en Ocampo, Coah. una de las especies más consumidas fue el A. canescens en proporciones que van de 27.12 por ciento a 98.37 por ciento respecto a las demás especies arbustivas en los diferentes periodos de evaluación (Ruíz, 1981) y en el matorral desértico micrófilo su consumo varió, de 4.54 por ciento a 43.82 por ciento con relación a las demás especies arbustivas en los diferentes periodos de evaluación (Vázquez, 1981). Estos dos trabajos indican que la especie tiene un alto grado de consumo por caprinos en la época de primavera. En el Noreste de Zacatecas, se observó una mayor utilización del tejido foliar producido por esta especie, en las épocas de verano y otoño (92 y 74 por ciento de lo ofrecido respectivamente). Se menciona además, que la productividad

total de A. canescens es menor cuando es utilizada frecuentemente por cabras, que cuando es sometida a una sola cosecha al término de la época de crecimiento. Por ello, la relación entre la frecuencia de ramoneo y la producción de tejido foliar y de sostén es inversa (Valencia et al. , 1981).

## Análisis Dimensional

### Teoría y Descripción de la Técnica

Independientemente de su tamaño, las estructuras y funciones de los organismos vivos pueden ser estudiadas por medio de métodos físicos básicos, tales como el análisis dimensional y las teorías de similaridad . La teoría de modelos, ampliamente utilizada en la física y tecnología, se puede aplicar exitosamente en la biología al obtener soluciones numéricas para cualquier función biológica definida en los términos del sistema tridimensional de masa, longitud y tiempo (Günther, 1975). Este autor, respecto a la similaridad geométrica, menciona que dos sistemas son geoméricamente similares cuando las partes del modelo tienen la misma forma que las de un prototipo. Sin embargo, en la biología la similaridad geométrica exacta entre el prototipo y el modelo no se observa con frecuencia; por lo tanto, la similaridad geométrica se puede caracterizar por la



constancia en las dimensiones de longitud, área y volumen. De esta manera, el análisis dimensional y los criterios de similitud constituyen un valioso procedimiento para la estimación de múltiples parámetros morfológicos y fisiológicos de los organismos.

Por otra parte, los estudios de crecimiento en plantas se realizan bajo dos situaciones diferentes. Una es cuando la relación entre dos partes se estudia sobre un periodo de tiempo; a esta se le conoce como alometría de crecimiento. En este caso, la medición de las partes sobre la misma planta se realiza en diferentes edades sobre un periodo de tiempo durante su crecimiento. La otra situación, es cuando las mediciones de las partes bajo estudio se realizan para cada planta incluida en la muestra en un tiempo dado y en algún estado de crecimiento específico; generalmente, los individuos de la muestra son de diferente edad y tamaño. A esta relación se le conoce como alometría de tamaño y se considera mucho más fácil de estudiar que la alometría de crecimiento (Singh, 1975).

En este caso, la técnica del análisis dimensional se basa en medidas de fácil obtención de las dimensiones de las plantas o de sus partes y su relación con la fitomasa de los individuos mediante ecuaciones de regresión. Tales ecuaciones son utilizadas posteriormente para estimar la fitomasa de las

plantas; ya sea total o de alguna de sus partes (Woodwell y Whittaker, 1968 y Ohmann et al., 1976).

### Utilidad y Ventajas

En el estudio de ecosistemas, el análisis dimensional provee amplia información sobre diferentes parámetros estructurales de la vegetación, así como de la producción primaria neta. Mediante estas investigaciones se ha llegado a reconocer que las plantas leñosas (árboles y arbustos) de amplia variabilidad en su tamaño, siguen el mismo diseño general y pueden ser relacionados alométricamente (Woodwell y Whittaker, 1968). Sin embargo, en el caso de arbustos forrajeros, el efecto del ramoneo por animales causa una gran variabilidad en la forma y tamaño de las plantas, lo cual tiene un efecto en las relaciones dimensión-peso. Por lo tanto y bajo esta situación es conveniente asumir y relacionar la forma de las plantas con diferentes formas de figuras y cuerpos geométricos, con el fin de mejorar la relación entre las variables dependientes (peso) e independientes (dimensiones) y así, mediante esta caracterización determinar la forma de la planta que pueda ser utilizada en la estimación de su peso con una mayor precisión (Creamer et al., 1991; Murray and Jacobson, 1982 y Vora, 1988).

El análisis dimensional puede ser una herramienta muy valiosa para caracterizar el potencial de un sitio de acuerdo a su productividad, para determinar la abundancia de alimento para el ganado y fauna silvestre. La estimación de la producción de forraje es de gran utilidad para determinar la capacidad de carga de un pastizal, asimismo se puede utilizar como un índice de habitat para fauna silvestre. Además mediante el análisis dimensional se pueden detectar las tendencias de la producción de forraje y el grado de utilización por animales. Puede ser de gran ayuda en la cuantificación de los recursos biocombustibles, los recursos maderables y no maderables de importancia económica de una región. El determinar los componentes vivos y muertos de la fitomasa aérea sirve como apoyo para la planeación de las quemas prescriptas que pueden ser utilizadas para el mejoramiento de los pastizales; se puede utilizar para estudiar los efectos de diferentes métodos silvícolas de cosecha sobre la vegetación del dosel inferior; para medir la respuesta de las plantas a las prácticas de manejo y para cuantificar el efecto de diferentes tratamientos para su control, entre otros (Felker et al., 1982; Vora, 1988; Creamer et al., 1991; Murray y Jacobson, 1982; Ludwig et al., 1975; Dean et al., 1981; Woodwell y Whitaker, 1968; Avila, 1990; Morales, 1988 y Cavazos, 1987).

En nuestro país, dado el poco empleo de metodologías para la evaluación de la vegetación de los pastizales de zonas áridas, el análisis dimensional representa una herramienta muy útil y que ha sido subutilizada para la cuantificación de la producción no maderable en estas áreas. La importancia de la utilización de esta herramienta radica en el hecho de que la cuantificación de los recursos es el punto de partida para lograr el aprovechamiento racional y sostenido de cualquier especie (Franco, 1991).

Las principales ventajas del análisis dimensional es que es un método no destructivo, rápido, preciso, económico y libre de la influencia personal para estudiar la fitomasa de árboles, arbustos y gramíneas (Singh, 1975; Whittaker y Marks, 1975; Uresk et al., 1977 y Johnson et al., 1988).

#### Variables Consideradas y Selección del Modelo

En diversos trabajos mediante la técnica del análisis dimensional, se utilizan diferentes mediciones de las dimensiones de los arbustos. Entre las mas comunes se encuentran la altura de las plantas, diámetros de su cobertura aérea (de 1 hasta 4 diámetros), porción de la cobertura de las plantas con la mayor cantidad de follaje. Mediante las cuales se derivan otras variables independientes tales como la circunferencia, diámetro promedio y área de la

cobertura aérea de las plantas, semejando la forma de las plantas a diferentes figuras geométricas, tales como el círculo, elipse y el polígono. Asimismo, se generan variables como el volumen, tanto de la parte con mayor follaje así como el volumen total de las plantas; utilizando de igual manera diferentes formas de cuerpos geométricos. En otras situaciones, cuando las plantas tienen una forma de crecimiento regular, el investigador puede fijar una forma específica a la planta ya sea en las dimensiones de área y/o volumen. Otras variables que en ocasiones se llegan a considerar en este tipo de trabajos, son el número de tallos, ramas o ramillas tiernas así como sus dimensiones de longitud, grosor y/o volumen (Murray y Jacobson, 1982; Vora, 1988; Creamer et al., 1991; Dean et al., 1981; Ludwig et al., 1975 y Felker et al., 1982).

Respecto a la relación de estas variables con la fitomasa de los arbustos y/o sus componentes; los modelos de regresión mas utilizados para este propósito son el modelo lineal simple, los modelos de tipo curvilíneo como el exponencial, logarítmico y potencial; los de tipo polinomial y el modelo de regresión múltiple. En el caso de las relaciones no lineales, generalmente los datos originales son transformados a  $\text{Log}_{10}$  (logaritmo base 10) o  $\text{Ln}$  (logaritmo natural) con el fin de realizar la linearización de los datos (Hughes et al., 1987; Ohmann et al., 1976; Felker et

al., 1982; Bryant y Kothmann, 1979; Dean et al., 1981 y Murray y Jacobson, 1982).

Los criterios mas comunes para la selección de las variables y/o los modelos de estimación (regresión) son: valores altos en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cual se puede interpretar como la reducción en la variación total de la variable dependiente asociada con el uso de la variable independiente; valores bajos en el error estandar del estimador ( $S_{Y.X}$ ) que es una medida de la precisión de la estimación e indica la confiabilidad de los valores estimados de la variable dependiente por los valores observados de la variable independiente. Sin embargo, otros autores incluyen además el error relativo de estimación ( $S_{Y.X}/\bar{Y}$ ) que es análogo al coeficiente de variación y expresa el error esperado (por ciento) para un valor estimado de Y, o bien al error estandar como una proporción de la media. Además del análisis de residuales con el fin de probar si los errores observados (residuales) son independientes o aleatorios (Neter y Wasserman, 1974; Ezekiel y Fox, 1959; Whittaker y Woodwell, 1968; Ludwig et al., 1975; Hughes et al., 1987; Mendenhall et al., 1986 y García, 1987).

## Aplicación del Análisis Dimensional

Dada la escasa información con que se cuenta respecto a la aplicación del análisis dimensional para la estimación de la fitomasa de Atriplex canescens; se citan también trabajos de acuerdo al tema, que se realizaron en especies arbustivas que forman parte de la vegetación de los pastizales.

Dean et al. (1981) utilizando la técnica del análisis dimensional en siete especies arbustivas del Gran Cañón; determinaron que los diámetros máximo y mínimo, la profundidad del dosel y su densidad fueron las mejores características de la cobertura de las plantas para estimar la producción anual de forraje y el material combustible fino, a través de una relación potencial (linerizada) en base al coeficiente de determinación y al error estandar del estimador. Consideran que estas variables son fáciles de medir y generalmente están bien definidas; excepto la densidad de la cobertura, la cual requiere de una calibración ocular para la estimación. En el caso de las especies y subespecies de Artemisia mencionan que su fitomasa aparentemente está en función del tamaño y densidad de su cobertura mas que de las propias diferencias intraespecíficas. Sin embargo, para realizar una estimación mas adecuada de la fitomasa de los arbustos de estas

especies, sería adecuado el uso de ecuaciones para cada especie individual.

Sugerencias similares recomiendan Creamer et al. (1991) para diferentes subespecies de Artemisia que se localizan en diferentes sitios en el Noroeste de Montana y las cuales se encuentran expuestas a diferentes grados de utilización por la fauna silvestre. Utilizando tres grupos de variables independientes, encontraron una relación lineal entre estas y la producción de forraje. Consideran además que es adecuado desarrollar ecuaciones de estimación independientes para las subespecies bajo un fuerte ramoneo y para las que son utilizadas ligeramente; ya que el ramoneo afecta la forma de crecimiento de las plantas.

Vora (1988) determinó que el volumen de la planta, el diámetro de su cobertura aérea y el número de ramillas o brotes presentan una alta correlación con la fitomasa de cinco especies arbustivas del Noreste de California. Los mejores modelos se obtuvieron mediante la regresión múltiple utilizando para el análisis estadístico y para algunas especies, la transformación logarítmica y la de la raíz cuadrada. Los criterios para la selección de los modelos fue el coeficiente de determinación y el cuadrado medio del error del análisis de varianza. Mencionan que el volumen de las plantas se calculó asumiendo la forma de un elipsoide; sin



embargo, debido a la alta variabilidad de la cobertura que presentan las especies en estudio, sugiere probar el volumen de diferentes cuerpos geométricos, lo cual podría mejorar las relaciones entre las variables dependientes e independientes en algunas de las especies.

Murray y Jacobson (1982) trabajando en el Norte de Idaho, con cuatro especies arbustivas del pastizal y en base a mediciones de altura y diámetro de cobertura aérea de las plantas, asumiendo diferentes formas de figuras y cuerpos geométricos para las plantas, generaron quince variables independientes para su relación con la fitomasa total y con sus componentes. Determinaron que el mejor modelo para la estimación de la fitomasa aérea en estas especies fue el modelo lineal simple, utilizando como variables independientes el área de cobertura o el volumen de las plantas o su altura y circunferencia. Los criterios utilizados para la selección de los modelos fue el coeficiente de determinación y el error estandar del estimador. Mencionan que las diferentes formas de las plantas empleadas en las relaciones con el peso, fue variable entre especies y componentes; por lo cual, sugieren que para mejorar las estimaciones de la fitomasa se desarrolle un esquema de clasificación para varias formas de las plantas.

Utilizando la técnica del análisis dimensional en cuatro especies arbustivas sujetas a tratamientos mecánicos (desvaradora) y en diferentes sitios de pastizal al Sur de Texas Hughes et al. (1987) determinaron que el volumen de las plantas y el diámetro de su cobertura aérea pueden ser utilizados para estimar la producción estacional de las plantas. El modelo potencial y cuadrático presentaron los mejores resultados al compararse con los modelos lineal, logarítmico y exponencial; en base al coeficiente de determinación, error estandar del estimador y al análisis de residuales. Mencionan que el diámetro mayor de la cobertura aérea de las plantas produce resultados similares a los obtenidos al utilizar como variable independiente el volumen de las plantas. Dado que la selección de las plantas se realizó en base al mayor rango de variación en la forma y tamaño de las plantas y debido al efecto de los diferentes tratamientos mecánicos sobre las especies, mencionan que probablemente se requiere de ecuaciones de regresión específicas para las plantas tratadas y no tratadas.

En el Noreste del Estado de Durango, mediante el uso del análisis dimensional y con el fin de determinar la mejores ecuaciones de estimación de la fitomasa de Atriplex canescens en diferentes fechas de muestreo y dos sitios de pastizal. Quiñones (1987) encontró que los diámetros mayor y menor de la cobertura aérea de A. canescens son las variables

directas que proporcionaron buenos coeficientes de correlación con el peso de hojas y ramitas del arbusto, así como con el peso de las ramas mediante una relación lineal simple. Pero en la mayoría de los casos, se observaron valores superiores utilizando la superficie, el volumen de las plantas y el producto de todas las variables directas, además de la combinación de estas variables en una ecuación de regresión múltiple. Sin embargo, los incrementos en los coeficientes de correlación sobrepasan de un 6.0 a un 7.0 por ciento al mayor coeficiente de correlación de las variables directas; mientras que el error de estimación disminuyó en un 16 y 17 por ciento.

Gutiérrez y Sierra (1992) trabajando en un sitio de pastizal en el Estado de Chihuahua con cinco especies de arbustos entre ellos A. canescens determinaron que un modelo lineal fue el mas adecuado para estimar la disponibilidad de hojas y tallos, mediante la medición de la altura y estimación de la cobertura de las plantas. Los criterios utilizados en la selección de los modelos fueron el análisis de varianza de la regresión, el cuadrado medio del error y el coeficiente de determinación. Los coeficientes de determinación mas altos encontrados son de 0.60 para hojas y 0.30 para tallos (aunque bajos, los autores los consideran adecuados).

Peterson et al. (1987) con el propósito de determinar la variación ecotípica en cuatro poblaciones de A. canescens, utilizaron el volumen de las plantas asumiendo que su forma, es similar a la de cuerpos geométricos de formas cilíndrica y esférica. Sus resultados muestran coeficientes de determinación de 0.86 a 0.98 mediante un modelo potencial para la estimación de la fitomasa aérea total y diferentes componentes en las plantas bajo estudio.

Antúnez et al. (1991) encontraron que la variable diámetro basal de la planta resultó ser la mas adecuada para estimar los componentes de la fitomasa aérea en esta especie en diferentes fechas de muestreo en la época de sequía; así como el volumen de las plantas. Los coeficientes de determinación para los diferentes componentes y fechas variaron de 0.50 a 0.86, el error estandar de la estimación de 0.36 a 221.3 en los modelos exponencial, lineal simple y múltiple.

En el Noreste de Zacatecas mediante una función lineal, se obtuvieron altos coeficientes de correlación (mayor de 0.90) al relacionar el volumen con el peso total de plantas de Atriplex canescens y el peso seco total con el peso de hojas y con el peso seco de tallos, antes y después del pastoreo (Valencia et al., 1981).

## MATERIALES Y METODOS

### Localización

El presente trabajo se realizó al Sur del Estado de Coahuila en un sitio ubicado a 85 km de la ciudad de Saltillo, Coah. por la carretera Saltillo-Zacatecas. El área de trabajo se localiza entre los  $24^{\circ} 48'$  y los  $24^{\circ} 51'$  de latitud Norte y entre los  $101^{\circ} 05'$  y  $101^{\circ} 07'$  de longitud Oeste; a una altitud sobre el nivel del mar de 1750 m (CETENAL, 1974).

### Características del Area de Estudio

Los tipos de vegetación en el área seleccionada, se pueden considerar como matorral inerme y subinerme, matorral espinoso, con presencia de nopaleras en algunas áreas y sitios con vegetación halófitas que se localiza en la parte baja del valle (CETENAL, 1974).

La fórmula climática para esta área es  $BS_0hx'$  y pertenece al grupo de climas secos; subtipo seco semicálido; con lluvias escasas todo el año, la precipitación media anual varía de 300 a 400 mm, el porcentaje de precipitación invernal es mayor del 18 por ciento respecto a la anual; presenta invierno fresco con un rango de la temperatura media

anual de 18 a 20 °C (SPP, 1982 y SPP, s/f).

### Métodos

Previo al trabajo de medición, se procedió a realizar un reconocimiento general del área de estudio con el propósito de ubicar las áreas en donde se distribuye el A. canescens. Posteriormente se seleccionaron dos áreas; una caracterizada por una población de plantas poco utilizadas, las cuales en el presente estudio se consideran como plantas sin utilizar y la otra representada por plantas sujetas a un fuerte uso y son consideradas como plantas utilizadas.

En estas áreas, se procedió a seleccionar las plantas de A. canescens sujetas a medición; tratando de encontrar la mayor variación respecto al tamaño de las mismas en función de su altura.

Las plantas así seleccionadas, fueron medidas en sus diferentes dimensiones (Figura 3.1) y se describen a continuación:

X1: Altura de la planta. Medida por el centro de la planta desde el nivel del suelo hasta donde se observa en promedio el límite del mayor número de brotes.

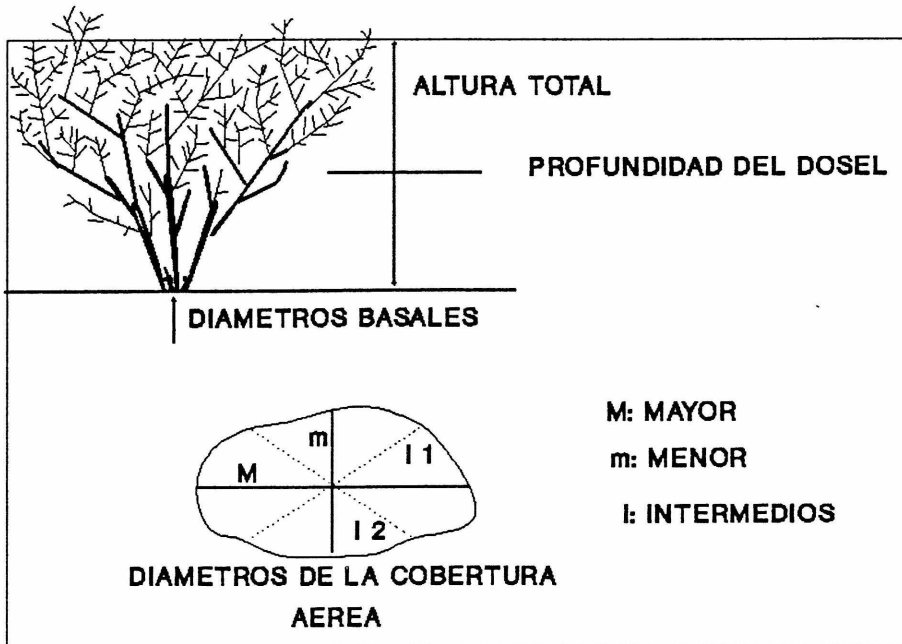


Figura 3.1 Representación esquemática de la medición de las dimensiones de las plantas de Atriplex canescens.

X2: Profundidad de dosel. Es la longitud de la altura en la planta en donde se encuentra la mayor cantidad de hojas.

X3: Diámetro mayor de la cobertura aérea de las plantas.

X4: Diámetro menor de cobertura aérea. Es el diámetro de la cobertura aérea medido en dirección perpendicular al diámetro mayor.

X5: Diámetro intermedio 1 de la cobertura aérea. Medido y localizado entre el diámetro mayor y el diámetro menor.

X6: Diámetro intermedio 2 de la cobertura aérea. Medido en dirección perpendicular al diámetro intermedio 1.

X7: Diámetro basal 1 del tallo(s). Es el diámetro de mayor longitud y es medido al raz del suelo.

X8: Diámetro basal 2 del tallo(s). Es medido en dirección perpendicular al diámetro basal 1.

Estas dimensiones lineales, se consideran como variables independientes simples en las relaciones dimensión-peso. Las mediciones se realizaron utilizando una regla graduada y/o cinta métrica con aproximaciones de 1.0 cm y en ciertas ocasiones (diámetros basales) se requirió el uso de un vernier.

En base a la medición de estas dimensiones, se calcularon las siguientes variables independientes derivadas; en las cuales, se asume que la forma de las plantas, es similar a la forma de diferentes figuras y cuerpos geométricos (se presenta la forma de su cálculo).

Lineales:

X9: Altura al dosel. Es la diferencia entre la altura de la planta y la profundidad del dosel  $= (X1 - X2)$

X10: Diámetro promedio de cobertura aérea  $= (X3 + X4) / 2$



X11: Perímetro aproximado de la cobertura aérea  
(elipse) =  $(\pi/2) * (X3+X4)$

X12: Diámetro promedio de cobertura aérea  
=  $(X3+X4+X5+X6)/4$

X13: Perímetro de la cobertura aérea (polígono)  
mediante el uso de la trigonometría.

X14: Perímetro de la cobertura aérea (círculo)  
=  $(\pi * X10)$

Area:

X21: Superficie de la cobertura aérea en  $m^2$   
(elipse) =  $(X3 * X4 * \pi) / 4$

X22: Superficie de la cobertura basal (elipse)  
=  $(X7 * X8 * \pi) / 4$

X23: Superficie de la cobertura aérea (polígono)  
mediante el uso de la trigonometría.

X24: Superficie de la cobertura aérea (círculo)  
=  $(\pi * X10^2) / 4$

X25: Superficie de la cobertura basal (círculo)  
=  $(\pi * ((X7+X8)/2)^2) / 4$

Volumen:

X31: Volumen total de la fitomasa aérea en  $dm^3$   
(cono elíptico truncado)  
=  $(X1/3) * (X21+X22+\sqrt{(X21 * X22)})$

$$\begin{aligned} X32: & \text{ Volumen del dosel (cono elíptico truncado)} \\ & = (X2/3) * (X21 + X'e + \sqrt{(X21 * X'e)}) \end{aligned}$$

Donde: X'e es la superficie inferior del dosel estimada

$$X'e = (D'e * d'e * \pi) / 4$$

$$D' = (X2 * (X3 - X7)) / X1 \quad d' = (X2 * (X4 - X8)) / X1$$

$$D'e = (X3 - D') \quad d'e = (X4 - d')$$

$$\begin{aligned} X33: & \text{ Volumen total (hemisferio superior de un} \\ & \text{esferoide)} = (4/3) (\pi * X1 * (X10/2)^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X34: & \text{ Volumen total (hemisferio superior de un} \\ & \text{esferoide elongado)} = (4/3) (\pi * (X10/2) * X1^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X35: & \text{ Volumen del dosel (hemisferio superior de un} \\ & \text{esferoide)} = (4/3) (\pi * X2 * (X10/2)^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X36: & \text{ Volumen del dosel (hemisferio superior de un} \\ & \text{esferoide elongado)} = (4/3) (\pi * (X10/2) * X2^2) \end{aligned}$$

$$X37: \text{ Volumen total (cono circular)} = (X24 * X1) / 3$$

$$\begin{aligned} X38: & \text{ Volumen total (paraboloide)} \\ & = (\pi * (X10/2)^2 * X1) / 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X39: & \text{ Volumen total (cono circular truncado)} \\ & = (X1/3) (X24 + X25 + \sqrt{(X24 * X25)}) \end{aligned}$$

En total se formaron 28 variables independientes, 14 de ellas lineales, cinco de superficie (área) y nueve de volumen.

Una vez realizadas las mediciones a cada una de las plantas seleccionadas, se procedió a realizar el corte de las

mismas con tijeras de podar y al raz del suelo. Todas las muestras obtenidas, previamente etiquetadas se colocaron en bolsas de polietileno oscuro de 60 x 90 cm para su transporte al área de laboratorio del Departamento de Recursos Naturales de la UAAAN.

En esta área, se procedió a separar los brotes tiernos (hojas y ramillas tiernas) del material leñoso, esta separación se realizó considerando como brote tierno a las ramillas (con hojas) mas delgadas y suculentas. Hecho lo anterior, estos dos 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 una temperatura de 70 °C durante un periodo de cuatro días.

Después de esto se procedió a realizar una nueva separación de los diferentes componentes de la fitomasa aérea en pié; los cuales representan a las variables dependientes en las relaciones dimensión-peso y se describen a continuación:

Y1: Peso seco de hojas

Y2: Peso seco de ramillas tiernas

Y3: Peso seco de brotes (hojas y ramillas tiernas)

Y4: Peso seco de ramas

Y5: Peso seco total de la fitomasa aérea

Cada uno de los componentes de la fitomasa aérea en pié de las plantas, fue pesado en una balanza con aproximación a 0.1 g.

El muestreo de plantas en las áreas seleccionadas, se realizó en dos fechas. El primer muestreo se realizó del 14 al 23 de Abril de 1992 y se colectaron 37 plantas sin utilizar y 27 plantas utilizadas. El segundo muestreo se realizó del 1 al 5 de Julio de 1992 y se colectaron 33 plantas sin utilizar y 13 plantas utilizadas; lo que en conjunto nos dá un tamaño de muestra de 70 y 40 plantas respectivamente.

### Análisis Estadístico

Una vez recabada y ordenada toda la información y con el propósito de determinar las diferencias entre las dimensiones y peso de los componentes de la fitomasa aérea entre las plantas utilizadas y sin utilizar; se realizó una comparación de medias mediante una prueba de "t" con un nivel de significancia del 0.05 (Rodríguez, 1991). Las diferencias entre los dos tipos de plantas se calcularon tomando como punto de referencia el valor mas pequeño de la variable en cuestión. Por otra parte, los porcentajes respecto al total de las variables dependientes y de algunas variables independientes, las relaciones intra ( $Y_i/Y_x$ ) e intervariables

( $Y_i/X_i$ ) se determinaron en base a todos los datos en cada tipo de planta.

Posteriormente, se procedió a calcular la correlación lineal simple entre las variables dependientes e independientes, para obtener de esta manera los coeficientes de correlación. Para tal propósito, se utilizaron los datos originales y datos transformados a  $\text{Log}_{10}$ . Hecho esto, se seleccionaron las variables que mostraron una correlación altamente significativa; para posteriormente realizar el análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados y su análisis de varianza; utilizando el modelo general de la regresión lineal simple y los modelos curvilíneos más comunes; en este último caso se utilizó la transformación  $\text{Log}_{10}$  para su linearización.

Los modelos utilizados en el presente trabajo son los siguientes:

- 1.- Lineal  $Y = a + bX + E_i$
- 2.- Exponencial  $Y = ab^{x_{E_i}}$
- 3.- Potencial  $Y = aX^{b + E_i}$
- 4.- Logarítmico  $Y = a + b \text{Log}X + E_i$

El análisis estadístico se efectuó relacionando a las variables independientes y dependientes de acuerdo a cada

modelo de la siguiente manera según Hughes et al. (1987), Dean et al. (1981), Morales (1988), Avila (1990) y Little y Hills (1987).

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 1.- Lineal      | X , Y       |
| 2.- Exponencial | X , LogY    |
| 3.- Potencial   | LogX , LogY |
| 4.- Logarítmico | LogX , Y    |

Por otra parte, cuando para un mismo valor de la variable independiente se observaron dos o más valores de la variable dependiente; se procedió a realizar la prueba de falta de ajuste y error puro, con el propósito de probar si el modelo en prueba es adecuado (Ostle, 1992).

Posteriormente, con el propósito de obtener un modelo de regresión general para la estimación de cada uno de los componentes de la fitomasa aérea de las plantas, se seleccionaron cuatro variables independientes:

X12: Diámetro promedio de la cobertura aérea.

X21: Area de la cobertura aérea.

X31: Volumen total de la planta y

X32: Volumen del dosel.

La selección de estas variables se realizó con el apoyo de la información del análisis estadístico y en función de un criterio biológico para las relaciones dimensión-peso. De esta manera, se asume que la forma de la copa (área) de todas las plantas es similar a la forma de una figura elíptica. Asimismo, la forma del dosel y de la copa de las plantas (volumen) son similares a un cuerpo geométrico en forma de un cono elíptico truncado.

Las relaciones seleccionadas en cada modelo de regresión, se sometieron a un análisis de residuales con el propósito de comprobar si los modelos cumplen con el supuesto estadístico de que los errores observados (residuales) son independientes. Para ello, se utilizó la prueba estadística de autocorrelación de Durbin-Watson a un nivel de significancia del 0.05. Los límites de no autocorrelación para las plantas sin utilizar ( $n=70$ ) se encuentran entre 1.64 - 2.36, mientras que los límites para las plantas utilizadas ( $n=40$ ) se define entre 1.54 - 2.46 (Neter y Wasserman, 1974).

Los criterios para la selección del mejor modelo de regresión fueron los siguientes de acuerdo a Whittaker y Woodwell (1968) y Neter y Wasserman (1974).

- 1.- Mayor coeficiente de determinación.
- 2.- Menor coeficiente de variación.
- 3.- Independencia de residuales.

Por otra parte, en el caso de las relaciones dimensión-peso que no cumplieron con el supuesto estadístico de la no autocorrelación de residuales en el modelo seleccionado, los datos fueron transformados por el método de dos etapas de Durbin para su corrección (Salvatore, 1983). Los valores que marcan los límites de no autocorrelación de los residuales, son los citados anteriormente para los dos tipos de plantas.

Una vez que las relaciones dimensión-peso para los dos tipos de plantas, cumplieron con los criterios para la selección del modelo de regresión, se procedió a agrupar la información de las plantas utilizadas y sin utilizar; con el objeto de determinar si el tipo de planta tiene un efecto en las relaciones dimensión-peso, o sea determinar si las dos líneas de regresión son estadísticamente iguales. Esto es con el fin de generar una ecuación general para la estimación del peso seco total de la fitomasa aérea en pie y el peso seco de sus diferentes componentes en las plantas de A. canescens. Para este propósito se utilizó la variable utilización como una variable indicadora en un modelo de regresión múltiple (Neter y Wasserman, 1974).

Los criterios para la selección de las ecuaciones de estimación, son los mismos que se utilizaron en la selección del modelo de regresión, con la característica particular de



ser una ecuación de estimación única para cada componente. En este caso, los límites que indican la independencia de los residuales para un tamaño de muestra de  $n=110$  se encuentra entre 1.69 - 2.31 con un nivel de significancia de 0.05.

## RESULTADOS

### Dimensiones de las Plantas

En el Cuadro 4.1 se presenta la media y la desviación estandar de las características dimensionales de las plantas sin utilizar y utilizadas de A. canescens (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4). En el cuadro, consistentemente se observa que existe diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre las dimensiones de los dos tipos de plantas.

Las mayores diferencias entre los dos tipos de plantas se observan en el volumen del dosel (X32), la media del volumen del dosel ( $170.2 \text{ dm}^3$ ) de las plantas sin utilizar es 7.18 veces mas grande que el de las plantas utilizadas (Figura 4.4). En promedio el volumen del dosel de las plantas sin utilizar representa el 90.6 por ciento del su volumen total; mientras que en las plantas utilizadas solo representa el 53.9 por ciento. En esta Figura también se observan diferencias considerables en el volumen total (X31) entre los dos tipos de plantas. Las plantas sin utilizar presentan una media en su volumen total de  $201.6 \text{ dm}^3$  y son 3.53 veces mas grandes que las plantas utilizadas, las cuales tienen un volumen total (media) de  $44.5 \text{ dm}^3$ .

Cuadro 4.1 Medias de las diferentes dimensiones de las plantas de Atriplex canescens.

VARS.	Plantas sin utilizar		Plantas utilizadas	
	MEDIA	DESV.EST.	MEDIA	DESV.EST.
X1	67.6 A	26.2	34.8 B	10.8
X2	43.5 A	14.2	10.1 B	3.8
X11	248.7 A	131.9	178.3 B	49.8
X12	72.8 A	38.4	52.8 B	15.1
X21	6172.9 A	816.6	2650.5 B	1340.0
X22	77.0 B	101.3	191.7 A	157.7
X31	201.6 A	290.2	44.5 B	30.5
X32	170.2 A	246.8	20.8 B	13.8

\*: Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

X1: Altura (cm)      X2: Profundidad del dosel (cm)  
 X11: Perímetro de cobertura aérea (cm)  
 X12: Diámetro promedio de cobertura aérea (cm)  
 X21: Área de cobertura aérea (cm<sup>2</sup>)  
 X22: Área basal (cm<sup>2</sup>)      X31: Volumen total (dm<sup>3</sup>)  
 X32: Volumen del dosel (dm<sup>3</sup>)

Diferencias similares a las del volumen total de las plantas se observan en la profundidad del dosel (X2) en la Figura 4.1; las plantas sin utilizar con una media en su profundidad del dosel de 43.5 cm son 3.3 veces más grandes que las plantas utilizadas las cuales presentan una longitud promedio de su dosel de 10.1 cm. En las plantas sin utilizar, la profundidad del dosel representa en promedio el 70.0 por ciento de la altura total mientras que en las plantas utilizadas representa el 32.0 por ciento.

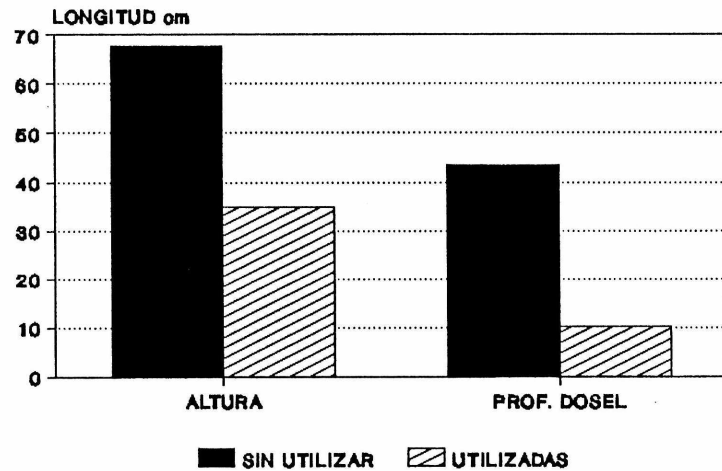


Figura 4.1 Altura y profundidad del dosel de las plantas utilizadas y sin utilizar de *Atriplex canescens*.

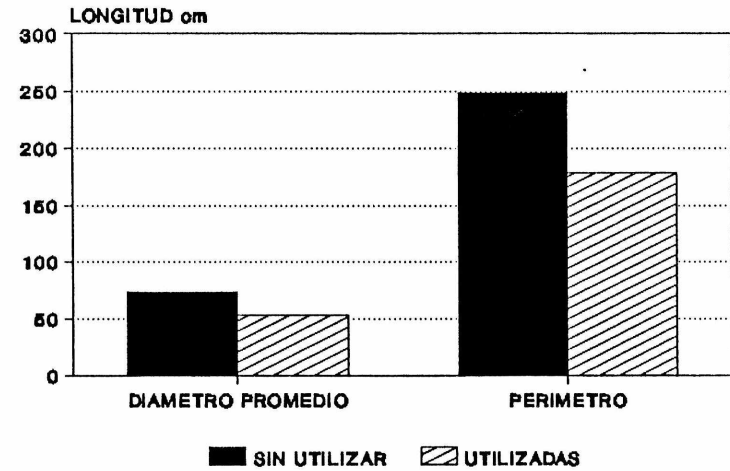


Figura 4.2 Diámetro y perímetro de la cobertura aérea de las plantas utilizadas y sin utilizar de *Atriplex canescens*.

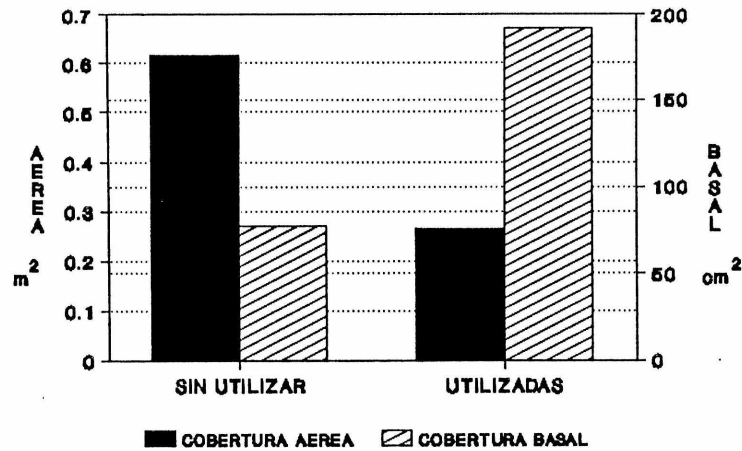


Figura 4.3 Cobertura aérea y basal de las plantas utilizadas y sin utilizar de *Atriplex canescens*.

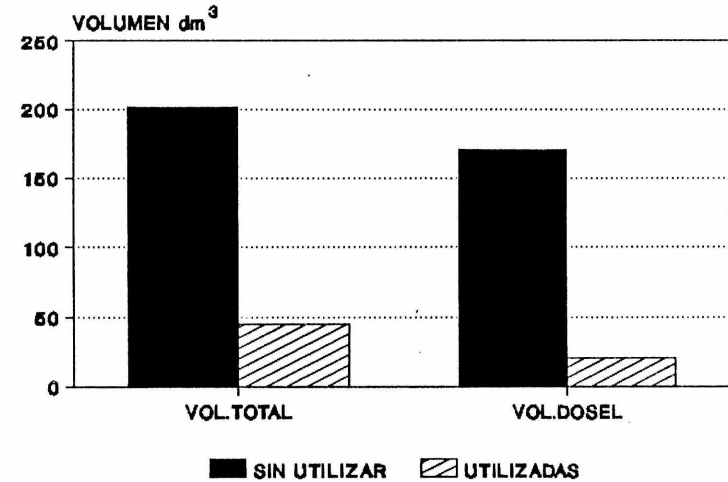


Figura 4.4 Volumen total y del dosel de las plantas utilizadas y sin utilizar de *Atriplex canescens*.

Por otra parte, el perímetro (X11) y el diámetro promedio (X12) de la cobertura aérea de las plantas (Figura 4.2), son las dimensiones en las que se tienen las menores diferencias entre los dos tipos de plantas; siendo esta diferencia de un 39.0 y un 37.0 por ciento respectivamente y en ambos casos, las plantas sin utilizar son las de mayores dimensiones.

La cobertura basal (X22) de las plantas es la única característica dimensional en la que las diferencias entre los dos tipos de plantas es mayor para las plantas utilizadas. En las plantas utilizadas la cobertura basal es mayor en 1.49 veces a la cobertura basal que presentan las plantas sin utilizar (Figura 4.3).

#### Materia Seca de las Plantas

En el Cuadro 4.2 y en la Figura 4.5, se muestra el promedio del peso seco total y el promedio del peso seco de los diferentes componentes de la fitomasa aérea en pié de las plantas utilizadas y sin utilizar de Atriplex canescens. En este cuadro, solo se observa diferencia significativa entre el componente del dosel brotes (Y3) y entre sus diferentes componentes, las hojas (Y1) y entre las ramillas tiernas (Y2) para los dos tipos de plantas. Respecto a las variables dependientes peso seco del material de sostén o ramas (Y4) y

al peso seco total (Y5) de la fitomasa aérea en pié, no se apreciaron diferencias significativas entre los dos tipos de plantas.

Cuadro 4.2 Peso seco (g) total y de los componentes de la fitomasa aérea en pié de las plantas de Atriplex canescens.

VARS	Plantas sin utilizar			Plantas utilizadas		
	MEDIA	DESV.E.	%	MEDIA	DESV.E.	%
Y1	152.7 <b>A</b>	158.1	30.3	46.0 <b>B</b>	24.0	8.0
Y2	42.8 <b>A</b>	54.5	7.3	13.6 <b>B</b>	9.6	2.2
Y3	195.6 <b>A</b>	205.6	37.6	59.6 <b>B</b>	32.8	10.2
Y4	553.2 <b>A</b>	925.2	62.4	662.5 <b>A</b>	434.6	89.8
Y5	748.8 <b>A</b>	1092.3	100.0	722.0 <b>A</b>	459.7	100.0

\*: Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Y1: Hojas      Y2: Ramillas tiernas      Y3: Brotes  
Y4: Ramas      Y5: Total

Al determinar las diferencias entre las medias del peso seco de las hojas (Y1) de los dos tipos de plantas, se encontró que las plantas sin utilizar tienen 2.32 veces mas hojas que las plantas utilizadas. Como componente de la fitomasa aérea total, el peso seco de las hojas de las plantas sin utilizar representa un 30.2 por ciento, mientras que en las plantas utilizadas solamente representa el 8.0 por ciento.

La proporción hojas:ramillas tiernas (Y1:Y2), presenta diferencia significativa entre los dos tipos de

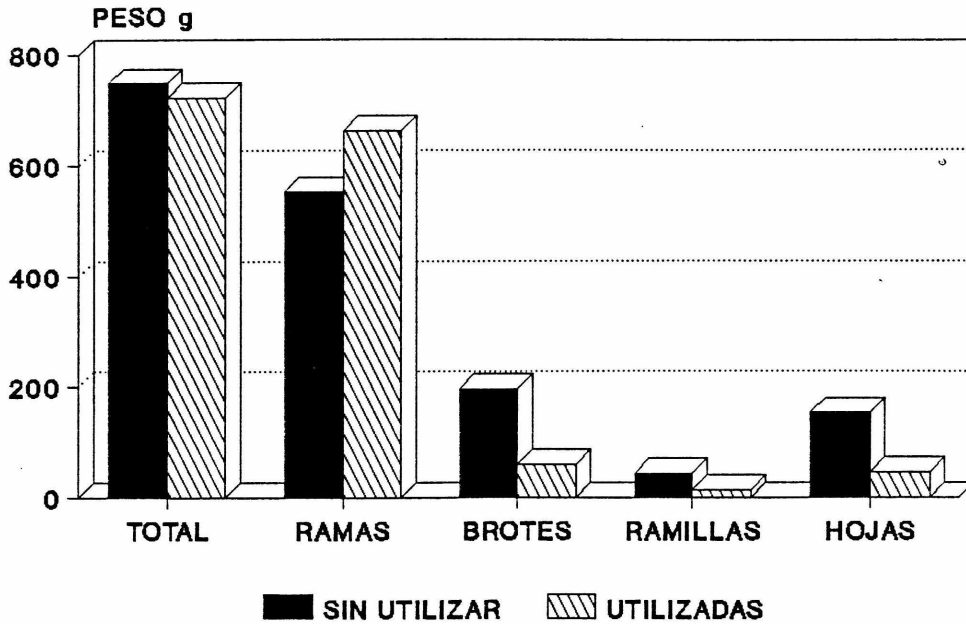


Figura 4.5 Peso seco de la fitomasa aérea en pié de las plantas utilizadas y sin utilizar de Atriplex canescens.

plantas (Apéndice A). En las plantas sin utilizar existen 6.5 veces mas hojas que ramillas tiernas (6.5:1) y se observa una diferencia del 51.0 por ciento con respecto a la proporción que presentan las plantas utilizadas (4.3:1).

Las ramillas tiernas (Y2) de las plantas, es el componente que contribuye con menor peso (g) en los dos tipos de plantas. Las diferencias entre los dos tipos de plantas es de 2.14 veces mas ramillas tiernas en las plantas sin utilizar que en las plantas utilizadas.

En las diferencias del material ramoneable o brotes (Y3), se observa una similar superioridad (2.28 veces) de las plantas sin utilizar sobre las plantas utilizadas. Como componente de la fitomasa aérea total, los brotes conforman el 37.6 por ciento y el 10.2 por ciento de la fitomasa aérea en pie de las plantas sin utilizar y utilizadas respectivamente (Cuadro 4.2).

Al comparar las proporciones brotes:ramas (Y3:Y4) entre los dos tipos de plantas se encontró una diferencia significativa entre las medias (Apéndice A). En las plantas sin utilizar existen 0.8 g de brotes por cada gramo de ramas (0.8:1) y muestra una diferencia superior de 7 veces a la proporción observada en las plantas utilizadas (0.1:1).

En cuanto a la densidad de brotes respecto al volumen total (Y3/X31), no se encontró diferencia significativa entre los dos tipos de plantas. Pero, la relación entre este componente y el volumen del dosel (Y3/X32) de las plantas, si mostró diferencia significativa entre los dos tipos de plantas. Las plantas utilizadas con una densidad media de 3.3 g/dm<sup>3</sup> son superiores en un 65.0 por ciento a las plantas sin utilizar, las cuales presentaron una densidad de 2.0 g/dm<sup>3</sup> (Apéndice A).



Respecto al material estructural de sostén o ramas (Y4) y al peso seco total (Y5) de la fitomasa aérea en pié de las plantas, no se encontró diferencia significativa entre las medias de los dos tipos de plantas (Cuadro 4.2). En este caso las ramas proporcionan la mayor cantidad (peso) de la fitomasa aérea, su aporte corresponde de un 62.4 por ciento en las plantas sin utilizar y de 89.8 por ciento en las utilizadas.

Por otra parte, se encontró diferencia significativa entre las medias de los dos tipos de plantas para la densidad ( $\text{g}/\text{dm}^3$ ) de la fitomasa aérea total con relación al volumen total de las plantas (Y5/X31). Las plantas utilizadas presentaron una densidad promedio de  $17.6 \text{ g}/\text{dm}^3$  que es superior (2.6 veces) a los  $4.8 \text{ g}/\text{dm}^3$  de las plantas sin utilizar (Apéndice A).

### Modelos de Regresión

Los resultados del análisis estadístico de las relaciones dimensión-peso, para las plantas sin utilizar y utilizadas en los cuatro modelos de regresión empleados, se presentan en los Cuadros del Apéndice B. En ellos se presentan los valores mínimos y máximos encontrados en los diferentes criterios para seleccionar el modelo de regresión, al relacionar cada componente de la fitomasa aérea en pié y

las cuatro variables independientes seleccionadas (dimensiones).

En estos cuadros, consistentemente se observa que los mayores coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y los menores coeficientes de variación (C.V.) se obtuvieron mediante el uso del modelo potencial. Sin embargo, son pocas las relaciones que muestran la independencia de sus residuales. En algunos casos (Grupos Y1, Y3, Y4 y Y5) de las plantas sin utilizar, el modelo de regresión lineal simple muestra adecuados coeficientes de determinación; sin embargo, consistentemente muestra altos coeficientes de variación. Por consiguiente y de acuerdo a los resultados del análisis estadístico y en base a los criterios para la selección del modelo, se seleccionó el modelo potencial como el más adecuado para explicar las relaciones dimensión-peso en las plantas de A. canescens.

#### Ecuaciones de Estimación

Los resultados del análisis estadístico de las relaciones dimensión-peso en el modelo potencial para las plantas utilizadas y sin utilizar de A. canescens se presentan en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Relaciones dimensión-peso de Atriplex canescens en el modelo potencial.

Plantas sin utilizar				Plantas utilizadas		
· VARS.	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W
Y1-X12	89.8	7.03	1.439	72.98	8.58	1.307
Y1-X21	88.71	7.4	1.436	70.37	8.98	1.26
Y1-X31	88.35	7.52	1.509	62.06	10.16	1.296
Y1-X32	89.95	6.98	1.607	68.57	9.25	0.887
Y2-X12	64.11	27.9	1.18	49.25	25.19	1.29
Y2-X21	63.74	28.04	1.178	43.98	26.47	1.278
Y2-X31	64.13	27.88	1.185	40.13	27.36	1.337
Y2-X32	66.41	26.98	1.232	38.35	27.77	1.307
Y3-X12	87.01	7.9	1.267	70.55	8.72	1.174
Y3-X21	86.01	8.2	1.286	67.01	9.23	1.154
Y3-X31	85.83	8.25	1.333	59.69	10.2	1.215
Y3-X32	87.67	7.7	1.407	64.18	9.62	0.934
Y4-X12	92.89	7.6	1.419	89.38	4.76	2.451*
Y4-X21	91.56	8.28	1.473	85.75	5.51	2.091*
Y4-X31	93.55	7.24	1.595	90.42	4.52	1.618*
Y4-X32	91.68	8.22	1.435	74.24	7.41	1.548*
Y5-X12	95.23	4.95	1.669*	90.46	4.21	2.349*
Y5-X21	93.68	5.7	1.624	86.65	4.98	1.99 *
Y5-X31	95.62	4.74	1.816*	90.52	4.2	1.45
Y5-X32	94.5	5.31	1.652*	75.49	6.75	1.442

\*: Independencia de residuales ( $P \leq 0.05$ ).

Y1: Hojas

Y2: Ramillas tiernas

Y3: Brotes

Y4: Ramas    Y5: Total

X12: Diámetro promedio

X21: Area de cobertura

X31: Volumen total

X32: Volumen del dosel

En este Cuadro se observa que la mayoría de la relaciones dimensión-peso presentan autocorrelación de sus residuales. En el caso de las plantas sin utilizar, la independencia de los residuales solo se encuentra en las relaciones del peso seco total (Y5) con el diámetro promedio de la cobertura aérea (X12), con el volumen total de la planta (X31) y con el volumen del dosel (X32). Mientras que en las plantas utilizadas el componente de la fitomasa aérea ramas (Y4), muestra la independencia de sus residuales con cada una de las cuatro variables independientes seleccionadas; además de las relaciones del peso seco total (Y5) con el diámetro promedio (X12) y con el área de la cobertura aérea (X21).

En el Cuadro 4.3, consistentemente se observa que las plantas sin utilizar presentan las mejores relaciones en dimensión-peso respecto a las relaciones en las plantas utilizadas. Pero en las relaciones ramillas tiernas - dimensión de los dos tipos de plantas se obtuvieron bajos coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y altos coeficientes de variación (C.V.).

Debido a la autocorrelación de los residuales en algunas de las relaciones dimensión-peso, se efectuó la transformación de los datos por el método de dos etapas de Durbin y los resultados se presentan en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Relaciones dimensión-peso corregidas por el método de dos etapas de Durbin.

VARS.	Plantas sin utilizar			Plantas utilizadas		
	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W
Y1-X12	90.21	9.51	2.074	61.33	12.18	1.615
Y1-X21	89.16	10.02	2.083	58.62	12.66	1.593
Y1-X31	88.86	9.66	2.189	61.06	12.07	1.945
Y1-X32	90.19	8.45	2.143	75.1	12.68	1.977
Y2-X12	63.06	44.11	1.89	34.22	38.81	1.706
Y2-X21	62.72	44.26	1.917	29.48	40.11	1.74
Y2-X31	65.64	42.18	2.06	34.02	37.16	1.98
Y2-X32	66.97	39.65	2.042	29.03	39.5	2.047
Y3-X12	88.16	11.81	2.071	59.65	13.38	1.659
Y3-X21	87.12	12.07	2.103	56.23	13.81	1.644
Y3-X31	87.15	11.61	2.245	59.02	12.79	2.016
Y3-X32	88.54	10.29	2.216	69.46	13.58	2.065
Y4-X12	92.95	10.46	1.798	89.38*	4.76	2.451
Y4-X21	91.49	11.11	1.78	85.75*	5.51	2.091
Y4-X31	93.51	8.87	1.979	90.42*	4.52	1.618
Y4-X32	92.07	10.97	2.005	74.24*	7.41	1.548
Y5-X12	95.23*	4.95	1.669	90.46*	4.21	2.349
Y5-X21	93.51	7.0	1.822	86.65*	4.98	1.99
Y5-X31	95.62*	4.74	1.816	89.63	5.56	2.229
Y5-X32	94.5 *	5.31	1.652	72.81	9.22	2.332

\*: Datos no transformados por el método de Durbin.

Y1: Hojas

Y2: Ramillas tiernas

Y3: Brotes

Y4: Ramas Y5: Total

X12: Diámetro promedio

X21: Area de cobertura

X31: Volumen total

X32: Volumen del dosel

En este cuadro se observa que la transformación de los datos por el método de dos etapas de Durbin es adecuada. Ya que todas las relaciones dimensión-peso en las que se aplicó la prueba para los dos tipos de plantas presentan la independencia de sus residuales; según los límites que establece la prueba para este propósito (plantas sin utilizar 1.64 - 2.36 y plantas utilizadas 1.54 - 2.46).

Consistentemente se siguen manteniendo las mejores relaciones dimensión-peso en las plantas sin utilizar; excepto en el grupo del componente ramillas tiernas (Y2) en el cual, se siguen observando bajos coeficientes de determinación y altos coeficientes de variación al igual que en las plantas utilizadas. En este grupo (Y2), la transformación de los datos originó un incremento mayor en el coeficiente de variación en los dos tipos de plantas con respecto al resto de las relaciones.

Por otra parte, en el análisis estadístico la falta de ajuste en el modelo fue no significativa; por ello, descarta la posibilidad de utilizar un modelo de tipo polinomial.

Resuelto el problema de autocorrelación de residuales y con el propósito de generar una ecuación de estimación general para las plantas de A. canescens, al emplear la

variable utilización como variable indicadora en una regresión múltiple y de acuerdo a la significancia de los coeficientes de regresión  $b_2$  y/o  $b_3$  se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro 4.5.

En este cuadro se observa, que es posible utilizar una ecuación general para estimar el peso seco total de la fitomasa aérea en pié de las plantas de A. canescens así como para la mayoría de sus componentes. Excepto para el componente hojas, en el cual se requiere de una ecuación de estimación para las plantas utilizadas y otra ecuación diferente para la estimación en las plantas sin utilizar.

En general, la mayoría de las relaciones presentan buenos coeficientes de determinación ( $R^2$ ) y bajos coeficientes de variación. En este caso, la única variable que presenta los mas bajos coeficientes de determinación y los mas altos coeficientes de variación es el componente ramillas tiernas ( $Y_2$ ) al relacionarla con las cuatro variables independientes seleccionadas. Por tal motivo, se considera que ninguna de las ecuaciones de estimación que se pudieran obtener es adecuada para realizar estimaciones del componente ramillas tiernas ( $Y_2$ ).

Por otra parte, todas las relaciones presentan la independencia de sus residuales de acuerdo a los límites

Cuadro 4.5 Uso de la variable indicadora utilización en las relaciones dimensión-peso del modelo potencial.

VARS.	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W	ECUACIONES
Y1-X12	87.5	10.36	2.019	2
Y1-X21	86.31	10.89	2.051	2
Y1-X31	86.88	10.42	2.134	2
Y1-X32	92.15	10.48	2.148	2
Y2-X12	57.85	42.73	1.852	1
Y2-X21	54.43	44.36	1.946	1
Y2-X31	58.58	41.34	2.029	1
Y2-X32	60.58	39.76	2.045	1
Y3-X12	85.21	12.32	1.992	2
Y3-X21	84.05	12.64	2.011	2
Y3-X31	84.25	12.01	2.163	2
Y3-X32	90.14	11.22	2.174	1
Y4-X12	94.31	8.86	1.955	1
Y4-X21	91.39	9.01	1.789	2
Y4-X31	93.55	7.45	1.982	2
Y4-X32	91.65	9.01	1.982	2
Y5-X12	93.25	5.12	1.748	1
Y5-X21	91.15	7.63	1.981	1
Y5-X31	94.72	5.61	1.834	1
Y5-X32	94.72	6.97	1.892	1

Y1: Hojas

Y2: Ramillas tiernas

Y3: Hojas y ramillas tiernas

Y4: Ramas

Y5: Total

X12: Diámetro promedio

X21: Area de cobertura

X31: Volumen total

X32: Volumen del dosel



establecidos en la prueba de Durbin-Watson, cuyos valores se deben de encontrar entre 1.69 - 2.31 para un tamaño de muestra de  $n=110$  a un nivel de significancia del 0.05. En base a los criterios para la selección del modelo de estimación y con el objeto de obtener una ecuación general de estimación para cada componente de la fitomasa aérea en pie de las plantas; se seleccionaron las variables que se muestran en el Cuadro 4.6.

Estas relaciones están definidas bajo el modelo de tipo potencial linerizado de la forma:

$$\text{LogY} = \text{Log } a + b (\text{LogX}) + E_i$$

Cuadro 4.6 Ecuaciones linearizadas para la estimación de la fitomasa aérea en pie de plantas de A.canescens.

VAR.S.	a	b	R <sup>2</sup>	C.V.	D-W
Y1-X32*	0.46341	0.637692	92.15	10.48	2.148
Y1-X32 <sup>+</sup>	0.65879	0.637692	92.15	10.48	2.148
Y3-X32	0.61343	0.657107	90.14	11.22	2.174
Y4-X12	-1.42835	2.400777	94.31	8.86	1.955
Y5-X12	-1.42455	2.226764	93.25	5.12	1.748
Y5-X31	0.98319	0.831812	94.72	5.61	1.834

\*: Plantas utilizadas

+: Plantas sin utilizar

Y1: Hojas  
Y3: Brotes  
Y4: Ramas  
Y5: Total

X12: Diámetro promedio  
X31: Volumen total  
X32: Volumen del dosel

En lo sucesivo se presentan las ecuaciones de estimación en su forma aritmética ( $Y = a X^{b+E_i}$ ); se presentan

además los límites para el coeficiente de regresión "b", para la variable independiente  $X_i$  y su coeficiente de determinación  $R^2$ ; las gráficas generales se representan en la Figura 4.6.

En el grupo hojas-dimensiones, la relación hojas-volumen del dosel (Y1-X32) presenta el mas alto coeficiente de determinación y su coeficiente de variación es similar al de las otras relaciones de su grupo (Cuadro 4.5). Por otra parte, en este caso se requiere de dos ecuaciones de estimación, ya que se determinó que las dos líneas de regresión (plantas utilizadas y plantas sin utilizar) tienen la misma pendiente, pero difieren en su origen (Cuadro 4.6). La ecuación de estimación de tipo potencial para el componente hojas (Y1) para las plantas sin utilizar se representa de la siguiente forma:

$$\hat{Y}_1 = 4.5581 (X32)^{0.6377}$$

$$0.5842 \leq b \leq 0.6911$$

$$R^2 = 92.15$$

$$0.83 \leq X32 \leq 1701.05$$

Por otra parte, la ecuación de estimación para el componente hojas (Y1) en las plantas utilizadas se puede representar de la siguiente manera:

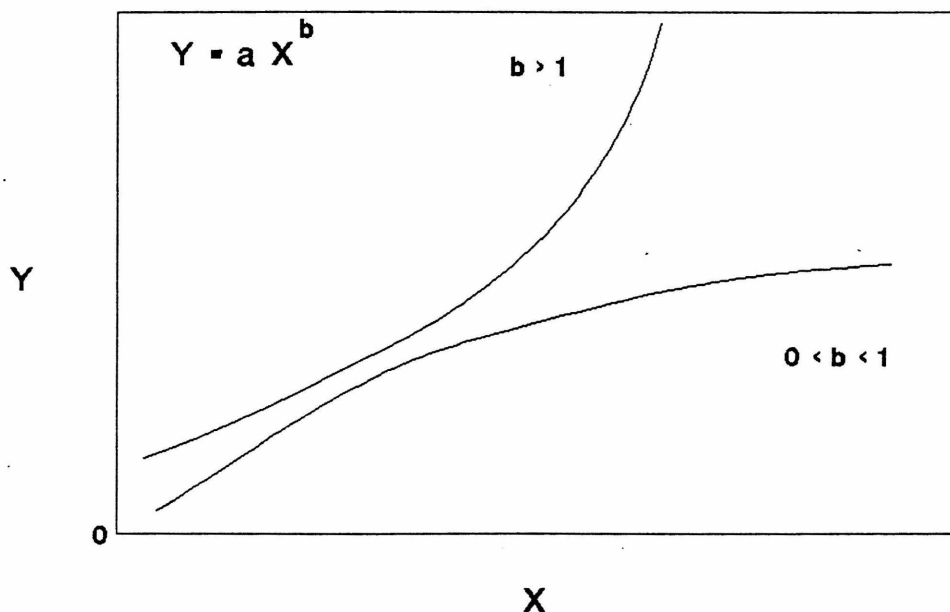


Figura 4.6 Representación gráfica de las relaciones dimensión-peso en las plantas de Atriplex canescens.

$$\hat{Y}_1 = 2.9067 (X32)^{0.6377}$$

$$0.5842 \leq b \leq 0.6911$$

$$R^2 = 92.15$$

$$2.23 \leq X32 \leq 68.75$$

Respecto a la relación del componente hojas con el resto de las dimensiones de las plantas (variables independientes seleccionadas), se observa que el tipo de planta tienen un efecto significativo en las relaciones. En este caso se determinó que la línea de regresión de las plantas utilizadas y la línea de regresión para las plantas

sin utilizar, parten del mismo origen pero tienen diferente pendiente.

La relación brotes-volumen del dosel (Y3-X32), es la única relación de su grupo en donde se determinó que las dos líneas de regresión estadísticamente tienen la misma pendiente y el mismo origen (Cuadro 4.6). Además presenta el mas alto coeficiente de determinación y un coeficiente de variación ligeramente menor al del resto de las relaciones dentro de su grupo (Cuadro 4.5).

La ecuación de estimación de tipo potencial para el componente brotes (Y3) se puede representar de la siguiente forma:

$$\hat{Y}_3 = 4.1061 (X32)^{0.6571}$$

$$0.6032 \leq b \leq 0.7109$$

$$R^2 = 90.14$$

$$0.83 \leq X32 \leq 1701.05$$

En este grupo, el resto de las relaciones de este componente (Y3) de la fitomasa aérea con las dimensiones (variables independientes) de las plantas; se requieren de dos ecuaciones de estimación debido a que el tipo de planta (utilizadas y sin utilizar) tienen un efecto significativo en estas relaciones. En este caso se determinó que la línea de

regresión de las plantas utilizadas parte del mismo origen que la línea de regresión de las plantas sin utilizar; sin embargo, estas dos líneas de regresión presentan diferente pendiente.

La relación ramas-diámetro promedio ( $Y_4$ - $X_{12}$ ), es la única relación de su grupo en la que se determinó que la línea de regresión de las plantas sin utilizar, es estadísticamente igual a la línea de regresión de las plantas utilizadas (Cuadro 4.6). Esta relación presenta además un alto coeficiente de determinación y un coeficiente de variación bajo y muy similar al de las otras relaciones de su grupo (Cuadro 4.5).

La ecuación de estimación para el componente de la fitomasa aérea en pié ramas ( $Y_4$ ), se puede representar de la siguiente forma:

$$\hat{Y}_4 = 0.0373 (X_{12})^{2.4007}$$

$$2.2343 \leq b \leq 2.5672$$

$$R^2 = 94.31$$

$$9.3 \leq X_{12} \leq 225.0$$

En las relaciones de este componente con el resto de las variables independientes (dimensiones) de su grupo, se determinó que existe un efecto significativo debido al tipo

de planta; ya que la línea de regresión para las plantas utilizadas y la línea de regresión para las plantas sin utilizar son diferentes, tanto en su ordenada al origen como en su pendiente.

Respecto al peso seco total de la fitomasa aérea en pié y su relación con las cuatro variables independientes seleccionadas, se llegó a determinar una sola ecuación de estimación en cada una de las relaciones; ya que las dos líneas de regresión parten del mismo origen y tienen la misma pendiente. En otras palabras el tipo de planta (utilizadas y sin utilizar) no tienen un efecto significativo en estas relaciones.

En base a los criterios ya mencionados se seleccionó la relación peso seco total-volumen total (Y5-X31) y la ecuación de estimación para este componente se puede representar de la siguiente manera:

$$\hat{Y}_5 = 9.6203 (X31)^{0.8318}$$

$$0.7851 \leq b \leq 0.8785$$

$$R^2 = 94.72$$

$$0.83 \leq X31 \leq 1913.8$$

Por práctico y de acuerdo a los resultados obtenidos, la ecuación generada por la relación peso seco total-diámetro

promedio (Y5-X12) puede utilizarse para la estimación de este componente. En esta relación se presentan adecuados coeficientes de determinación y de variación (Cuadro 4.5). La ecuación de esta relación se presenta como una alternativa de estimación:

$$\hat{Y}_5 = 0.0376 (X12)^{2.2267}$$

$$2.0996 \leq b \leq 2.3539$$

$$R^2 = 93.25$$

$$9.3 \leq X12 \leq 225.0$$

## DISCUSION

### Dimensiones de las Plantas

Al comparar las dimensiones de las plantas de Atriplex canescens, se encontró que las plantas sin utilizar son mas grandes en dimensiones que las plantas utilizadas. Estos resultados son similares a los que encontró Quiñones (1987) en plantas de A. canescens utilizadas y excluidas al ganado doméstico y a los obtenidos por Cabral (1983) y Roundy et al. (1987) en otras especies arbustivas. Es evidente que la variación en el tamaño de las plantas, es debida a la influencia que ejercen los animales al consumir el forraje disponible (Hughes et al., 1987). Ya que cuando las yemas terminales son removidas por el efecto del ramoneo, se rompe la dominancia apical. Como consecuencia se activan las yemas laterales y se inicia la producción de brotes (Holechek et al., 1989; Cabral, 1983 y Roundy et al., 1987).

Esto concuerda con las observaciones realizadas por Creamer et al. (1991) y Vora (1988) quienes mencionan que las plantas bajo un fuerte ramoneo presentan copas mas pequeñas y compactas que las plantas expuestas a un ligero ramoneo. Por ello, la fitomasa aérea por unidad de volumen en las plantas utilizadas de A. canescens es mayor que en las plantas sin utilizar. Este mismo comportamiento encontró



Cabral (1983) en Ceratoides lanata.

#### Materia Seca de las Plantas

Los brotes tiernos (hojas y ramillas tiernas) son el material disponible (forraje) para el ramoneo de los animales. El efecto del ramoneo (antes del muestreo) causó una reducción de este componente en las plantas utilizadas de A. canescens. Este efecto se refleja en el hecho de que solo en el componente brotes (Y3), se encontró diferencia significativa entre los dos tipos de plantas, así como entre sus componentes hojas (Y1) y entre las ramillas tiernas (Y2); siendo las plantas sin utilizar las que presentan las mayores cantidades de estos componentes.

Diferencias similares encontró Quiñones (1987) entre las plantas ramoneadas y las plantas excluidas de A. canescens. Pero estas diferencias en el peso seco de los brotes (peso seco de hojas y ramitas) son mas marcadas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Roundy et al. (1987) quienes mencionan que el fuerte ramoneo además de reducir el tamaño de las plantas reduce su producción de forraje. Esto probablemente se debe a que las plantas fuertemente utilizadas presentan un bajo porcentaje de hojas y la mayor cantidad de la fotosíntesis se destina al mantenimiento de su alto porcentaje de ramas (Olivares y

Gastó, 1981).

El material estructural de sostén o ramas (Y4), es otro de los componentes de la fitomasa aérea en pié en el que Quiñones (1987) encontró diferencias significativas entre los dos tipos de plantas. Sin embargo, en el presente estudio las medias en el peso seco de las ramas de los dos tipos de plantas, no mostraron diferencias significativas. Esto pudo ser debido a que Quiñones, probablemente trabajó con plantas de diferente edad; ya que considerando sus datos (medias), existen diferencias considerables tanto en el peso de las ramas como en el peso total entre los dos tipos de plantas.

En el presente estudio, se considera que al no haber encontrado diferencia significativa en el peso seco total y en las ramas de los dos tipos de plantas; la media de las plantas sin utilizar pudo haber sido afectada por una planta de un peso total alto (aproximadamente 7.88 kg) con un peso en sus ramas de 6.624 kg. Sin embargo, estos resultados son similares a los obtenidos por Roundy et al. (1987) al cuantificar los efectos de diferentes intensidades de ramoneo en Simmondsia chinensis.

## Modelos de Regresión

El modelo de regresión de tipo potencial fue el mas adecuado para relacionar los diferentes componentes de la fitomasa aérea en pié y la fitomasa aérea total con las dimensiones de las plantas de A. canescens. Este modelo se ha utilizado para explicar los estudios de crecimiento en plantas y diversos autores (Dean et al., 1981; Hughes et al., 1987; Avila, 1990; García, 1987 y Cavazos, 1987) trabajando con diferentes especies determinaron que las relaciones entre las dimensiones de las plantas y el peso seco de estas y/o sus diferentes componentes, se explican mejor a través del modelo potencial. Este modelo presenta buenos resultados cuando existe alta variabilidad tanto en las dimensiones de las plantas como en el peso de sus componentes a través del tiempo (Rutherford, 1979 y Sierra, 1990), cuando las plantas son robustas y tienen grandes cantidades de fitomasa disponible con alta variabilidad entre plantas (plantas sin utilizar en nuestro caso) y cuando se incrementa la variabilidad entre plantas por efecto de la utilización por hervíboros (plantas utilizadas) según Bryant y Kothmann (1979).

Debido a la variabilidad que causa el ramoneo en las plantas Bryant y Kothmann (1979) sugieren incrementar el tamaño de muestra. Esto, explica porqué las plantas

utilizadas consistentemente presentaron las mas bajas relaciones de dimensión-peso; ya que el tamaño de muestra fue pequeño y menor al de las plantas sin utilizar ( $40 < 70$ ).

Aunque su objetivo no fue obtener ecuaciones de estimación Peterson et al. (1987) utilizaron el modelo potencial con buenos resultados para estimar el peso seco total de la fitomasa aérea y el de sus diferentes componentes en varios ecotipos de A. canescens y encontraron una gran variabilidad entre estos ecotipos.

Por otra parte, estos resultados y los obtenidos en el presente estudio no coinciden con los obtenidos por Antúnez et al. (1990), Gutiérrez y Sierra (1992), Valencia (1981) y Quiñones (1987) al trabajar con A. canescens. Sin embargo, es necesario mencionar que estos autores obtuvieron coeficientes de determinación muy variables (bajos a altos) en los modelos seleccionados y además en el caso de Valencia y Quiñones, no probaron diferentes modelos y solo trabajaron con el modelo de regresión lineal.

Es necesario mencionar que todos los modelos son abstracciones y simplificaciones de la realidad y que los atributos de un modelo perfecto, son la generalidad, el realismo y la precisión. Sin embargo, en la práctica alguno de estos atributos puede ser sacrificado (Green, 1979).

## Ecuaciones de Estimación

En el componente hojas (Y1) no se logró obtener una ecuación de estimación general para los dos tipos de plantas de Atriplex canescens. Si se considera la profundidad del dosel de las plantas sin utilizar; este representa un alto porcentaje de su altura total, mientras que este porcentaje en las plantas utilizadas es pequeño. Esto significa que una buena proporción de las plantas sin utilizar, son plantas jóvenes que tienen su follaje distribuido hasta la parte basal e insertas en el material estructural de sostén o ramas. Esto se refleja en una mayor proporción de hojas y en una mayor cantidad de este componente respecto a las ramillas tiernas en las plantas sin utilizar que en las plantas utilizadas.

Las diferencias en el peso de las hojas se reflejan en el valor de la ordenada al origen (a) de las dos líneas de regresión, ya que en el caso de las plantas sin utilizar es casi un 57.0 por ciento superior al valor de este parámetro estimado en las plantas utilizadas.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hughes et al. (1987) en Acacia rigidula, A. berlandieri y Salvia ballotaeflora; quienes determinaron que el tratamiento mecánico sobre las plantas (tratadas y no tratadas) tiene un

efecto significativo en las relaciones producción de forraje-dimensión de la planta; debido a que se incrementa la variabilidad tanto en el tamaño como en la forma de las plantas.

En cuanto al componente ramillas tiernas (Y2), no se logró obtener una ecuación general adecuada. Esto es debido al efecto del ramoneo sobre las plantas utilizadas y posiblemente a un error en el muestreo al hacer la separación manual de este componente. Es necesario señalar además, que las relaciones entre este componente y las dimensiones de las plantas, no fueron adecuadas aún cuando se consideraban los dos tipos de plantas en forma independiente.

Al conjuntar estos dos componentes de la fitomasa aérea en el componente brotes (Y3), el tipo de planta (utilizadas y sin utilizar) no tuvo un efecto significativo en la relación peso de brotes-volumen del dosel. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hughes et al. (1987) y Vora (1988) quienes mencionan que esto se debe a que se logra obtener una muestra representativa del espectro en el tamaño y forma de las plantas, o bien el efecto del ramoneo no incrementa significativamente la variabilidad en las plantas.

Al igual que en el componente brotes, para el componente ramas (Y4) y para la fitomasa aérea total (Y5) se logró obtener una ecuación general para realizar las estimaciones. Esto se debe a que en estas dos variables dependientes el efecto del ramoneo no fue tan drástico; ya que no se encontró diferencia significativa entre los dos tipos de plantas.

Respecto a las variables independientes se puede decir que se realizó una buena selección, ya que explican un buen porcentaje de la variación en las variables dependientes. Por otra parte, para el uso de estas variables independientes se deben de considerar los límites de los valores explorados en el presente estudio para realizar las estimaciones (Little y Hills, 1987).

Estas variables independientes concuerdan hasta cierto punto con las seleccionadas por Quiñones (1987), Antúnez et al. (1990), Peterson et al. (1987) y Valencia et al. (1981) que trabajaron con Atriplex canescens. Esto se debe a que el volumen es una medida tridimensional que requiere de al menos dos mediciones y representa el espacio ocupado por la corona de las plantas (Bryant y Kothmann, 1979; Lyon, 1968). Sin embargo, en ciertas ocasiones una sola medición (diámetro promedio) puede rendir resultados satisfactorios especialmente cuando las plantas presentan un

crecimiento lateral mayor al crecimiento en altura (Hughes et al., 1987 y Cavazos, 1987). Ambas situaciones son adecuadas, ya que mediante el uso de la teoría de modelos se pueden obtener soluciones numéricas para cualquier función biológica definida en el sistema de masa-longitud-tiempo; en el que la longitud puede presentar cualquiera de sus dimensiones ( $L$ ,  $L^2$ ,  $L^3$ ) en el sistema (Singh, 1975).

Respecto a los coeficientes de regresión ( $b$ ), indican que por cada unidad de incremento en la variable independiente ( $\text{dm}^3$  o  $\text{cm}$ ) según el caso, habrá un incremento en la variable dependiente ( $g$ ) definido entre los valores que delimitan a cada coeficiente de regresión. Por otra parte, dependiendo de la magnitud de  $b$ , las ecuaciones en las que se utiliza el volumen ( $X_{31}$  o  $X_{32}$ ) como variable predictora se denomina alométrica negativa ( $0 < b < 1$ ), ya que la tasa de crecimiento en la variable independiente es mayor que en la variable dependiente. Mientras que las ecuaciones en las que se utiliza el diámetro promedio ( $X_{12}$ ) se denomina alométrica positiva ( $b > 1$ ) debido a que la tasa de crecimiento es mayor en la variable dependiente (Singh, 1975).

Los valores del coeficiente de regresión obtenidos cuando se utiliza el diámetro promedio ( $X_{12}$ ) como variable predictora son interesantes ya que en cierta forma, revelan el patrón de crecimiento de las plantas. Si las plantas



crecieran en la misma proporción en todas las dimensiones, la forma permanecería constante y el peso debería estar en función del cubo del diámetro  $(X12)^3$ . Por otra parte, si la altura permaneciera constante y el crecimiento fuera sólo en diámetro, el peso estaría en función del cuadrado del diámetro  $(X12)^2$ . Sin embargo, si las plantas aumentan en altura en una proporción menor al diámetro; tal y como se observa en los dos tipos de plantas, ya que estas son mas anchas que altas, se esperaría que el peso estuviera en función de una potencia del diámetro entre 2 y 3 (Little y Hills, 1987).

Aunque no se logró obtener una ecuación general para el componente hojas y aunque los resultados no fueron adecuados en el caso de las ramillas tiernas; en su conjunto (brotes) y dada su importancia en el área de manejo de pastizales, sí se obtuvo una ecuación general de estimación así como para el componente ramas y para la fitomasa aérea total. Por lo tanto, se puede decir que el objetivo del presente trabajo se cumplió; por ello, se tiene la posibilidad de rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) planteada en el presente trabajo.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el trabajo y en base a las restricciones estadísticas planteadas se concluye lo siguiente:

Mediante el uso del análisis dimensional fue posible obtener ecuaciones generales de estimación para los componentes brotes (Y3) y ramas (Y4) y para la fitomasa aérea total (Y5) de las plantas de Atriplex canescens sujetas a diferentes grados de utilización.

Las dimensiones de la planta de mayor relación con el peso seco de brotes fue el volumen de dosel (X32), para el componente ramas el diámetro promedio (X12) de la cobertura aérea de las plantas y para la fitomasa aérea total, el volumen total de la planta (X31) o bien el diámetro promedio de la cobertura aérea (X12).

Las relaciones dimensión-peso se explican mejor a través de un modelo de regresión de tipo potencial.

## RESUMEN

El objetivo del trabajo fue generar ecuaciones de estimación generales y precisas para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pié de Atriplex canescens con diferentes grados de utilización mediante el uso del análisis dimensional. El trabajo se realizó en dos sitios localizados a 85 km por la carretera Saltillo-Zacatecas, uno caracterizado por plantas utilizadas y el otro por plantas sin utilizar en los cuales para el presente estudio se seleccionaron 40 y 70 plantas respectivamente. Se midió las dimensiones de las plantas seleccionadas y se generaron 28 variables independientes, 14 lineales, cinco de superficie y nueve de volumen asumiendo que la forma de las plantas es similar a diferentes formas de figuras y cuerpos geométricos. Después de su corte y secado se obtuvieron 5 variables dependientes o componentes hojas, ramillas tiernas, brotes, ramas y peso total. Mediante el análisis de correlación con datos originales y transformados y bajo un criterio biológico se seleccionaron 4 variables independientes para su relación con las variables dependientes a través del modelo de regresión lineal simple y los modelos curvilíneos logarítmico, exponencial y potencial linearizados. El mejor modelo se seleccionó en base al mayor coeficiente de determinación, menor coeficiente de variación e independencia de residuales. Para corregir la autocorrelación de residuales se utilizó el método de dos

etapas de Durbin y para obtener una ecuación de estimación general se empleó la variable utilización como una variable indicadora en un modelo de regresión múltiple. El modelo seleccionado fue el potencial y la ecuación general de estimación para el componente brotes es  $\hat{Y}_3 = 4.1061 (X_{32})^{0.6571}$  utilizando como variable independiente el volumen del dosel. Para el componente ramas se generó la ecuación  $\hat{Y}_4 = 0.0373 (X_{12})^{2.4007}$  con el diámetro promedio de la cobertura aérea y para la fitomasa aérea total se obtuvo la ecuación  $\hat{Y}_5 = 9.6203 (X_{31})^{0.8318}$  con el volumen total de la planta o bien la ecuación de estimación  $\hat{Y}_5 = 0.0376 (X_{12})^{2.2267}$  con el diámetro promedio de la cobertura aérea como variable predictora. Para el componente hojas no se logró obtener una ecuación general de estimación mientras que en el componente ramillas tiernas los resultados no fueron satisfactorios, pero sí en su conjunto. Por lo tanto se concluye que mediante el uso del análisis dimensional es posible generar ecuaciones generales de estimación en plantas de A. canescens sujetas a diferentes grados de utilización.

## 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. *Revista Manejo de Pastizales*. 4(3):1-5.
- Avila M., P. 1990. Análisis dimensional de la fitomasa aérea en pié en nopal (*Opuntia* spp.) en el Sureste de Coahuila. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 56 p.
- Bryant, C.F. and M.M. Kothmann. 1979. Variability in predicting edible browse from crown volume. *J. Range Manage.* 32(2): 144-146. United States of America.
- Cabral, R.D. 1983. Plant weight-density relationships on salt desert shrublands with differing range condition. Thesis. Master of Science. Utah State University. Logan, Utah. United States of America. 72 p.
- Cavazos, D.J.R. 1987. Production in natural populations of oregano *Lippia berlandieri* in Mexico. Thesis. Master of Science. Arizona State University. United States of America. 48 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1974. Carta uso del suelo. Gómez Farías G-14-C-53. Coahuila. Escala 1:50000.
- Creamer, W.H.IV., C.L. Wambolt and R.J. Rossi. 1991. Comparison of three groups of variables for predicting big sagebrush forage production. In: Clary, W.P., E.D. McArthur, D. Bedonah and C.L. Wambolt (Eds.). *Proceeding-Symposium on ecology and management of riparian shrub communities*. USDA Forest Service. General Technical Report INT-289. 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. United States of America.
- Ezekiel, M. and K.A. Fox. 1959. *Methods of correlation and regression analysis*. Linear and curvilinear. Third edition. John Wiley & Sons. New York, USA. 548 p.
- Felker, P., P.R. Clark, J.F. Osborn and G.H. Cannel. 1982. Biomass estimation in a young stand of mesquite

- (Prosopis spp.), ironwood (Olneya tesota), palo verde (Cercidium floridium and Parkinsonia aculeata) and leucaena (Leucaena leucocephala). J. Range Manage. 35(1): 87-89. United States of America.
- Franco L. H. 1991. Tabla de conversión a biomasa para leña combustible de mezquite (Prosopis glandulosa Torr.). En: Tercer simposio nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. UAAAN, INIFAP. Saltillo, Coah. México. Inédito.
- García A., E. 1987. Efecto de Flourensia cernua DC. en la sobrevivencia de Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. y en la fitomasa aérea en pie del pastizal mediano abierto. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 151 p.
- Green, H. R. 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. John Wiley & Sons. USA. 257 p.
- Günther, B. 1975. Dimensional analysis and theory of biological similarity. *Physiol. Rev.* 55(4): 659-699. United States of America.
- 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 de Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. SARH-INIFAP. Chihuahua, México. p. 394.
- Gutiérrez C., J., M.M. Candelario R. y L. Pérez R. 1981. Ecología y utilización de la costilla de vaca Atriplex canescens (Pursh) Nutt. en el Norte de México. En: Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Publicación especial No.31. SARH, SFF, INIF. México. p. 407-441.
- Holechek, L.J., R.D. Pieper and C.H. Herbel. 1989. Range management. Principles and practices. Prentice-Hall, Inc. USA. 501 p.
- Hughes, G.H., L.W. Varner and L.H. Blankenship. 1987. Estimating shrub production from plant dimensions. J. Range Manage. 40(4): 367-369. United States of America.
- Johnson, S.P., C.L. Johnson and N.E. West. 1988. Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plants

- using allometric equations. *J. Range Manage.* 41(5): 421-425. United States of America.
- 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. United States of America.
- Lyon, L.J. 1968. Estimating twig production of serviceberry from crown volumes. *J. Wildlife Manage.* 32(1):115-119. United States of America.
- Martínez C., M.A. y J. Villanueva D. 1985. Adaptación de ecotipos de costilla de vaca (Atriplex canescens) bajo condiciones de temporal. *Bol. Tec. Inst. Nal. Invest. For. No.135. SARH. México.* 24 p.
- Martínez G., C. 1984. Efecto de la época y frecuencia de utilización de Atriplex canescens sobre el valor nutritivo de la dieta de cabras. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 63 p.
- Mendenhall, W., R.L. Scheaffer y D.D. Wackerly. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. Ed. Iberoamérica. México. 751 p.
- Morales B., S. 1988. Análisis dimensional en lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.) en La Sauceda. Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 56 p.
- Murray, B.R. and M.Q. Jacobson. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. *J. Range Manage.* 35(4): 451-454. United States of America.
- Neter, J. and W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Regression, 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 Minnesota. USDA Forest Service. Research Paper NC 133: 1-11.

- Olivares E., A. y J. Gastó C. 1981. Atriplex repanda. Organización y manejo de ecosistemas con arbustos forrajeros. Ciencias Agrícolas No.7. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 300 p.
- Ortíz M., H. 1988. Variación estacional de la proteína cruda en Atriplex canescens (Pursh)Nutt. sujeta a diferentes épocas de utilización en el Norte de Zacatecas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- Ostle, B. 1992. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Ed. LIMUSA. México. 629 p.
- Peterson, L.J., D.N. Ueckert, 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. United States of America.
- Quijano U., G.C. 1984. La costilla de vaca Atriplex canescens (Pursh)Nutt. Tesis Monográfica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82 p.
- Quiñones V., J.J. 1987. Evaluación indirecta de la biomasa de Atriplex canescens en el Noreste del Estado de Durango. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México. 96 p.
- Rodríguez del A., J.M. 1991. Métodos de investigación pecuaria. 1ª. ed. Ed. Trillas. México. 208 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: Provenza, D.F., J.T. Flinders and E.D. McArthur (Comps.) Proceedings-Symposium on plant-herbivore interactions. USDA-Forest Service. General Technical Report INT-222. p: 146-153.
- Ruíz L., M. T. 1981. Determinación de la composición botánica de la dieta de caprinos en una área resemebrada en el Municipio de Ocampo, Coah. México. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma del Noreste. Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Rutherford, M.C. 1979. Plant-based techniques for determining available browse utilization: A reiew. Bot. Rev. 45(2): 203-228. United States of America.



- Salvatore, D. 1983. Econometría. Serie de compendios Schawm. McGraw-Hill. México. 201 p.
- Singh, M. 1975. The theory of production methods. Tropical Ecology. 16(1): 14-27. Honolulu, Hawaii. United States of America.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982. Carta Estatal de climas. Coahuila. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Escala 1:1.000,000.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). (Sin fecha). Carta Estatal fenómenos climatológicos. Coahuila. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Escala 1: 2000,000.
- Sierra T., J.S. 1990. Análisis productivo forajero de mariola (Parthenium incanum H.B.K.) un enfoque autoecológico. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 158 p.
- Tapia V., A.J. y R. García. 1981. Digestibilidad in vitro de cinco especies del género Atriplex. En: Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Publicación especial No.31. SARH, SFF, INIF. México. p: 433-434.
- Uresk, W.D., R.O. Gilbert and W.H. Rickard. 1977. Sampling big sagebrush for phytomass. J. Range Manage. 30(4): 311-314. United States of America.
- Valencia C., M., J. Gastó C. y R. Nava C. 1981. Epoca y frecuencia de utilización de Atriplex canescens (Pursh) Nutt. Monog. Tec. Cient. Vol.7 No.1. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Vázquez R., M. 1981. Determinación de la dieta de caprinos en un matorral desértico micrófilo del Municipio de Ocampo, Coah. México. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma del Noreste. Saltillo, Coahuila, México. 66 p.
- Vora, S.R. 1988. Predicting biomass of five shrub species in Northeastern California. J. Range Manage. 41(1): 63-65. United States of America.

- Whittaker, H.R. and P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. In: Helmut, L. and R.H. Whittaker (Eds.). Primary productivity of the biosphere. Ecological Studies 14. Springer-Verlag. New York, USA. p. 55-118.
- Whittaker, H.R. and G.M. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. J. Ecology. 56(1): 1-25. United States of America.
- Woodwell, G.M. and R.H. Whittaker. 1968. Primary production in terrestrial ecosystem. Am. Zool. 8: 19-30. United States of America.

**A P E N D I C E S**

APENDICE A  
PORCENTAJES Y RELACIONES INTRA E INTERVARIABLES

Cuadro A.1 Porcentaje respecto al total de las variables dependientes e independientes de Atriplex canescens y relaciones intra e intervariables.

VARS.	Plantas sin utilizar		Plantas utilizadas	
	MEDIA	DESV.EST.	MEDIA	DESV.EST.
X2	69.98	21.73	31.96	15.28
X32	90.62	10.98	53.89	18.15
Y1	30.3	12.63	8.0	4.07
Y2	7.3	5.73	2.2	1.27
Y3	37.6	15.97	10.2	5.05
Y4	62.4	15.97	89.8	5.05
Y1/Y2	6.55 <b>A</b>	5.28	4.3 <b>B</b>	2.47
Y3/Y4	0.84 <b>A</b>	1.1	0.11 <b>B</b>	0.06
Y3/X31	1.9 <b>A</b>	1.45	1.84 <b>A</b>	1.13
Y3/X32	2.02 <b>B</b>	1.41	3.34 <b>A</b>	1.31
Y5/X31	4.79 <b>B</b>	2.03	17.66 <b>A</b>	4.89

\*: Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes  $P \leq 0.05$

Y1: Hojas

Y2: Ramillas tiernas

Y3: Brotes

Y4: Ramas

Y5: Total

X2: Profundidad del dosel

X31: Volumen de la planta

X32: Volumen del dosel

APENDICE B  
MODELOS DE REGRESION

Cuadro B1. Modelos de regresión para el componente hojas de las plantas sin utilizar de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	76.35 - 86.41	50.71 - 38.45	1.670 - 1.796
LOGARITMICO	49.98 - 51.87	73.77 - 72.36	1.781 - 1.888
EXPONENCIAL	44.57 - 76.17	16.41 - 10.75	1.283 - 2.003
POTENCIAL	88.35 - 89.95	6.98 - 7.52	1.436 - 1.607

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B2. Modelos de regresión para el componente hojas de las plantas utilizadas de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	40.75 - 56.20	40.60 - 34.9	1.346 - 1.785
LOGARITMICO	43.83 - 51.55	39.52 - 36.71	1.857 - 1.871
EXPONENCIAL	40.39 - 65.96	12.74 - 9.63	1.113 - 1.244
POTENCIAL	62.06 - 72.98	10.16 - 8.58	0.887 - 1.307

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B3. Modelos de regresión para el componente ramillas tiernas de las plantas sin utilizar de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	44.16 - 52.46	95.99 - 88.57	1.384 - 1.621
LOGARITMICO	38.16 - 40.11	101.02 - 99.41	1.397 - 1.469
EXPONENCIAL	33.98 - 58.64	37.83 - 29.97	1.283 - 1.501
POTENCIAL	63.74 - 66.41	28.04 - 26.98	1.232 - 1.178

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B4. Modelos de regresión para el componente ramillas tiernas de las plantas utilizadas de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	23.33 - 40.27	63.08 - 55.68	1.327 - 1.428
LOGARITMICO	28.09 - 35.46	61.10 - 57.88	1.395 - 1.48
EXPONENCIAL	22.62 - 45.81	31.11 - 26.03	1.252 - 1.351
POTENCIAL	38.35 - 49.25	27.77 - 25.19	1.278 - 1.337

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson



Cuadro B5. Modelos de regresión para el componente brotes de las plantas sin utilizar de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	74.70 - 81.6	53.24 - 45.41	1.443 - 1.65
LOGARITMICO	50.10 - 51.93	74.78 - 73.40	1.605 - 1.712
EXPONENCIAL	43.35 - 74.67	16.51 - 11.04	1.863 - 1.92
POTENCIAL	85.83 - 87.67	8.25 - 7.7	1.267 - 1.407

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B6. Modelos de regresión para el componente brotes de las plantas utilizadas de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	37.01 - 53.92	44.25 - 37.85	0.934 - 1.215
LOGARITMICO	41.06 - 48.95	42.81 - 39.84	1.487 - 1.736
EXPONENCIAL	37.85 - 64.12	12.67 - 9.62	0.939 - 1.175
POTENCIAL	59.69 - 70.55	10.20 - 8.72	0.934 - 1.215

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B7. Modelos de regresión para el componente ramas de las plantas sin utilizar de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	66.62 - 89.06	97.32 - 55.7	1.411 - 2.154
LOGARITMICO	36.02 - 37.96	134.74-132.68	2.113 - 2.161
EXPONENCIAL	45.00 - 80.82	21.15 - 12.49	1.755 - 1.93
POTENCIAL	91.56 - 93.55	8.28 - 7.24	1.419 - 1.595

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B8. Modelos de regresión para el componente ramas de las plantas utilizadas de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	56.88 - 79.57	43.63 - 30.03	1.181 - 1.937
LOGARITMICO	55.82 - 68.42	44.17 - 37.34	1.450 - 1.835
EXPONENCIAL	47.61 - 83.23	10.57 - 5.98	1.207 - 2.276
POTENCIAL	74.24 - 90.42	7.41 - 4.52	1.548 - 2.451

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B9. Modelos de regresión para el peso seco total de las plantas sin utilizar de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	72.94 - 92.94	76.42 - 39.02	1.518 - 2.203
LOGARITMICO	41.36 - 43.24	112.51-110.69	2.109 - 2.162
EXPONENCIAL	47.56 - 83.20	16.42 - 9.29	1.828 - 2.077
POTENCIAL	93.68 - 95.62	5.70 - 4.74	1.624 - 1.816

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson

Cuadro B10. Modelos de regresión para el peso seco total de las plantas utilizadas de Atriplex canescens.

MODELO	R <sup>2</sup>	C.V.	D - W
LINEAL	57.24 - 78.76	42.18 - 29.72	1.156 - 1.924
LOGARITMICO	56.92 - 68.52	42.33 - 36.19	1.433 - 1.833
EXPONENCIAL	48.33 - 84.29	9.80 - 5.40	1.145 - 2.176
POTENCIAL	75.49 - 90.52	6.75 - 4.20	1.442 - 2.349

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación (%)

C.V.: Coeficiente de variación (%)

D-W : Prueba de autocorrelación de Durbin-Watson