

EVALUACION DEL ANALISIS DIMENSIONAL PARA
ESTIMAR BIOMASA FORRAJERA Y UTILIZACION
DE DAMIANA (*Fumera diffusa*, Willd.) POR BOVINOS
EN BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

ANTONIO SALVADOR FUENTES RODRIGUEZ

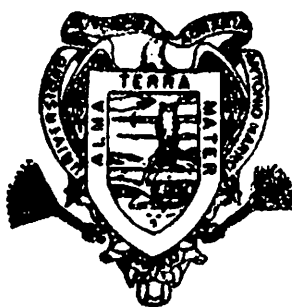
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

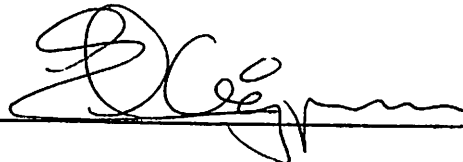
JUNIO DE 1997

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:



Dr. Eduardo Aizpuru García.

Asesor:



Ing. M.C. Luis Lauro De León González

Asesor:



Ing. M.S. Juan Ricardo Reynaga Valdés



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coah.

Junio de 1997.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de mi Comité Particular de Tesis por el apoyo brindado y en especial al Dr. Eduardo Aizpuru García, Ing. M.C. Luis Lauro De León González, Ing. M.S. Juan Ricardo Reynaga Valdés e Ing. M.C. Félix Sánchez Pérez.

A mis compañeros de estudio y personal del Departamento de Recursos Naturales Renovables, con quienes conviví durante mis estudios de Postgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, en especial al Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias por otorgar todas las facilidades para la realización del presente trabajo.

A la M.C. Eleonora Romero Badillo por su apoyo en el tratamiento estadístico y por el aprendizaje del Paquete Estadístico "Statgraphics".

A todos mis amigos de la UABCS

Al Sr. Carlos Cota, propietario del Rancho " Los Algodones ", lugar donde se llevó a cabo esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A mi ALMA MATER.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

LAURA ALICIA GARZA DE FUENTES

A MIS HIJOS

SALVADOR ALEJANDRO

EDUARDO SEBASTIAN

A MIS PADRES

JESUS FUENTES CARDONA

BERTHA RODRIGUEZ DE FUENTES

A MIS HERMANOS Y HERMANAS

Y SUS RESPECTIVA(O)S ESPOSA(O)S

A MIS SOBRINOS

COMPENDIO

**EVALUACION DEL ANALISIS DIMENSIONAL PARA ESTIMAR BIOMASA
FORRAJERA Y UTILIZACION DE DAMIANA (*Turnera diffusa*, Wild.)
POR BOVINOS EN BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.**

POR

ANTONIO SALVADOR FUENTES RODRIGUEZ

MAESTRIA EN CIENCIAS

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. JUNIO 1997.

Dr. Eduardo Aizpuru García -asesor-

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

El objetivo de esta investigación fue evaluar el Método de Análisis Dimensional para estimar la biomasa de la damiana (*Turnera diffusa*, Wild.) y su utilización por bovinos en un rancho ganadero de Baja California Sur. El estudio se realizó en un área representativa del Matorral Arborescente y excluida del apacentamiento por bovinos utilizando para ello una muestra de 56 arbustos

aleatoriamente seleccionados. Cada planta fue caracterizada midiéndole la altura, diámetro basal medio (DBM), diámetro de copa medio (DCM), cobertura basal media (CBM), cobertura de copa media (CCM), área y volumen, siendo utilizadas como variables independientes. Las variables dependientes evaluadas fueron biomasa radicular (Br), de tallo (Bt), de hoja (Bh) y total (BT). Posteriormente otra muestra de 56 plantas fue seleccionada en la misma área las cuales fueron localizadas, identificadas y caracterizadas de la misma manera. El área con apacentamiento recibió una carga animal de 1.2 Ha/UA durante un mes con el fin de determinar la utilización del arbusto. Al final del apacentamiento, solamente fue posible relocalizar 42 plantas, mismas que fueron medidas y cosechadas para determinar así los valores de las variables en estudio. Los modelos evaluados fueron el lineal ($Y = a + bX$), multiplicativo ($Y = aX^b$), exponencial ($Y = \exp(a + bX)$) y logarítmico ($Y = a + b \ln X$). Se llevaron a cabo análisis de correlación, análisis de regresión simple y múltiple y comparaciones de medias de cada variable. Los criterios utilizados para seleccionar el mejor modelo fueron el coeficiente de determinación (r^2) y el error estándar de la estimación (EEE). El paquete de aplicación estadístico STATGRAPHICS fue utilizado para realizar los cálculos.

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas ($P < 0.05$) en mediciones pre y pos-apacentamiento sobre las variables en estudio presentando amplios rangos en sus valores indicando una alta variabilidad en el arbusto, con excepción de las variables Br, DBM y CBM. Tanto en el área sin y con apacentamiento, el más alto valor de correlación se encontró entre las variables BT

y Bt (0.87 y 0.99), sin embargo el resto de las variables obtuvieron menor coeficiente de correlación por efecto del uso; mientras que en variables independientes los más altos valores fueron encontrados entre aquellas que definen la parte aérea del arbusto (DBM, CBM, DCM, CAM, área y volúmen) con valores de 0.92 a 0.98, mejorándose su valor por efecto de la utilización. Por lo que respecta a la correlación entre variables dependientes e independientes en el área sin utilización, altos valores fueron encontrados (0.60 y 0.57), mientras que con uso se obtuvo una reducción en sus valores y aun negativos (-0.33 y -0.27).

Los resultados del Análisis de Regresión Simple muestran que el modelo con mejor ajuste para la estimación de las variables BT y Bh en el área sin uso fue el multiplicativo ($Y=aX^b$) asociado con las variables DCM y CAM, con valores de r^2 de 0.5346; 0.5330 y 0.3907; 0.3923, respectivamente, y con los más bajos valores de EEE (0.46). Por lo que respecta al área con apacentamiento el modelo con mejor desempeño fue el logarítmico con las mismas variables que el modelo anterior, aunque con menor coeficiente de determinación para BT (0.0849; 0.0849) y Bh (0.0282 y 0.0308). Análisis de varianza para cada uno de los modelos fueron significativos al 95 por ciento de nivel de confianza. La altura resultó ser la peor variable para estimar BT y Bh en todos los modelos evaluados, tanto en el área sin y con apacentamiento.

Similar como en el caso con las variables anteriores, el modelo multiplicativo ($Y=aX^b$) fue el que presentó mejores coeficientes de determinación para la

estimación de Br y Bt en el área sin uso, pero asociado con DBM y CBM, es decir variables que definen la parte basal del arbusto, con r^2 de 0.4357; 0.4357 y 0.5165; 0.5562, respectivamente; aunque en la predicción de la Bt, al utilizar variables que definen la parte aérea del arbusto, tales como DCM, CAM, área y volumen los r^2 presentaron similares coeficientes de determinación. De igual forma valores de EEE más bajos fueron encontrados (0.53). Los mayores coeficientes de determinación obtenidos en el área usada con apacentamiento fue para el modelo logarítmico con las variables DBM y CBM en ambas variables. La variable altura resultó ser la peor variable predictor para todos los modelos cuando se evaluó en el área sin y con uso que el resto de las variables evaluadas. En las dos áreas el análisis de varianza de los modelos resultó significativo ($P < 0.05$).

Por lo que respecta al Análisis de Regresión Múltiple, este muestra mejoras importantes en términos de Coeficientes de Determinación y EEE que la Regresión Simple. Los modelos que resultaron tener mejor ajuste para todas las biomásas (BT, Br, Bt y Bh) tanto en el área sin y con apacentamiento fueron el multiplicativo y exponencial, con valores en r^2 de 0.9935, 0.9648; 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546; 0.9650, 0.8114, respectivamente; y valores de EEE que van de 0.00 a 0.14, modelos asociados con diferentes combinaciones de las variables analizadas: DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen. En general con la eliminación del intercepto a la línea de ecuación se obtuvieron mejores coeficientes de determinación.

Por último los resultados de utilización en términos de las variables

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

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

ABSTRACT

**EVALUATION OF THE DIMENSIONAL ANALYSIS TO ESTIMATION THE BIOMASS
PRODUCTION AND UTILIZATION OF DAMIANA (Turnera diffusa, Wild.) BY CATTLE IN
SOUTH BAJA CALIFORNIA, MEXICO.**

BY

ANTONIO SALVADOR FUENTES RODRIGUEZ

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. JUNE 1997.

Dr. Eduardo Aizpuru García -adviser-

Key Words: Dimensional analysis, regretion analysis, correlation analysis, biomass estimate, utilization, Turnera diffusa, Wild., arborescent shurb.

The objective of this investigation was to evaluate the Dimensional Analysis Method to estimate biomass production of the damiana (Turnera diffusa, Wild.) and its utilization by cattle in South Baja California. Seven independent variables (dimensional measures) were used to predict 4 dependent variables (biomass) evaluating the linear models ($Y = a+bX$), multiplicative ($Y = aX^b$), exponential

$[Y = \exp(a+bX)]$ and logarithmic $[Y = a+b\ln X]$. The results of the Simple Regression Analysis show that the model with better adjustment for the estimate of biomass in the area without use was the multiplicative, being for BT and Bh the associated variables the DCM with r^2 of 0.5346 and 0.5330 and CAM with 0.3907 and 0.3923 with values of EEE of 0.46; while for the Br and Bt associated with the variable DBM and CBM with r^2 of 0.4357; 0.4357 and 0.5165; 0.5562, respectively and with values of EEE of 0.53. For the area with grazing, the best model the logarithmic with the same variable, though with smaller coefficients of determination. The variable height turned out to be the worst predictor variable for all the models.

Therefore the Multiple Regression Analysis showed more important improvements in terms of coefficient determination and EEE than the Simple Regression Model. The models that resulted to have better adjustment for all biomass (BT, Br, Bt and Bh) so much in the area without and with grazing were the multiplicative and exponential, with coefficients of determination of 0.9935, 0.9648; 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546; 0.9650, 0.8114, respectively; and values of EEE that go from 0.00 to 0.14 associating variable combinations: DBM, DCM, CBM, CAM, area and volume. Generally with the elimination of the intercept to the equation line were obtained better coefficients of determination.

The utilization results in terms of the evaluated dependent variables show that in average the BT of the plant was used in 32.78 percent, while with respect to Bt, Br and Bh the utilization was of 32.08, 11.82 and 60.49 percent. Concerning the independent variables the utilization in base to height was of 45.70 percent, while

with respect to DBM, DCM, CBM and CAM the utilization experienced values of 7.50, 37.42, 15.80 and 58.32 percent. The utilization in base to Area and Volume presented the greater values with 61.78 and 73.63 percent.

It is concluded that the Dimensional Analysis permitted to estimate biomass and utilization of the damiana as of dimensional measures of rapid way and reliable with the use of multiple models multiplicative and exponential before that simple models. Finally, in those areas where the conditions to determine production and utilization impose limiting for the use of other traditional methodologies, it is possible to use the Dimensional Analysis Method with good results, above all in communities of shrubs that present similar characteristics to the kind evaluated in this study.

INDICE DE CONTENIDO

| | PAGINA |
|---|----------|
| INDICE DE CUADROS..... | xviii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xix |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| REVISION DE LITERATURA.. | 4 |
| Clasificación taxonómica y descripción botánica de la Damiana..... | 4 |
| Clasificación taxonómica..... | 4 |
| Descripción botánica..... | 4 |
| Definición de términos..... | 5 |
| Biomasa..... | 5 |
| Productividad ecológica..... | 5 |
| Biomasa..... | 6 |
| Fitomasa..... | 6 |
| Producción..... | 6 |
| Producción primaria bruta..... | 7 |
| Producción primaria neta..... | 7 |
| Cosecha en pie..... | 7 |
| Diferencia de biomasa..... | 8 |
| Renovación o retorno..... | 8 |
| Utilización..... | 8 |

| | |
|--|-----------|
| Ramoneo..... | 8 |
| Ramoneo disponible..... | 9 |
| Utilización..... | 9 |
| Crecimiento de forraje..... | 10 |
| Desaparición de forraje..... | 10 |
| Acumulación de forraje..... | 10 |
| Factor de uso propio..... | 10 |
| Métodos para medir biomasa..... | 11 |
| Métodos directos..... | 12 |
| Métodos indirectos..... | 13 |
| Análisis dimensional..... | 15 |
| Métodos para medir utilización..... | 25 |
| Métodos directos..... | 27 |
| Métodos indirectos..... | 27 |
| Análisis dimensional..... | 30 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 32 |
| Area de estudio..... | 32 |
| Localización..... | 32 |
| Clima..... | 32 |
| Vegetación..... | 35 |
| Historial de uso..... | 36 |
| Métodos..... | 37 |
| Procedimiento de campo..... | 37 |

| | |
|---|-----------|
| Determinación de la relación entre variables dependientes e independientes | 40 |
| Determinación y comparación de los modelos..... | 41 |
| RESULTADOS..... | 42 |
| Estadísticos de las variables dependientes e independientes en el área con y sin apacentamiento..... | 42 |
| Variables dependientes..... | 42 |
| Variables independientes..... | 45 |
| Coefficientes de correlación de las variables dependientes e independientes en el área con y sin apacentamiento..... | 47 |
| Variables dependientes..... | 47 |
| Variables independientes..... | 47 |
| Variables dependientes e independientes..... | 51 |
| Ecuaciones de regresión simple..... | 52 |
| Biomasa total..... | 52 |
| Biomasa de raíz..... | 55 |
| Biomasa de tallo..... | 57 |
| Biomasa de hoja..... | 60 |
| Ecuaciones de regresión múltiple..... | 62 |
| Biomasa total..... | 62 |
| Biomasa de raíz..... | 64 |
| Biomasa de hoja..... | 66 |
| Biomasa de tallo..... | 66 |
| Estimación de la utilización..... | 68 |

| | |
|---|------------|
| DISCUSION..... | 69 |
| Estadísticos de las variables dependientes e independientes en el área con y sin apacentamiento..... | 69 |
| Variables dependientes..... | 69 |
| Variables independientes..... | 73 |
| Coefficientes de correlación de las variables dependientes e independientes en el área con y sin apacentamiento..... | 75 |
| Variables dependientes..... | 75 |
| Variables independientes..... | 75 |
| Variables dependientes e independientes..... | 76 |
| Ecuaciones de regresión simple..... | 77 |
| Biomasa total..... | 77 |
| Biomasa de raíz..... | 80 |
| Biomasa de tallo..... | 81 |
| Biomasa de hoja..... | 83 |
| Ecuaciones de regresión múltiple..... | 86 |
| Biomasa total..... | 86 |
| Biomasa de raíz..... | 87 |
| Biomasa de tallo..... | 87 |
| Biomasa de hoja..... | 89 |
| CONCLUSIONES..... | 90 |
| RESUMEN..... | 92 |
| LITERATURA CITADA..... | 96 |
| APENDICE..... | 101 |

INDICE DE CUADROS

| | PAGINA |
|--|-----------|
| Cuadro 4.1.- Resultados estadísticos de las variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio..... | 43 |
| Cuadro 4.2.- Coeficientes de correlación entre variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio..... | 48 |
| Cuadro 4.3.- Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa total en el área de estudio.... | 54 |
| Cuadro 4.4.- Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de raíz en el área de estudio.. | 56 |
| Cuadro 4.5.- Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de tallo en el área de estudio.. | 58 |
| Cuadro 4.6.- Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de hoja en el área de estudio.. | 61 |
| Cuadro 4.7.- Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa total en el área de estudio..... | 63 |

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 4.8.- Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de raíz en el área de estudio... | 65 |
| Cuadro 4.9.- Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de hoja en el área de estudio... | 67 |
| Cuadro 4.10.- Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de tallo en el área de estudio... | 69 |
| Cuadro 4.11.- Resultados de utilización de las variables dependientes e independientes utilizadas en el área de estudio..... | 70 |

INDICE DE FIGURAS

| | PAGINA |
|---|-----------|
| Figura 3.1.- Regiones fitogeográficas de Baja California (Norman, 1989)..... | 33 |
| Figura 3.2.- Localización del rancho Los Algodones en B.C.S..... | 34 |
| Figura 4.1.- Resultados gráficos de los estadísticos de las variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio..... | 44 |
| Figura 4.2.- Coeficientes de correlación entre variables dependientes e independientes utilizadas en el área sin apacentamiento..... | 49 |
| Figura 4.3.- Coeficientes de correlación entre variables dependientes e independientes utilizadas en el área con apacentamiento..... | 50 |

INTRODUCCION.

Los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas se consideran entre los más frágiles debido entre otras causas a marcadas diferencias en clima y suelo, que le confieren al componente biótico autótrofo características especiales. Una de estas características es que el material fotosintético potencialmente utilizable por los consumidores ocurre en la forma de plantas arbustivas (Rutherford, 1979). Esta situación se presenta en muchas comunidades del Desierto Sonorense, particularmente en el Estado de Baja California Sur en donde las características ecológicas particulares permiten el desarrollo de una cubierta vegetal escasa de difícil aprovechamiento, a excepción de algunas áreas, por lo que la alimentación del ganado, tanto doméstico como silvestre, se basa en algunos zacates nativos y principalmente en el ramoneo de plantas arbustivas que abundan en el Estado (Adams *et al.*, 1985).

Esta característica especial hace que el uso racional de tales recursos naturales en estas regiones requiera de un conocimiento más profundo de su dinámica, de su capacidad de utilización y de su capacidad de recuperación. En este contexto, la cuantificación adecuada de los recursos adquiere gran importancia (Clerc *et al.*, 1987). Varios autores han propuesto métodos de estimación de la fitomasa total y útil de las especies vegetales. El método de corte se ha aplicado desde hace años y en general es considerado como el

método tradicional, pero tiene dos desventajas comparado con métodos indirectos: requiere de mucho tiempo y es destructivo. En adición, el corte por sí mismo es propenso a errores de medición independiente de los errores de muestreo [Carande y Jameson, 1986] por lo que existe la tendencia a reemplazarlos por sistemas indirectos de medición [Azócar *et al.*, 1981].

Uno de los métodos no destructivos para estimar producción y utilización de especies arbustivas es aquel que establece una relación entre medidas de la planta fácilmente obtenibles y la biomasa de la planta, técnica que se conoce como Análisis Dimensional [Cochran, 1971; Ludwig *et al.*, 1975] o Alometría [Picones, 1983]. Esta técnica ha sido utilizada principalmente para evaluar recursos forestales a través de medidas simples como diámetro y altura [Murray y Jacobson, 1982], pero en especies arbustivas nativas de interés forrajero existe poca información.

Por todo lo anterior resulta conveniente realizar investigación encaminada a la identificación y cuantificación de los recursos naturales, sobre todo de arbustos forrajeros ya que constituyen la base de la alimentación de los animales explotados bajo condiciones extensivas y que proporcione la base para elaborar sólidos planes de manejo de estos recursos.

El objetivo general de la presente investigación es evaluar el Método de Análisis Dimensional para estimar la biomasa de los diferentes componentes de

la damiana (Turnera diffusa, Wild.) y su utilización por bovinos en un rancho ganadero de Baja California Sur.

Para el logro del anterior objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos:

Determinar las relaciones existentes entre variables dependientes-independientes que mejor predigan la biomasa y su aplicación para estimar la utilización del arbusto.

Determinar y comparar el mejor modelo que prediga la biomasa de los diferentes componentes (variables dependientes) a partir de análisis dimensional del arbusto (variables independientes) y su aplicación para estimar la utilización.

REVISION DE LITERATURA

Clasificación Taxonómica y Descripción Botánica de la Damiana

(Turnera diffusa, Wild).

Clasificación Taxonómica.

De acuerdo a Shreve y Wiggins (1964) la Clasificación Taxonómica de la damiana es la siguiente:

| | |
|----------|----------------|
| Clase | Magnoliopsida |
| Subclase | Dilleniidae |
| Orden | Violales |
| Familia | Turneraceae |
| Género | <u>Turnera</u> |
| Especie | <u>diffusa</u> |

Descripción Botánica.

Arbusto de 0.3-2.0 metros de alto con ramas delgadas color café; hojas corto pecioladas, oblongas a rombo-ovadas, alternadas y estipuladas, 1-2 centímetros de largo, cuneadas de la base, acutadas a obtusas en el ápice, pilosas a tomentosa en el envés, verde oscuro y a menudo glabras o como

arriba, crenadas-serradas a dentadas; cáliz 4-5 milímetros de largo, amarillento, dientes estrechamente lance-triangular tan largos como el tubo; pétalos amarillo brillantes o naranja-amarillos, 8-12 milímetros de largo; cápsula de 2.5-5.0 milímetros de largo, 3 valvas ampliamente abiertas o dehiscentes (Shreve y Wiggins, 1964).

Definición de Términos

En muchas Ciencias, los conceptos y definiciones que les son propios pueden tener diferentes significados, esto en virtud de la idea que se desea explicar. Con la finalidad de tener un criterio uniforme en cuanto a cómo se toman en la presente investigación los términos empleados, a continuación se presentan algunos de ellos y su correspondiente definición.

Biomasa.

Productividad Ecológica (PE).

Tal como se usa en publicaciones del Programa Biológico Internacional (PBI), este es un término general que cubre todos los aspectos de la velocidad de generación de materia o energía por los procesos de producción. Los conceptos de productividad (que son valores acumulativos dentro del tiempo) se refieren siempre a un lapso de tiempo definido (unidad de tiempo, período de estudio) y a un espacio definido (ha, 1 m²) (Braun, 1980).

Biomasa (B).

Es el total de materia orgánica (en peso seco) de organismos vivos sobre y abajo de la superficie del suelo presentes en una unidad ecológica en un momento determinado (Braun, 1980; Pieper, 1978).

Fitomasa (F).

Es la biomasa vegetal y está constituida esencialmente de materias orgánicas producidas por la síntesis clorofiliana y por las reacciones que siguen, más cierta cantidad de sales minerales. Esta sería la fracción de la biomasa proveniente de la acumulación, en las plantas, de sustancias extraídas del suelo por las raíces. La fitomasa (aérea o subterránea) puede ser viva o muerta en pie (necromasa), y está presente en las mismas estructuras (Braun, 1980).

Producción (P).

Es toda la materia de tejido usada para procesos vitales (respiración) formada en el transcurso de un período definido de tiempo (crecimiento del cuerpo y reproducción), sin que importe si ha sobrevivido hasta el final de ese período o no (Braun, 1980).

Producción Primaria Bruta (PPB).

Normalmente se le define como la asimilación de materia orgánica o biocontenido, por una unidad ecológica (planta, población, comunidad vegetal) durante un período específico (Braun, 1980). Incluye la cantidad usada por respiración vegetal (Milner y Hughes, 1968).

Producción Primaria Neta (PPN).

Es la biomasa o biocontenido (contenido energético total) que es incorporado a la unidad ecológica (planta, población, comunidad vegetal) durante un intervalo de tiempo especificado, menos lo que respira (Krebs, 1972). Constituye la cantidad que es medida por los métodos de cosecha. La PPN puede clasificarse así: total, aérea, subterránea, radical (rizomasa), herbácea, etc. (Braun, 1980).

Cosecha en Pie (CP).

Se define como el peso de material orgánico que puede ser obtenido en cualquier momento en un área determinada (Braun, 1980; RISC, 1983). CP es medido al nivel del suelo y es equivalente a masa de forraje sólo si este último es medido desde el nivel del suelo (Hodgson, 1979).

Diferencia de Biomasa (DB).

Es el cambio en la cantidad del CP entre dos registros cualquiera: $\Delta B = B_2 - B_1$, donde B_1 es el biocontenido de una unidad ecológica en el tiempo t_1 y B_2 es el biocontenido de la misma unidad en el tiempo t_2 . ΔB puede ser positivo, negativo o cero. Esto es indicar incremento, reducción o no cambio en la B durante el período de estudio [Braun, 1980].

Renovación o Retorno (R).

La distinción entre el concepto de P y el CP, conduce al de R . Aquí cabe diferenciar: a): la velocidad (ritmo) de renovación (P/B : fracción de la cantidad total de materia (número de individuos; B : ciertos elementos - fósforo, nitrógeno, etc. - en particular) que ingresa (o abandona) en la unidad ecológica en un período de tiempo determinado; b): el tiempo de R (B/P): la extensión de tiempo que se requiere para el intercambio completo de un número de individuos, cantidad de biomasa, o elementos de biomasa en particular [Braun, 1980].

Utilización.

Ramoneo (Ra).

Se puede definir como la suma total de aquellos materiales de especies leñosas que son potencialmente seleccionados por un grupo específico de

animales (Rutherford, 1979). Para Hodgson (1979) es la defoliación por animales de las partes de arbustos o árboles sobre el nivel del suelo.

Ramoneo Disponible (RD.)

Es la cantidad de ramoneo basado en la máxima altura de la planta a la que el animal puede utilizar el arbusto (Blair y Enghardt, 1976).

Utilización (U).

Grado de U es expresado como el porcentaje removido del crecimiento total de la rama del año previo, o como el porcentaje perdido de ramas individuales (Ferguson y Marsden, 1977). Para una simple rama, el porcentaje de U en términos de longitud es:

$$U = 100 [1 - (LR/LT)],$$

donde LT es la longitud total y LR es la longitud remanente despues del ramoneo. Un estimador similar para U por peso puede ser construido usando peso total estimado y peso remanente. O también como la proporción (usualmente porcentaje) de producción de forraje del año actual que es consumido y/o destruido por animales en apacentamiento (Valentine, 1990).

Crecimiento de Forraje (CF).

Es definido por Hodgson (1979) como el desarrollo e incremento en tamaño de nuevas hojas y tallos. Asume que durante la estación de dormancia todo el forraje es removido de la parcela por fuego u otros medios, y el crecimiento del forraje es medido durante la subsiguiente estación de crecimiento.

Desaparición de Forraje (DF).

Se define como la pérdida de forraje desde el CF asociado con senescencia, cosecha, apacentamiento, pisoteo, defecación u otras causas (Hodgson, 1979).

Acumulación de Forraje (AF).

Es definido como la diferencia entre CF y DF sobre un período de tiempo (Scarnecchia y Kothmann, 1986). Hodgson (1979) lo define como el cambio en la masa de forraje entre medidas sucesivas a un tiempo dado.

Factor de Uso Propio (FUP).

Se refiere al grado máximo de uso por apacentamiento, expresado como un porcentaje, para obtener fisiológicamente un correcto vigor de planta, reproducción, longevidad y potencial de rebrote (Valentine, 1990).

Métodos para Medir Biomasa.

La medición de la biomasa en comunidades de zonas áridas presenta problemas que, en términos generales, son similares a los de otras comunidades. Pero ellos se magnifican aquí debido a lo siguiente (Braun, 1980): a la frecuente alta variabilidad estructural y en la distribución de especies; a la tendencia del crecimiento a ser episódico, respondiendo especialmente a la ocurrencia de lluvias intermitentes; a los ritmos de crecimiento, que varían acentuadamente con la llegada de las comunidades a la etapa de madurez; a la heterogeneidad de formas biológicas, ciclos vitales y microclimas; y a la abscisión natural de hojas, flores y frutos, así como el consumo por los animales.

Numerosas son las razones que justifican realizar estimaciones de biomasa y utilización en arbustos: establecer programas de manejo adecuado en especies económicamente importantes; determinar la carga animal para conocer la disponibilidad y calidad de forraje a través del año y evitar sobreutilización; analizar valores para hábitat de fauna y determinar el papel fundamental de arbustos forrajeros nativos en la alimentación de los animales; determinar efectos de tratamientos y carga de combustible, preparar y realizar descripciones a nivel de sitio, analizar tendencia del pastizal, así como los impactos de programas y prácticas realizadas, establecer relaciones con la calidad del agua a nivel de cuenca hidrológica y para expresar la estabilidad relativa de una especie en diferentes habitats (Cavazos, 1987; Clerc *et al.*, 1987; Roundy *et al.*, 1989; Azócar *et al.*, 1981; Murray y Jacobson, 1982). Finalmente, Ludwig *et al.* (1975)

confirman la importancia de estas evaluaciones para conocer la estructura y funcionamiento del ecosistema de manera integral.

El muestreo de producción o biomasa de forraje ocupa una muy importante posición en estudios de investigación en Manejo de Pastizales. La elección de enfoques básicos son pocos (Carande y Jameson, 1986):

I.- Métodos directos o de Corte.

II.- Métodos Indirectos.

III.- Combinación de I y II.

Métodos Directos.

El corte o cosecha es considerado como el método tradicional que más se ha usado, pero tiene dos principales desventajas: a) requiere de mucho tiempo comparado con los métodos indirectos y b) es destructivo. En adición, el corte por sí mismo aunque es comúnmente aceptado como el mejor, es propenso a errores de medición, independientes de los errores de muestreo (Carande y Jameson, 1986). En algunas plantas anuales, la F y la PPN son casi equivalentes, por ello sólo se requiere cosechar una sola vez cada especie siempre y cuando la época de corte coincida con la máxima acumulación de biomasa de cada especie. Aun en el caso de comunidades anuales, debe corregirse por la pérdida de hojas primarias u otras partes vegetales que ocurra antes de la época de la cosecha. En comunidades perenes sin embargo, pueden

ser necesarias varias recolecciones para determinar el momento de la biomasa máxima para cada especie, y para corregir las pérdidas. La medición de la producción aérea de zacates y arbustos pequeños puede realizarse directamente o por la diferencia de la biomasa media de dos o más series de muestras obtenidas en un intervalo de tiempo, aunque esto puede subestimar el valor real, según la periodicidad de las especies (Braun, 1980; Pieper, 1978).

La muerte y descomposición de plantas es una fuente importante de error en el uso de métodos de cosecha para la determinación de la PPN. También lo es la remoción realizada por herbívoros mayores (apacentamiento). En tales ecosistemas, los métodos requieren modificación para permitir estimar la producción no pacida. De esta manera, también puede realizarse una estimación de la cantidad de forraje que ingresa a la población animal que paca (Braun, 1980).

Métodos Indirectos.

A lo largo del tiempo se han desarrollado una gran cantidad de métodos indirectos que realizan estimaciones de biomasa sin que ello implique la destrucción de los materiales evaluados y cuyo fundamento se basa en la determinación de algunas relaciones entre estructura y función de la planta; tales métodos van desde la medición del cambio en la tasa de asimilación de CO₂ por las hojas, ramas o aun plantas enteras con el cual se infiere la cantidad de sustancia orgánica seca producida por un vegetal (Técnica de Intercambio

Gaseoso); estimación cuantitativa de la producción y biomasa por medio de datos de la clorofila y la luz (Método de la Clorofila) y determinación de la relación entre la superficie foliar y la superficie del suelo a intervalos a través de una estación de crecimiento (Técnica del Índice Foliar) (Braun, 1980).

Dentro del grupo de métodos no destructivos o indirectos se incluye a los métodos de estimación visual, los que se caracterizan por utilizar el corte para realizar comparaciones con las estimaciones (Pieper, 1978); estimación de peso o unidad de peso basado en la estimación ocular del forraje en donde se elimina el corte por lo que depende de la habilidad del técnico para realizar la estimación (SCS, 1976).

Otro método que combina el fundamento de los métodos directos de corte con los indirectos de estimación es el Doble Muestreo (SCS, 1976). Las características de este método son: rapidez en la estimación; utiliza relaciones de regresión entre peso actual y el peso estimado sobre la parcela doblemente muestreada; conjuga las fuentes de error, tanto de los métodos de corte como los de estimación; mucha de la inexactitud de la estimación es corregida por el procedimiento de doble muestreo; disminuye el trabajo que implican los métodos de corte, y aumenta la exactitud y precisión con apoyo estadístico; y es necesario una actualización del coeficiente de regresión, ya que este varía a través del tiempo de muestreo. Este enfoque de estimación de la producción ha sido también denominado Análisis Dimensional por Uresk *et al.*, (1977).

Análisis Dimensional.

Un frecuente problema para los investigadores es determinar la relación entre dos o más variables cuantitativas de tal forma que una variable pueda ser predecida a partir de otra. En términos más específicos, el problema es determinar un modelo y ajustar una relación funcional, de tal manera que el comportamiento de una variable dependiente (Y) pueda ser descrita a partir de valores de una o más variables independientes (X). Estas relaciones pueden ser clasificadas como lineales o no lineales y su uso para propósitos de predicción es llamado Análisis de Regresión (Lentner, 1972, Neter, *et al.*, 1983), herramienta estadística de amplia aplicación a problemas de estimación de la biomasa al que se le ha denominado Análisis Dimensional (Ludwig *et al.*, 1975).

Existe disponible en la literatura una gran cantidad de trabajos los cuales han estimado la fitomasa total y útil de especies arbustivas y fracciones de plantas utilizando Análisis Dimensional. Estas estimaciones han sido descritas por Whittaker (1965, 1961), Cochran (1971) y Ludwig *et al.*, (1975) y consiste en establecer relaciones entre medidas de la planta fácilmente obtenibles o variables independientes (altura, diámetro de copa, diámetro basal, longitud, volúmen y área) y biomasa o variables dependientes (total, radicular, aérea, de hojas, de tallos, etc.) (Uresk *et al.*, 1977; Rittenhouse y Sneva, 1977; Murray y Jacobson, 1982; Sharifi *et al.*, 1982; Mahgoub *et al.*, 1988; Clerc *et al.*, 1987; Azócar *et al.*, 1981; Ludwig *et al.*, 1975; Johnson *et al.*, 1988).

Hay un gran interés por parte de los investigadores en usar modelos no lineales para predecir fitomasa debido a que estos modelos generalmente se ajustan a datos biológicos, más que los modelos lineales (Jonhson *et al.*, 1988). Sin embargo, en una gran cantidad de situaciones, los modelos lineales muestran ser superiores a los no lineales. No obstante un Análisis de Regresión Lineal puede ser usado aun cuando la relación entre la variable dependiente e independiente no sea definitivamente lineal (Lentner, 1972). Por otro lado, los mejores o peores resultados de estos modelos, parecen estar relacionados a la adecuada selección de las variables dependientes-independientes utilizadas en el modelo, así como la forma que se asuma del arbusto a evaluar.

Sobre esto último, Picones, (1983) indica que la forma, es decir "cualquier combinación definible de elementos geométricos, ya sean reales o imaginarios", puede ser caracterizada mediante un modelo matemático. Uno de los métodos que permiten la descripción de la forma es la descripción por mediciones. En este método se toman medidas del objeto real y se obtienen cocientes para que mediante suposiciones e idealizaciones se elabore el modelo real. El resultado es una descripción objetiva de la forma y en ciertos casos exacta; sin embargo existe el problema de diferenciar las formas de objetos similares. Una solución inmediata podría ser, aumentar el número de parámetros (mediciones) al caracterizar las formas. Pero, al aumentarse o modificarse las mediciones podría a la vez complicarse el modelo a tal grado que se corre el riesgo de hacerlo poco práctico y sobre todo difícil de interpretar sus posibles correlaciones con el mundo físico. Finalmente agrega, que más importante que el aumento de las

características por considerar es necesario tener un criterio adecuado en la elección de estas características.

La técnica de Análisis Dimensional fue inicialmente usada en trabajos forestales para determinar los valores de los componentes vegetales tales como madera, follaje y pequeños tallos (Whittaker y Woodwell, 1968). Sin embargo, ante la escasez de una metodología propia para las especies arbustivas, el método de Análisis Dimensional empezó a ser utilizado consistentemente para estimar la fitomasa.

Entre los primeros investigadores en utilizar Análisis Dimensional en arbustivas están Chew y Chew (1965) quienes usaron el volumen de la copa para predecir la fitomasa de Larrea tridentata. Por su parte Burk y Dick-Peddie (1973) utilizaron correlaciones lineales para estimar biomasa de L. divaricata en función al volumen, asumiendo para esta especie la forma de un cono invertido, encontraron que el modelo lineal ($r^2 = 0.94$) proporcionó el mejor ajuste.

Sobre la comparación de diferentes variables independientes (circunferencia, área y volumen) para predecir la biomasa de algunas especies de zonas áridas (Artemisia tripartita, Tetradymia canescens, Chrysothamnus viscidiflorus y Gutierrezia sarothrae), Murray y Jacobson (1982) encontraron que tanto el volumen (0.88) como el área (0.97) fueron los mejores predictores de biomasa que la circunferencia solamente (0.09) cuando los modelos lineal ($Y = a + bX$) y geométrico ($Y = ahbCc$) fueron usados comparados en base a la

desviación estándar. El modelo exponencial ($Y = aeb^X$) tuvo un ajuste muy pobre de los datos comparados con los otros modelos. En cuanto a las diferentes formas de plantas usadas para calcular las relaciones con peso, estas variaron entre especies y fracciones. Esto sugiere que para mejorar la predicción de la biomasa, debe desarrollarse un esquema de clasificación para varios tipos de plantas. En la práctica, el observador puede decidir la forma apropiada en el campo, tomar las medidas necesarias, y entonces calcular el área o volumen representativo de la forma. Este enfoque ha sido utilizado ampliamente y con buenos resultados por Ludwig et al. (1975).

En otro trabajo, Rittenhouse y Sneva (1977) estimaron la fitomasa aérea y leñosa a través de una ecuación exponencial ($Y = aX^b$) con mediciones de ancho de la copa en forma perpendicular combinadas con altura y el área elíptica de la corona. Por aproximación lineal los datos fueron transformados logarítmicamente. Al realizar combinaciones de variables independientes $\log(W1+W2)/2$ explicó la principal variabilidad en biomasa ($R^2 = 0.90$) en comparación de medidas de ancho independientes ($R^2 = 0.73$). En todos los casos añadir $\log H$ reduce el error estándar de la estimación en casi 50-60 por ciento y resulta en una mejora en R^2 , esto es: 0.88 a 0.96, 0.73 a 0.94, 0.90 a 0.97 y 0.85 a 0.96 para $\log W1$, $\log W2$, $[W1+W2]/2$ y $\log A$, respectivamente. Resultados similares se obtuvieron en biomasa leñosa: combinando $\log W1$, $\log(W1+W2)/2$ o $\log A$ con $\log H$ se incrementa el valor de R^2 de 0.86 a 0.95, 0.88 a 0.95 y 0.85 a 0.96, respectivamente. El coeficiente de determinación de $\log W2$ se incremento de 0.72

a 0.93 cuando $\log H$ fue añadido. Concluyendo que la relación funcional de ancho-altura y biomasa en Artemisia tridentata fue la adecuada.

Clerc *et al.* (1987) en una investigación conducida con el propósito de determinar la relación entre parámetros alométricos y fitomasa forrajera de Flourensia thurifera (Mol.) utilizaron la altura, diámetro mayor, menor y medio y el producto de la altura por los diámetros como variables independientes. Se evaluaron y cosecharon un total de 130 individuos ubicados en un sector que fue utilizado con caprinos durante todo el año con una carga de 0.1 UA/ha/año. Para las variables analizadas la ecuación de regresión geométrica ($Y = aX^b$) fue la que permitió predecir la fitomasa del incienso en forma más exacta, con coeficientes de determinación (R^2) de 0.79, 0.82, 0.82 y 0.83, respectivamente. Estos resultados coinciden con los informados por otros autores (Rittenhouse y Sneva 1977) quienes encontraron relaciones no lineales entre la biomasa de especies arbustivas de zonas áridas y parámetros dimensionales. Lo mismo ocurrió para la combinación de altura y ambos diámetros; la función geométrica fue la que mejor ajustó los valores de regresión ($R^2 = 0.83$). Finalmente se concluye que es posible estimar, con bastante aproximación, la fitomasa del incienso potencialmente utilizable por caprinos, a través de una regresión geométrica de la forma $Y = aX^b$, basado en el promedio de ambos diámetros, ya que con esta variable se obtuvo la mayor R^2 (0.83).

Sin embargo, Azócar *et al.* (1981) trabajando con 15 arbustos utilizó variables independientes como altura, perímetro y altura por perímetro de Atriplex

repanda (Phil.) con fitomasa total, hojas, frutos y ramas como variables dependientes; ellos obtuvieron correlaciones significativas (R^2 de 0.57 a 0.91) entre los valores de las variables independientes y dependientes. Estas correlaciones indican que la asociación señalada para otras especies arbustivas entre fitomasa y medidas de longitud, superficie o volumen es válida para el repanda (Rittenhouse y Sneva, 1977; Uresk *et al.*, 1977).

Se encontró que las ecuaciones exponenciales ($Y = aeb^X$) y geométricas ($Y = aX^b$) no aumentan significativamente la precisión de la estimación de fitomasa. Esto concuerda con el resultado obtenido por Uresk *et al.* (1977) en Artemisia tridentata, pero no concuerda con Rittenhouse y Sneva, (1977) quienes encontraron relaciones geométricas debido probablemente a la heterogeneidad en edades y crecimiento de las especies nativas evaluadas. La variable auxiliar perímetro por altura proporciona la mayor confiabilidad para estimar fitomasa debido a sus valores R^2 altos (0.80 a 0.83). Finalmente concluye que es además necesario contar con mayor información experimental sobre el efecto de la estimación, de variables como: densidad de plantas, edad, curva de crecimiento anual, capacidad de retención de humedad del suelo, fertilidad, presión de pastoreo, hábitos de consumo del ganado, etc.

Ludwig *et al.* (1975) condujeron un trabajo con el propósito de establecer las relaciones dimensionales de dos propiedades fácilmente medibles en la planta, área de la corona y volumen con el peso seco de forraje y otros componentes en ocho arbustos: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Prosopis

glandulosa, Ephedra trifurca, E. torreyana, Xanthocephalum sarothrae, Zinnia acerosa y Yucca elata. A cada arbusto se le midió: altura de la corona, diámetros perpendiculares promedio y forma. La cobertura aérea fue calculada usando los diámetros medios para obtener el radio de un círculo. El volumen aéreo fue determinado utilizando la fórmula de un sólido: cono invertido para Larrea tridentata, mitad superior de un esferoide para Prosopis glandulosa y Xanthocephalum sarothrae. Varios modelos lineales y curvilíneos fueron intentados para construir el modelo exacto que favorezca menos complejidad en las ecuaciones de regresión, utilizando los siguientes criterios estadísticos: coeficientes de determinación (R^2), error estándar de la estimación (EEE) y el residual.

Las ecuaciones resultantes que proporcionan el mejor ajuste para los ocho arbustos evaluados son de la forma $Y = bX$ y $Y = bX + cX^2$. En general, las relaciones para volumen tienden a ser lineales, con unos valores de R^2 de 0.91-0.99, mientras que la cobertura como variable tendieron a ser curvilíneas con valores que van de 0.95-0.98, con excepción de Zinnia acerosa con 0.84 de R^2 , para la parte aérea únicamente, aunque resulta general este comportamiento para los demás componentes. Sobre la generalidad de ecuaciones tamaño-biomasa, Ludwig *et al.*, (1975) concluyeron que si las ecuaciones obtenidas para una especie en un lugar dado, sólo podrán aplicarse en áreas del mismo rango de distribución de la especie en estudio. Además, las ecuaciones de regresión obtenidas para especies con una forma de crecimiento bien definida, serán

similares de una área a otra para esas especies, pero si las especies tuvieran diferentes formas de crecimiento las ecuaciones serán distintas.

Los resultados de Chew y Chew (1965) ilustran otro importante aspecto de la generalidad de ecuaciones tamaño biomasa con respecto a la edad. Si un arbusto en un área varía grandemente en edad de aquellos en otra, y la forma de crecimiento de un arbusto tiende a cambiar con edad, las ecuaciones tamaño-biomasa pueden esperarse diferentes, particularmente si los arbustos tienden a ser de una edad dada dentro de cada área, pero de diferentes edades entre áreas.

Sobre la relación entre variable utilizada y modelo de regresión con mayor ajuste, Johnson *et al.* (1988) mencionan que la variable predictor volumen de la copa es fuertemente asociada con fitomasa en Agropyron desertorum, siendo la regresión alométrica ($Y = a+bV^c$) la que produce los valores más altos de R^2 indicando buen ajuste. Los resultados del Análisis de Regresión no lineal indican que el modelo de cono elíptico proporciona el mejor ajuste (0.88), el cilíndrico elíptico de copa el peor (0.79) y el cilindro elíptico basal fue intermedio (0.84). La forma de la planta es más cónica que cilíndrica, por lo que la relación entre el modelo y fitomasa produjo los mejores resultados. Sin embargo, el cálculo del volumen cónico requiere diámetros de la copa que son sujetos a más error que los diámetros basales, los cuales son mucho más fáciles y prácticos de medir. Por otro lado errores asociados con mediciones en diámetros de la copa y el gasto adicional de esas mediciones convierten el modelo del cono potencialmente más adecuado menos deseable.

Al parecer, la producción de ecuaciones de regresión no lineal para cada clase de plantas fue innecesaria cuando la fitomasa de plantas de un amplio rango de plantas es considerada. Así mismo se encontró una extrema variación anual en el coeficiente estimado del poder de la ecuación alométrica para el zacate, indica que las relaciones entre volumen y peso fue extremadamente variable, por lo tanto, las ecuaciones alométricas para estos zacates deben ser generadas anualmente. Finalmente concluyen que las ecuaciones desarrolladas en arbustos y árboles son probablemente más estables, debido a la presencia de una estructura perene que más regularmente define el volumen de la planta.

Uresk *et al.* (1977) utilizando un procedimiento de doble muestreo combinado con Análisis Dimensional, encontraron relaciones lineales entre longitud y volumen (longitud, ancho y altura) con diferentes componentes de Artemisia tridentata. El más alto coeficiente de determinación se obtuvo cuando se usó el volumen como variable dependiente con los componentes: fitomasa total, hojas y tallos vivos más muertos, obteniéndose valores de $R^2 = 0.86, 0.68$ y 0.80 , respectivamente. Para la variable longitud relacionado con ramas florales y misceláneos, se obtuvieron valores de $R^2 = 0.52$ y 0.45 , respectivamente, siendo los coeficientes más bajos de la estimación. Los autores sugieren que este procedimiento puede ser una técnica efectiva para reducir la varianza de la estimación de la fitomasa media de los componentes de Artemisia tridentata.

Con la finalidad de conocer los principales factores que influyen la producción de orégano en poblaciones naturales, Cavazos (1987) condujo un

experimento para establecer las relaciones entre biomasa y parámetros de la planta, tales como cobertura aérea y volumen de forraje. El modelo que tuvo el mejor ajuste para peso de hoja seca [$Y = a+bX$] fue cuando se usó área de cobertura como variable independiente, con un R^2 de 0.82 y el error estándar de 12.15 gramos por planta. El modelo basado en altura resultó en una pequeña R^2 de 0.56 y error estándar de 22.5 gramos por planta, esta diferencia en ajuste pudiera ser atribuida a la manera en la cual las plantas son cosechadas. La producción está basada en crecimiento anual y el área de cobertura puede ser la misma para plantas con un rango de altura de 45 a 105 cm. Esto ocurre debido a que la porción superior de las plantas es removida en la cosecha anual, causando un incremento en crecimiento lateral.

Usando transformaciones de logaritmo base y para ambas variables, se incrementó significativamente el coeficiente de determinación. Las variables diámetro promedio de cobertura, área de cobertura y volumen de follaje, todas resultaron en ecuaciones teniendo similar R^2 (0.95) y similar error estándar (0.35). Análisis de Varianza para cada uno de estos tres parámetros fueron significativos al 95 por ciento de nivel de confianza, por lo tanto cualquiera de estos parámetros pudiera ser usado para predecir peso seco de hoja por planta, sin embargo, en el campo es más práctico el uso de diámetro promedio de cobertura porque se involucra un menor número de cálculos. Adicionalmente, se corrieron modelos de regresión múltiple, usando peso de hoja seca, como variable dependiente y diámetro promedio de cobertura, altura, diámetro mayor y menor como variables independientes. El uso de modelos de regresión múltiple

no resultaron en una mejoría significativa (0.84) comparándolos con aquellos obtenidos usando regresión lineal simple.

En otro trabajo realizado por Hernández y Hernández (1989) en 25 arbustos de huizache (Acacia farnesiana L. Wild), se utilizaron el peso en base seca de hojas (Y1), de tallo (Y2), y total (Y3), como variables dependientes y como variables independientes fueron: grosor de tallo a 10 cm de altura (X1), altura de planta (X2) y diámetro mayor de la cobertura aérea (X3). Se encontraron que las mejores variables para estimar el peso seco de hojas fueron altura y cobertura y para peso seco de tallo y total, la mejor variable fue altura.

De acuerdo a lo hasta aquí presentado, es posible establecer una fuerte pero variable relación entre las variables independientes seleccionadas, el modelo matemático (lineal, exponencial y geométrico) que mejor ajuste proporcione y la(s) variable(s) utilizada(s).

Métodos para Medir Utilización.

Por su parte la determinación de la utilización de arbustivas está sujeta a la siguiente problemática (Rutherford, 1979): una alta variabilidad de la ocurrencia de ramoneo con algunas veces diferencias espaciales drásticas; poblaciones de arbustos con inherentemente alta variabilidad ocasionando que técnicas ad hoc sean necesarias para tendencias estacionales; una muy intensa utilización demanda un muestreo intensivo; los animales ramoneadores practican rutas

impredecibles que hace que el encuentro con un arbusto sea materia de la casualidad; la presencia de especies animales múltiples hace que la definición de ramoneo y especialmente la utilización del ramoneo por los grupos de animales separados muy difícil, y esto es particularmente problemático donde sólo métodos postramoneo sean usados; la influencia de la defoliación por insectos y otros pequeños herbívoros en muchas especies arbustivas; y la estrecha relación entre el nivel de intensidad de ramoneo y la técnica de determinación utilizada.

Las medidas de utilización tienen muchos usos en Manejo de Pastizales, incluyendo, ajustes a corto y largo plazo de la carga animal. Otro incluye estimar el uso propio fisiológico, monitorear lo adecuado de la distribución del apacentamiento, determinar la eficiencia de conversión de forraje-herbívoro, determinar el manejo clave de áreas y especies clave, evaluar los efectos de ciertos tratamientos de apacentamiento, herbicidas, control de arbustos o plantas indeseables y carga de combustible (Valentine, 1990; Murray y Jacobson, 1982).

Rutherford (1979) indica que existen dos enfoques diferentes para determinar la utilización. Uno de ellos se basa en el animal, donde el tiempo de ramoneo es registrado, estudios de heces o fístulas son realizados, muestras ruminales son tomadas, número de mordiscos son anotados, marcas del molde del diente etc. El otro enfoque es basado en la planta, en el cual, cantidades de ramoneo presente y cantidades removidas son estudiadas usualmente sin observación animal.

Métodos directos.

El método tradicional de cortar y pesar en verde y seco es lento y costoso, por lo que existe la tendencia a reemplazarlos por sistemas indirectos de medición de la productividad (Azócar *et al.*, 1981). Muchos, pero no todos los métodos para estimar utilización coinciden con la determinación de la cantidad de material vegetal disponible para tipos específicos de animales en un tiempo particular y con la subsecuente determinación de la cantidad utilizada por los animales después de un cierto período de tiempo. Sin embargo, algunos problemas típicos incluyen dificultades tales como, definir forraje disponible, seleccionar adecuadamente las unidades de muestreo de un amplio rango de posibles unidades de muestreo y dificultades en obtener el índice de medida que convierta a unidades de materia seca para dar aplicación a los resultados obtenidos (Shafer, 1963).

Métodos indirectos.

La determinación de la utilización de especies arbustivas clave es considerado esencial para un efectivo programa de manejo. Los métodos han sido diseñados en función de las condiciones específicas en que son aplicados; así estos van desde estimaciones oculares que se realizan en parcelas localizadas al azar con forma y tamaño definidos y estimaciones oculares por promedio de plantas dentro de una parcela, los cuales presentan limitantes asociados a que su aplicación puede restringirse a áreas pequeñas, son

propensos a errores personales, sus resultados son poco confiables, requieren de entrenamiento y no siempre pueden ser analizados estadísticamente, mientras que sus ventajas son que proporciona información sobre la distribución animal, entre otras [Stoddart *et al.*, 1975].

Un método ampliamente utilizado por varios autores es aquel donde se determina el porcentaje utilizado de la rama antes y después del uso, mismo que consiste en seleccionar una serie de arbustivas y marcar una rama principal de cada planta, entonces medir la longitud de las ramas del año actual en el otoño y las longitudes residuales de estas mismas ramas en la primavera, para así calcular el porcentaje de utilización. La longitud removida es fuertemente correlacionada con el peso removido [Jensen y Scotter, (1977)].

Para el caso de algunos arbustos que poseen dificultad en la determinación de su producción y utilización, debido a que a menudo exhiben crecimiento indeterminado durante la estación no pudiéndose distinguir crecimientos previos de años anteriores, se han desarrolladas técnicas indirectas [Mahgoub *et al.*, 1988]. El porcentaje de utilización puede también ser determinado por estimaciones del porcentaje de ramas ramoneadas o mediante el conteo del número de ramas ramoneadas y no ramoneadas y calcular el porcentaje de ramas utilizadas. Solamente el número de ramas ramoneadas del año actual que no excedan de un metro de longitud es considerado por este porcentaje, no el volumen o longitud removida [Pieper, 1978]. Adicionalmente a

estas estimaciones cada planta es asignada a una clase de utilización: 0, 1-9, 10-39, 40-59, 60-89 y 90-100 (Jensen y Scotter, 1977).

Otro enfoque ha sido trabajar con tallos o ramas individuales del arbusto, en donde su longitud y diámetro han sido relacionados con el peso de la rama (Mahgoub *et al.*, 1988; Basile y Hutchings, 1966; Ferguson y Marsden, 1977). El procedimiento involucra determinar las relaciones entre longitud o diámetro y peso de la rama, para a partir de estas mediciones medir producción. El peso de las ramas individuales puede ser multiplicado por el número de ramas del arbusto para expresar biomasa sobre una base de superficie (Mahgoub *et al.*, 1988). Las relaciones longitud-diámetro y peso-diámetro ofrecen considerable oportunidad para estimar utilización únicamente de mediciones post-ramoneo. Las medidas de diámetro después del ramoneo proporcionan estimaciones de longitud total de la rama y peso después del ramoneo. La porción remanente de la rama puede ser cortada y pesada (Basile y Hutchings, 1966).

También es posible estimar utilización a través de medidas de diámetro de la rama en el punto donde fue ramoneada y estimando el peso de aquella porción removida (Mahgoub *et al.*, 1988). La principal ventaja que ofrecen el uso de las ecuaciones de regresión para estimar el pre-ramoneo de las ramas es el tiempo menor destinado por no tener que localizar y permanentemente marcar a un número de arbustos (y una muestra de sus ramas), que tendrán que ser medidas después del ramoneo. Este ahorro en tiempo es ligeramente compensado si una muestra de ramas es colectada para desarrollar la ecuación de regresión. Sin

embargo, la principal desventaja del método es la dificultad de cuantificar el uso total de las mismas ramas. La omisión de utilizar completamente ramas de la muestra puede resultar en una estimación sesgada de la utilización, aunque esto sólo ocurre en áreas extensas o donde el ramoneo es muy intenso. En tales áreas, la recomendación para utilización puede ser ligeramente más baja que la utilización actual, que puede no ser de importancia práctica cuando la utilización es grande (75-90 por ciento) [Ferguson y Marsden, 1977].

Análisis Dimensional.

La técnica de Análisis Dimensional es potencialmente útil no sólo para realizar estimaciones de producción sino también para determinar la utilización de especies arbustivas. Su aplicación se basa en que si en un tiempo y espacio conocido se construyen los modelos predictivos de producción para un número y tipo de arbustos forrajeros, la producción en ese momento puede ser conocida. Si aplicamos los mismos modelos contruidos para cada especie en el mismo espacio pero en un tiempo posterior, la diferencia entre ambas estimaciones de producción constituye la porción utilizada por los animales en apacentamiento. Esta situación le da gran poder de aplicación a las técnicas de Análisis Dimensional [Azócar *et al.*, 1981; Clerc *et al.*, 1987; Ludwig *et al.*, 1975].

Así mismo, estimaciones de biomasa de plantas usando métodos dimensionales pueden ayudar a cuantificar los efectos de tratamientos y manipulación de los pastizales, tales como el uso de herbicidas o control de

arbustos (Valentine, 1990). Otro uso potencial de estas ecuaciones de regresión puede ser para convertir datos de cobertura vegetal (área de la copa) colectados en años previos a estimaciones de biomasa de plantas de una área dada para fines de comparación. Además datos de tamaño de la copa pueden proporcionar a largo plazo (año a año) la dinámica de la biomasa (Ludwig et al., 1975).

MATERIALES Y METODOS

Area de Estudio.

Localización.

El presente trabajo se llevó a cabo en el rancho ganadero denominado Los Algodones, situado a 50 km al sur de La Paz, Baja California Sur, predio enclavado en el extremo sur del Desierto Sonorense de la Península de California y más precisamente en la Región Fitogeográfica Cape (Norman, 1989) (Figura 3.1).

Geográficamente se localiza entre los 23 y 24 Latitud norte y los 110 y 111 Longitud oeste, a una altitud promedio de 300 msnm (Figura 3.2). El paisaje presenta pendientes de 0-6 por ciento, planicies con declives suaves, exceptuando la parte NE del área donde existen pendientes hasta de 25 por ciento. Los suelos pertenecen a la clase desérticos y semidesérticos o Sierozem y son arenosos profundos, migajones areno-arcillosos, francos, gravosos, pedregosos y rocosos variables en cuanto a profundidad (COTECOCA, 1979; U.A.B.C.S. -Geociencias, 1986).

Clima.

El clima de acuerdo a García (1964) es cálido árido cuya fórmula climática es BSo(h') con presencia de niebla en la zona del Pacífico. La precipitación media

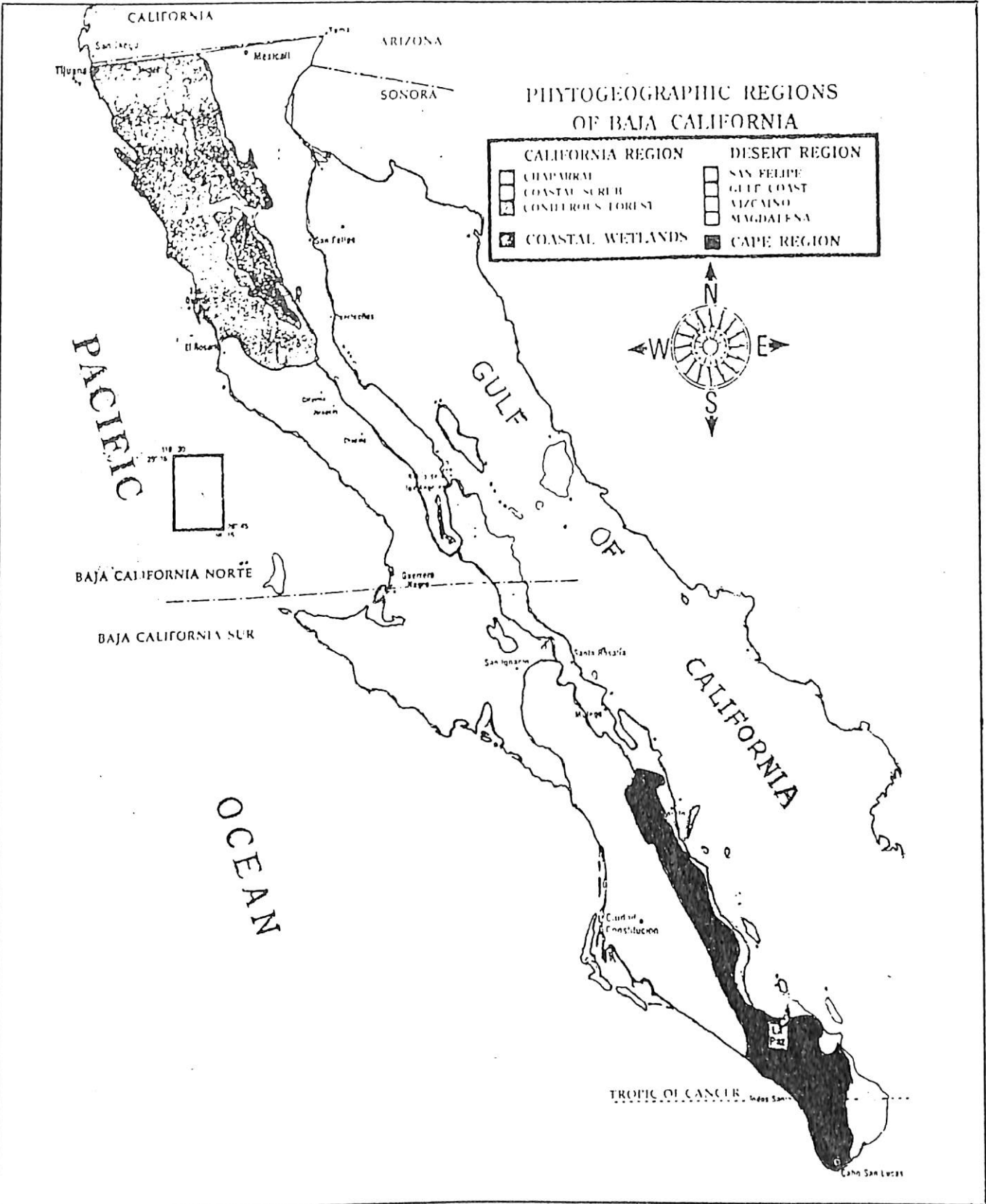


Figura 3.1.- Regiones fitogeográficas de Baja California (Norman, 1989)

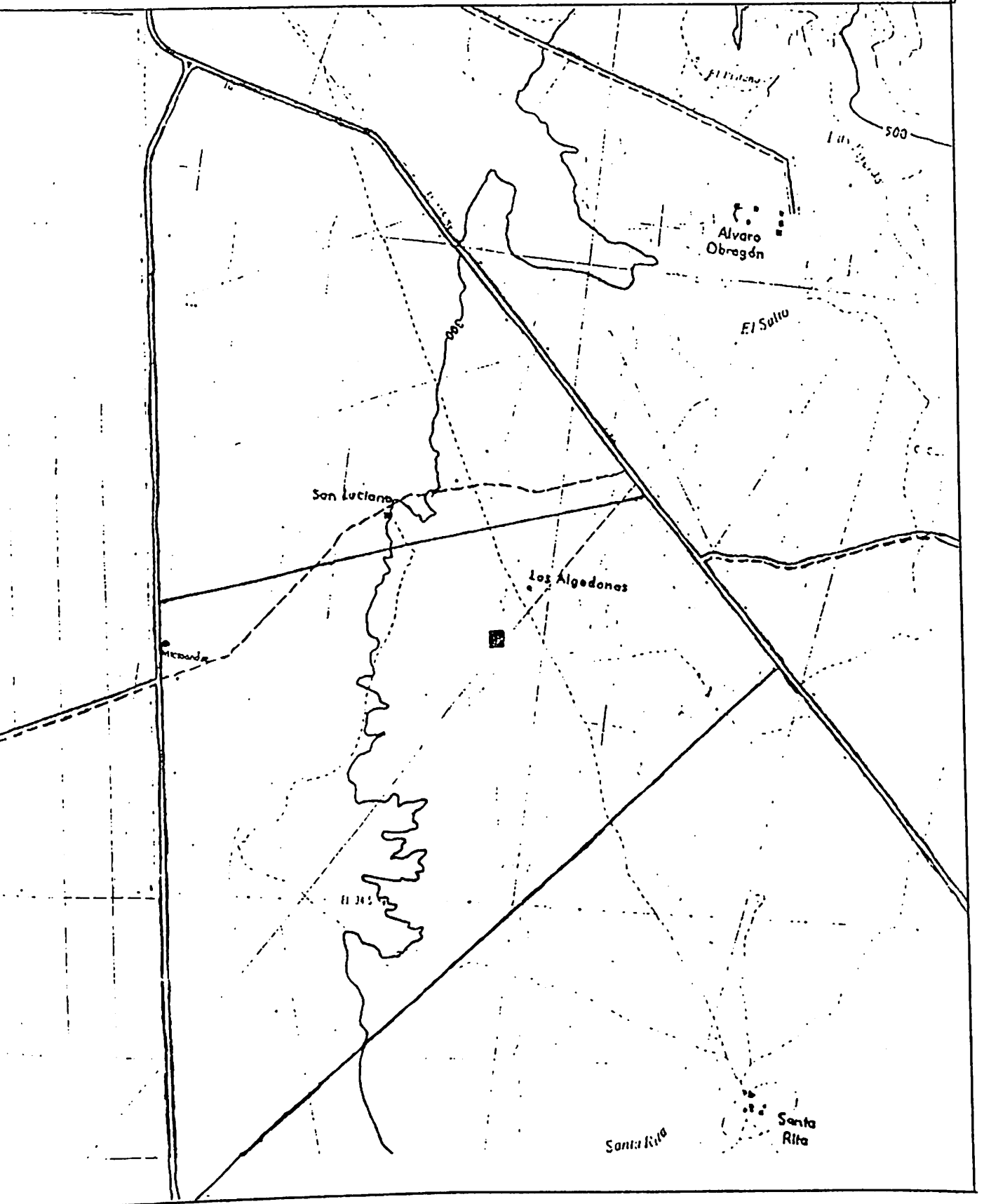


Figura 3.2.- Localización del rancho Los Algodones en B.C.S.

anual es de 150-350 mm con una evaporación potencial de 2050-2550 mm y una temperatura de 17° a 32° C (U.A.B.C.S.-Geociencias,1986).

Vegetación.

Con respecto a la vegetación, COTECOCA (1979) señala como tipo de vegetación predominante en la zona de estudio al Matorral Arborescente, formado por una asociación de árboles pequeños entre 4 y 12 m de altura y arbustos altos y medios de 4 m de altura con algunas cactáceas, siendo las especies dominantes las siguientes: palo blanco (*Lysiloma candida*), palo de arco (*Tecoma stans*), torotes (*Bursera* spp.) y lomboy (*Jatropha cinerea*). Otras especies son: palo adán (*Fouquieria diguetii*), ciruelo silvestre (*Cytocarpa edulis*), palo mauto (*Lysiloma divaricata*), palo zorrillo (*Casia emarginata*), mezquite (*Prosopis juliflora*), palo verde (*Cercidium floridum*), palo brea (*Cercidium sonora*), uña de gato (*Olneya tesota*), palo amarillo (*Esenbackia fleva*), bainoro (*Celtis pallida*), incienso (*Encelia farinosa*), maticora (*Jatropha cuneata*), cacachila (*Karwinskia humboltiana*), y damiana (*Turnera diffusa*).

Entre las hierbas se encuentran quelite (*Amaranthus palmeri*), caribe, ciruelillo, toloache, dis, tabaquillo, parraleña, hierba del golpe, golondrina, san miguelito, cafecillo, y pega ropa. Entre los zacates se encuentran: magnate (*Bouteloua curtipendula*), liebrero (*Bouteloua rothrockii*), aceitilla (*Bouteloua aristoides*), ceitilla (*Aristida adescencionis*), apestoso (*Eragrostis cilianensis*), guisapori (*Cenchrus palmeri*), cola de zorra (*Enneapogon desvauxii*), punta blanca

(Digitaria californica), Aristida ternipes, Eragrostis intermedia, Leptochloa filiformis y Setaria lutcens. Entre las cactáceas se encuentran: pitahaya agria (Machaerocereus gumosus), cardón (Pachycareus pringlei), choya (Opuntia cholla), biznagas (Ferocactus spp.), tasafo (Opuntia tasafo) y Opuntia spp.

Historial de Uso.

El predio donde fue realizado el estudio ha sido utilizado desde hace más de 30 años con ganado doméstico, de manera tradicional; es decir, un apacentamiento continuo durante todo el año. La carencia de infraestructura para hacer un uso racional del recurso, aunado con las sequías que se presentan frecuentemente, ha generado cambios en el nivel de productividad del rancho. La respuesta natural de la comunidad vegetal ante estas situaciones ha condicionado la decisión de modificar la carga animal (retirando o metiendo animales) según la condición del sitio, antes que cambios en los tiempos de uso y descanso.

Por lo que respecta a la fauna del sitio (herbívoros), ésta comparte con el ganado doméstico el habitat y el alimento, desconociendo su impacto sobre la comunidad vegetal, regulándose su población en función de permisos de cacería (no oficiales) que otorga el propietario a familiares y amigos, de la cacería furtiva, de la presión para obtener alimento por parte del encargado y mecanismos naturales, entre otros.

Como se ha indicado, el sitio de estudio presenta planicies de pendiente suave que favorecen el crecimiento de la planta en estudio, en tales áreas donde su densidad es mayor, el propietario del rancho excluye al ganado, confinándolo a otros sitios cercanos al casco, que no presentan tal característica, sobre todo en época de lluvias, por dos razones: cosecha de forraje de la damiana y producción de leche para elaboración de queso fresco, los cuales son los dos principales ingresos del rancho.

Métodos.

El trabajo se diseñó para evaluar el Método de Análisis Dimensional para estimar la biomasa de la damiana y su aplicación para determinar la utilización con apacentamiento por bovinos; por lo cual se procedió en dos etapas: a).- determinación de las relaciones entre las dimensiones de la planta (variables independientes) y su biomasa (variables dependientes); y b).-determinación y comparación de los modelos que mejor estimen la biomasa y utilización del arbusto por bovinos.

Procedimiento de Campo.

Para llevar a cabo las evaluaciones se utilizó una área de una hectárea (100x100 metros) la cual fue seleccionada por tener bien representados diferentes tamaños y clases del arbusto a evaluar (Johnson et al., 1988; Ludwig et al., 1975) buen acceso, cercanía al casco del rancho y disponibilidad de animales. La

exclusión fue establecida con postes de madera y alambre de púas a cuatro hilos, con la finalidad de garantizar que dicha área no sería utilizada por el ganado, además de que permitiría tener un control del muestreo.

El tamaño de la muestra (n) fue determinado mediante un premuestreo utilizando la fórmula propuesta por Cook y Bonham, (1977). Este se realizó en un área adyacente con las mismas características del área excluida debido a que es de naturaleza destructiva.

$$n = \frac{(t \text{ valor})^2 (2s^2)}{[(x) \% \text{ cambio}]^2}$$

donde: n es el número de arbustos requeridos para la evaluación, t es el percentil de la distribución de Student para una confianza dada, por ciento de cambio representa la cantidad de cambio en la media de la población que ha sido detectada, x es la media de la muestra, y s² es la varianza de la muestra; resultando una n de 56 arbustos.

En el área excluida se establecieron seis líneas en banda para poder localizar los 56 arbustos requeridos, ya que bajo condiciones de campo la relocalización de plantas consume mucho tiempo o puede resultar irrealizable. Los transectos tuvieron una longitud de 90 metros a una distancia de 16 metros entre

ellos y sirvieron como base para que se seleccionaron los 56 arbustos a través de un muestreo aleatorio.

A cada arbusto se le registraron las siguientes variables independientes: altura, diámetro de base mayor y menor, diámetro de copa mayor y menor (Uresk *et al.*, 1977; Azócar *et al.*, 1981; Clerc *et al.*, 1987; Mahgoub *et al.*, 1988), para posteriormente calcular otras variables como diámetros medios de base y copa, volumen (Uresk *et al.*, 1977; Ludwig *et al.*, 1975; Johnson *et al.*, 1988) y área de la copa (Ludwig *et al.*, 1975; Rittenhouse y Sneva, 1977). La variable volumen y área se calculó utilizando las fórmulas de un cono cilíndrico de base trunca de acuerdo a Hodgman *et al.* (1959), esto debido a que la forma de la planta se ajustaba mejor a dicha figura geométrica, criterio similar que siguieron Ludwig *et al.* (1975) y Johnson *et al.* (1988). Cabe mencionar que en dichos cálculos se utilizó los promedios de diámetros basales y de copa como lo hizo Rittenhouse y Sneva, (1977).

Posteriormente las plantas fueron cosechadas procurando extraer en lo posible la totalidad del sistema radical de la planta. Cada arbusto fue empacado e identificado convenientemente para ser sometido al proceso de determinación de materia seca. Se separaron manualmente las diferentes partes de la planta en raíz, tallo y hojas, registrándose su peso individual y en total (variables dependientes), utilizando para ello una balanza de barra triple con una pesada mínima de 1 gramo. Los datos obtenidos en el campo y laboratorio fueron ordenados en una matriz de datos utilizando el paquete de cómputo LOTUS-123 en espera de los análisis estadísticos.

Otros 56 arbustos sometidos al mismo procedimiento de muestreo fueron localizados y marcados en la misma área de exclusión mediante una rondana metálica identificada previamente sujeta con alambre a la base del arbusto y fueron caracterizados midiendo las mismas variables señaladas anteriormente. El 23 de diciembre de 1991 se introdujeron al área de estudio cuatro (4) becerros criollos de aproximadamente 250 kilogramos de peso, resultando en una carga animal de 1.20 Ha/UA/Mes, similar a la utilizada en el rancho "Los Algodones". Se consideró un tiempo de uso en base a consumo de forraje de 30 días. Después de realizar cuatro monitoreos semanales sobre el uso de las plantas por el ganado, se sacaron los becerros del área el 23 de enero de 1992, se procedió a relocalizar y caracterizar las mismas plantas medidas un mes antes. De las 56 plantas marcadas originalmente solo quedaron 42 después de la aplicación del tratamiento, como consecuencia de su eliminación por los animales. Posteriormente se procedió a cosechar de manera similar las plantas, esto con la idea de tener con precisión la cantidad de biomasa antes y después del uso, y con ello calcular la porción utilizada por el ganado (Ludwig *et al.*, 1975; Azócar *et al.*, 1981). Con los datos obtenidos se organizó otra matriz en espera de análisis estadístico.

Determinación de la relación entre variables dependientes e independientes.

Los datos obtenidos fueron sometidos al Análisis de Correlación con la finalidad de establecer estadísticamente el grado de asociación lineal (Coeficiente de Correlación, R) entre las variables (dependientes e independientes) de acuerdo a los procedimientos propuestos por Edwards (1976).

Determinación y Comparación de los modelos.

Posteriormente los mismos datos fueron sometidos al Análisis de Regresión Simple y Múltiple por Pasos (Stepwise Variable Selection) mediante el procedimiento conocido por mínimos cuadrados usando las funciones de los modelos siguientes: Lineal ($Y = a+bX$), Multiplicativo o Poder ($Y = aX^b$), Exponencial ($Y = ae^{bX}$) y Logarítmico ($Y = a+b\log X$) (Murray y Jacobson, 1982; Ludwig et al., 1975; Clerc et al., 1987; Azócar et al., 1981). Los criterios usado para probar la exactitud de los modelos fueron de acuerdo a los utilizados por Draper y Smith (1966) y Jonhson et al. (1988): Coeficientes de Determinación (R^2) y Error Estándar de la Estimación (EEE). Adicionalmente comparaciones de medias fueron realizadas para todas las variables (P mayor o igual a 0.05) y Análisis de Varianza, Análisis de Residuales e Intervalo de Confianza para todos los modelos evaluados . Para facilitar los cálculos se utilizó un programa computarizado de aplicación estadística llamado STATGRAPHICS Ver. 5.0. Para la estimación de la utilización se utilizó la relación propuesta por Ferguson y Marsden (1977) modificada para este estudio. Así utilización en términos de la longitud es:

$$U = 100 [1-(LR/LT)],$$

donde: LT es la longitud total y LR es la longitud remanente después del ramoneo.

10102

RESULTADOS

Estadísticos de las Variables Dependientes e Independientes en el Área Sin y Con Apacentamiento.

Variables Dependientes.

Para la variable biomasa total en el área sin apacentamiento y en el área apacentada se presentaron valores promedio de 114.87 y 77.22 g esto es una reducción de 67.22 por ciento con un error estándar de 9.97 y 9.82 g por planta, respectivamente. La prueba de comparación de medias resultó estadísticamente significativa a un nivel de probabilidad menor o igual de 0.05 [Cuadro 4.1 y Figura 4.1].

En el área sin uso valores de 16.84, 83.19 y 14.83 g fueron encontrados para biomasa de raíz, tallo y hoja, respectivamente y 14.85, 56.50, y 5.86 g para las mismas variables con apacentamiento. Así mismo, se encontraron amplios rangos en todas las variables, resultando en Coeficientes de Variación (CV) que van desde 62.16 a 70.56 y 65.03 a 93.37 por ciento para el área sin y con apacentamiento, respectivamente. Para el caso de la biomasa de raíz no se encontró diferencia significativa por efectos del apacentamiento, siendo las

Cuadro 4.1. Resultados estadísticos de las variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio.

| Sin apacentamiento | | Tamaño de Muestra | Promedio | Varianza | Desviación Estándar | Error Estándar | Valor Mínimo | Valor Máximo | Rango | Coefficiente Variación(%) |
|---------------------------|----|--------------------------|----------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
| Dependientes | | | | | | | | | | |
| Raíz (g) | 56 | 16.84 | 141.24 | 11.88 | 9.97 | 3.20 | 53.70 | 50.50 | 70.56 | |
| Tallo (g) | 56 | 83.19 | 3,285.95 | 57.32 | 7.66 | 12.00 | 249.90 | 237.90 | 68.90 | |
| Hoja (g) | 56 | 14.83 | 85.10 | 9.22 | 1.23 | 2.30 | 40.70 | 38.40 | 62.16 | |
| Total (g) | 56 | 114.87 | 5,571.84 | 74.64 | 9.97 | 22.70 | 327.70 | 305.00 | 64.97 | |
| Independientes | | | | | | | | | | |
| Altura (cm) | 56 | 48.14 | 131.57 | 11.47 | 1.53 | 30.00 | 80.00 | 50.00 | 23.82 | |
| DBM (cm) | 56 | 5.07 | 4.00 | 2.00 | 0.26 | 1.75 | 12.00 | 10.25 | 39.47 | |
| DCM (cm) | 56 | 50.78 | 163.97 | 12.80 | 1.71 | 23.50 | 79.00 | 55.50 | 25.21 | |
| CBM (cm2) | 56 | 23.29 | 396.92 | 19.92 | 2.66 | 2.04 | 113.09 | 110.69 | 85.53 | |
| CAM (cm2) | 56 | 2,120.55 | 1.06x10 ⁶ | 1,031.88 | 137.88 | 431.97 | 4,882.05 | 4,450.08 | 48.65 | |
| Area (cm2) | 56 | 4,860.66 | 4.14x10 ⁶ | 2,035.95 | 272.06 | 1,415.83 | 10,124.30 | 8,708.48 | 41.88 | |
| Volumen (cm3) | 56 | 40,540.20 | 6.34x10 ⁸ | 25,182.00 | 3,365.00 | 5,309.00 | 117,015.00 | 111,706.00 | 62.11 | |
| Con apacentamiento | | | | | | | | | | |
| Dependientes | | | | | | | | | | |
| Raíz (g) | 42 | 14.85 | 93.26 | 9.65 | 1.49 | 3.40 | 40.50 | 37.10 | 65.03 | |
| Tallo (g) | 42 | 56.50 | 2,783.81 | 52.76 | 8.14 | 6.30 | 266.30 | 15.20 | 315.50 | |
| Hoja (g) | 42 | 5.86 | 16.56 | 4.07 | 0.62 | 1.00 | 15.20 | 14.20 | 69.37 | |
| Total (g) | 42 | 77.22 | 4,053.09 | 63.66 | 9.82 | 10.90 | 315.50 | 304.60 | 82.44 | |
| Independientes | | | | | | | | | | |
| Altura (cm) | 42 | 26.14 | 80.98 | 8.99 | 1.38 | 10.00 | 48.00 | 38.00 | 34.36 | |
| DBM (cm) | 42 | 4.69 | 3.04 | 1.74 | 0.26 | 2.00 | 11.00 | 9.00 | 37.22 | |
| DCM (cm) | 42 | 31.78 | 142.27 | 11.92 | 1.84 | 12.00 | 67.50 | 55.50 | 37.52 | |
| CBM (cm2) | 42 | 19.61 | 273.10 | 16.52 | 2.55 | 3.14 | 95.03 | 91.89 | 84.24 | |
| CAM (cm2) | 42 | 883.78 | 475,129.00 | 689.29 | 106.36 | 100.53 | 3,534.30 | 3,433.77 | 77.99 | |
| Area (cm2) | 42 | 1,857.78 | 1.60x10 ⁶ | 1,266.46 | 195.42 | 379.59 | 6,867.76 | 6,488.17 | 68.17 | |
| Volumen (cm3) | 42 | 10,688.50 | 1.42x10 ⁸ | 11,935.30 | 1,841.65 | 778.53 | 68,106.60 | 67,328.10 | 111.66 ³ | |

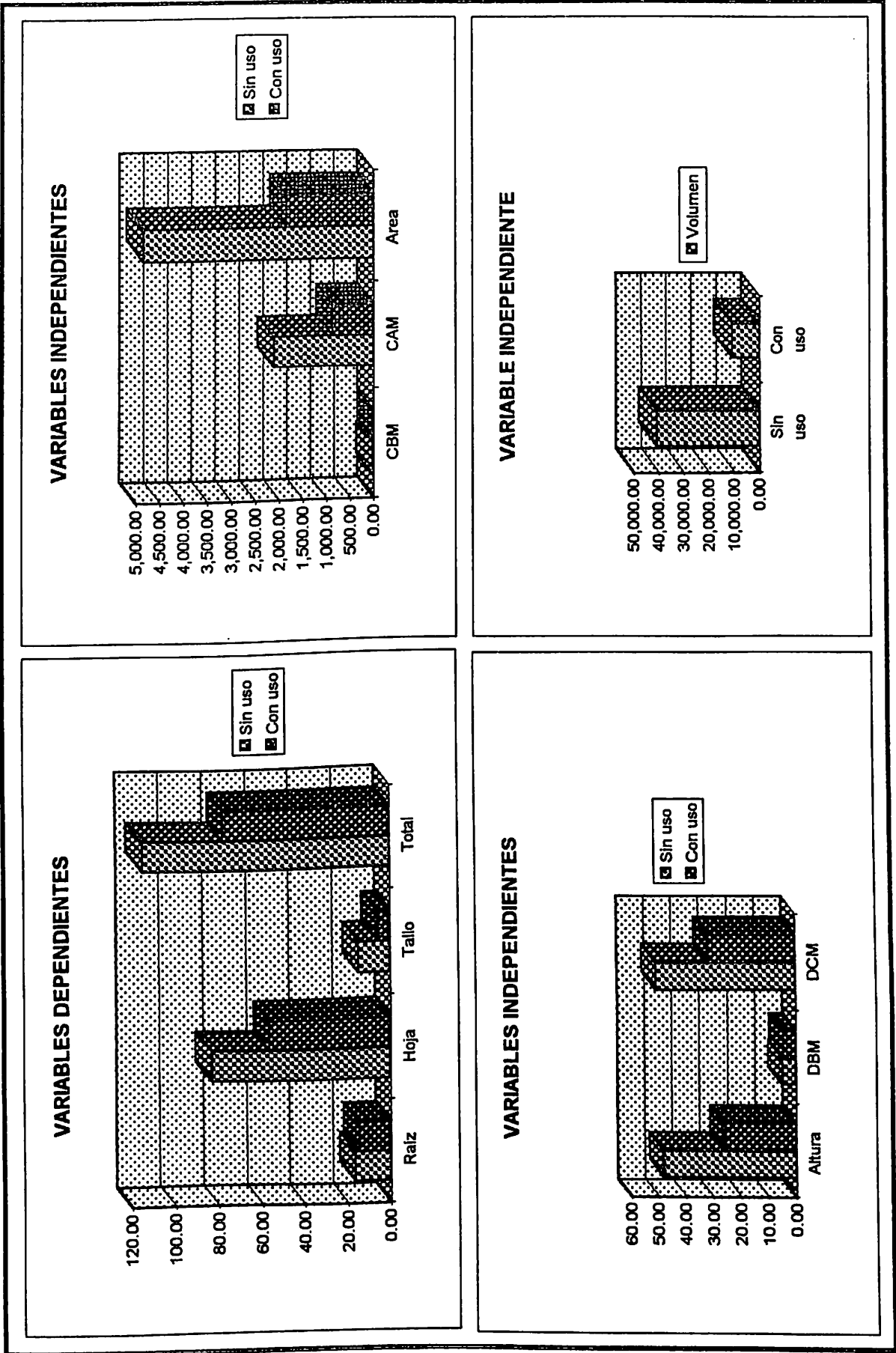


Figura 4.1. Resultados gráficos de los estadísticos de las variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio.

medidas para biomasa de tallo y hoja estadísticamente diferentes, todas a una probabilidad de $P < 0.05$.

En promedio, una planta de damiana sin uso posee una biomasa total de 114.87 g de los cuales 16.84, 83.19 y 14.83 g son de raíz, tallo y hoja y representan con respecto de la biomasa total 15, 72 y 13 por ciento, respectivamente. Mientras que los mismos valores obtenidos en el área con apacentamiento son del orden de 77.22, 14.85, 56.50 y 5.86 g representando 19, 73 y 8 por ciento, respectivamente.

Variables Independientes.

En el caso de las variables independientes evaluadas en el área sin uso la altura presentó un valor promedio de 48.14 cm mientras que con apacentamiento se obtuvo un valor de 26.14 cm, es decir una reducción en la altura de casi 55.00 por ciento, siendo estadísticamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

Para el DBM la reducción fue menor con un 7.49 por ciento con valores promedio de 5.07 vs. 4.69 cm resultando no significativa su diferencia ($P < 0.05$). En el caso del DCM se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre valores sus medios ya que el cambio promedio 37.42 por ciento, siendo su valor sin y con apacentamiento de 50.78 y 31.78 cm, respectivamente [Cuadro 4.1].

Para el resto de las variables independientes, CBM, CAM, área y volumen, se presentaron valores de 23.29 vs. 19.61 cm² para la primer variable, es decir un 15.80 por ciento de reducción no existiendo diferencia estadística ($P < 0.05$); en lo que respecta a la CAM, este cambio fue más marcado ya que la utilización disminuyó la variable de 2,121.55 a 883.78 cm² [58.34 por ciento]; la variable área en promedio sin uso fue 4,860.66 cm² y con apacentamiento 1,857.78 cm² teniéndose una reducción de casi 62.00 por ciento de su valor promedio; y finalmente, la variable volumen obtuvo valores promedio de 40,540.20 cm³ en el área sin y con apacentamiento promedió 10,688.50 cm³ siendo el cambio en porcentaje de 73.63. Estas últimas variables presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$).

En general y similar como ocurrió en las variables dependientes evaluadas, se presentó un amplio rango en las variables independientes, presentando CV para las variables biomasa de raíz, tallo, hoja y total de 70.56, 68.90, 62.16 y 64.97 en el área sin uso, mientras que en el área que recibió apacentamiento 65.03, 315.50, 69.37 y 82.44, respectivamente. En las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen se encontraron valores de 23.82, 39.47, 25.21, 85.53, 48.65, 41.88 y 62.11; y valores de 34.36, 37.22, 37.52, 84.24, 77.99, 68.17 y 111.66 por ciento tanto para el área sin y con apacentamiento.

Coeficientes de Correlación de las Variables Dependientes e Independientes en el Area Sin y Con Apacentamiento.

Variables Dependientes.

Los resultados obtenidos del análisis de correlación entre las variables dependientes en el área sin y con apacentamiento se muestran en el Cuadro 4.2.; Figura 4.2 y Figura 4.3 Valores de CC para la biomasa total cuando se correlaciona con raíz, tallo y hoja fueron de 0.87, 0.87 y 0.80 para el área sin uso y 0.83, 0.99 y 0.77 con apacentamiento. Para cada una de las áreas CC de biomasa raíz y hoja fueron 0.70 y 0.69 y biomasa de raíz con tallo de 0.82 y 0.77, respectivamente. Coeficientes de 0.74 y 0.73 fueron encontrados cuando se correlacionaron la biomasa de tallo con biomasa de hoja. En el área sin y con apacentamiento, las variables más correlacionadas con biomasa total son la de tallo, con valores de 0.87 y 0.99, le sigue en magnitud la de raíz (0.87 y 0.83) y de hoja (0.80 y 0.77).

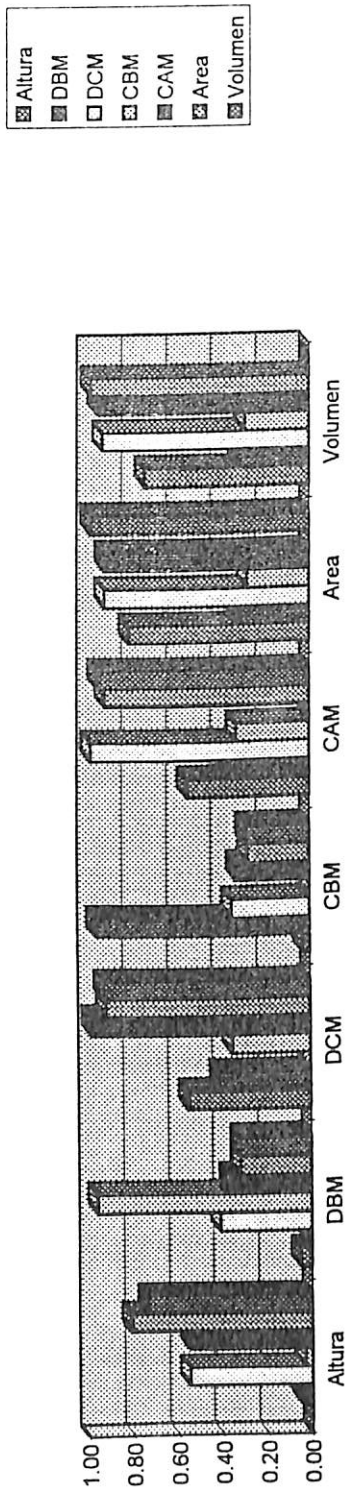
Variables Independientes.

En el caso de las variables independientes estudiadas en el área sin uso, se encontraron valores de CC para la variable altura cuando se correlacionó con DBM, DCM , CBM, CAM, área y volumen de 0.05, 0.55, 0.03, 0.55, 0.81 y 0.74; mientras que con apacentamiento fueron 0.26, 0.69, 0.33, 0.67, 0.83 y 0.75 [Cuadro 4.2.]. Tanto en el área sin y con apacentamiento la variable DBM

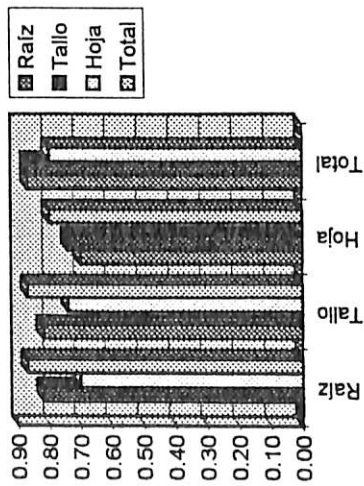
Cuadro 4.2. Coeficientes de correlación entre las variables dependientes e independientes utilizadas en el estudio.

| Sin apacentamiento | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|-------|------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| Variables Dependientes | Variables Dependientes | | | | Variables independientes | | | | Area | Volumen | |
| | Raíz | Tallo | Hoja | Total | Altura | DBM | DCM | CBM | | | CAM |
| Raíz | 1.00 | 0.82 | 0.70 | 0.87 | 0.13 | 0.60 | 0.49 | 0.57 | 0.48 | 0.41 | 0.42 |
| Tallo | | 1.00 | 0.74 | 0.87 | 0.35 | 0.67 | 0.66 | 0.66 | 0.65 | 0.63 | 0.64 |
| Hoja | | | 1.00 | 0.80 | 0.30 | 0.48 | 0.58 | 0.46 | 0.58 | 0.55 | 0.57 |
| Total | | | | 1.00 | 0.33 | 0.67 | 0.66 | 0.65 | 0.65 | 0.62 | 0.63 |
| Independientes | | | | | | | | | | | |
| Altura | | | | | 1.00 | 0.05 | 0.55 | 0.03 | 0.55 | 0.81 | 0.74 |
| DBM | | | | | | 1.00 | 0.41 | 0.96 | 0.37 | 0.32 | 0.32 |
| DCM | | | | | | | 1.00 | 0.35 | 0.98 | 0.92 | 0.93 |
| CBM | | | | | | | | 1.00 | 0.33 | 0.28 | 0.29 |
| CAM | | | | | | | | | 1.00 | 0.92 | 0.95 |
| Area | | | | | | | | | | 1.00 | 0.98 |
| Volumen | | | | | | | | | | | 1.00 |
| Con apacentamiento | | | | | | | | | | | |
| Variables Dependientes | Variables Dependientes | | | | Variables independientes | | | | Area | Volumen | |
| | Raíz | Tallo | Hoja | Total | Altura | DBM | DCM | CBM | | | CAM |
| Raíz | 1.00 | 0.77 | 0.69 | 0.83 | -0.09 | -0.33 | -0.12 | -0.27 | -1.10 | -1.12 | -1.13 |
| Tallo | | 1.00 | 0.73 | 0.99 | 0.00 | -0.20 | 0.04 | -0.13 | 0.04 | 0.02 | 0.02 |
| Hoja | | | 1.00 | 0.77 | 0.09 | -0.11 | 0.07 | -0.06 | 0.07 | 0.09 | 0.08 |
| Total | | | | 1.00 | 0.00 | -0.22 | 0.02 | -0.15 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| Independientes | | | | | | | | | | | |
| Altura | | | | | 1.00 | 0.26 | 0.69 | 0.33 | 0.67 | 0.83 | 0.75 |
| DBM | | | | | | 1.00 | 0.62 | 0.96 | 0.69 | 0.63 | 0.69 |
| DCM | | | | | | | 1.00 | 0.65 | 0.97 | 0.94 | 0.88 |
| CBM | | | | | | | | 1.00 | 0.75 | 0.70 | 0.78 |
| CAM | | | | | | | | | 1.00 | 0.96 | 0.95 |
| Area | | | | | | | | | | 1.00 | 0.97 |
| Volumen | | | | | | | | | | | 1.00 |

CORRELACION VAR. INDEP.



CORRELACION VAR. DEP.



CORRELACION VAR. DEP.-INDEP.

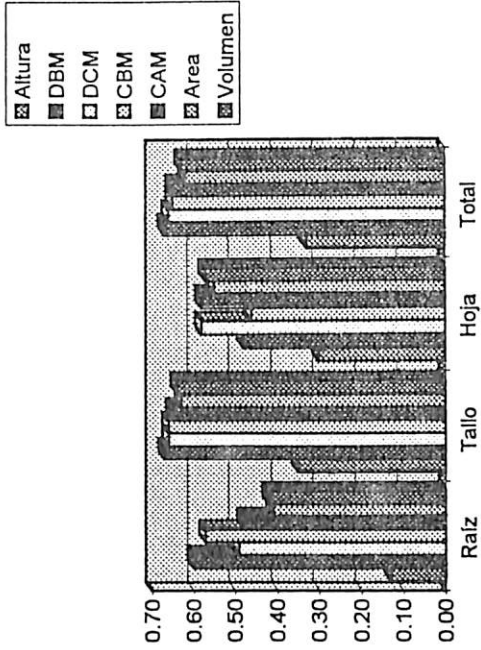


Figura 4.2. Coeficientes de Correlación entre variables dependientes e independientes utilizadas en el área sin apacentamiento.

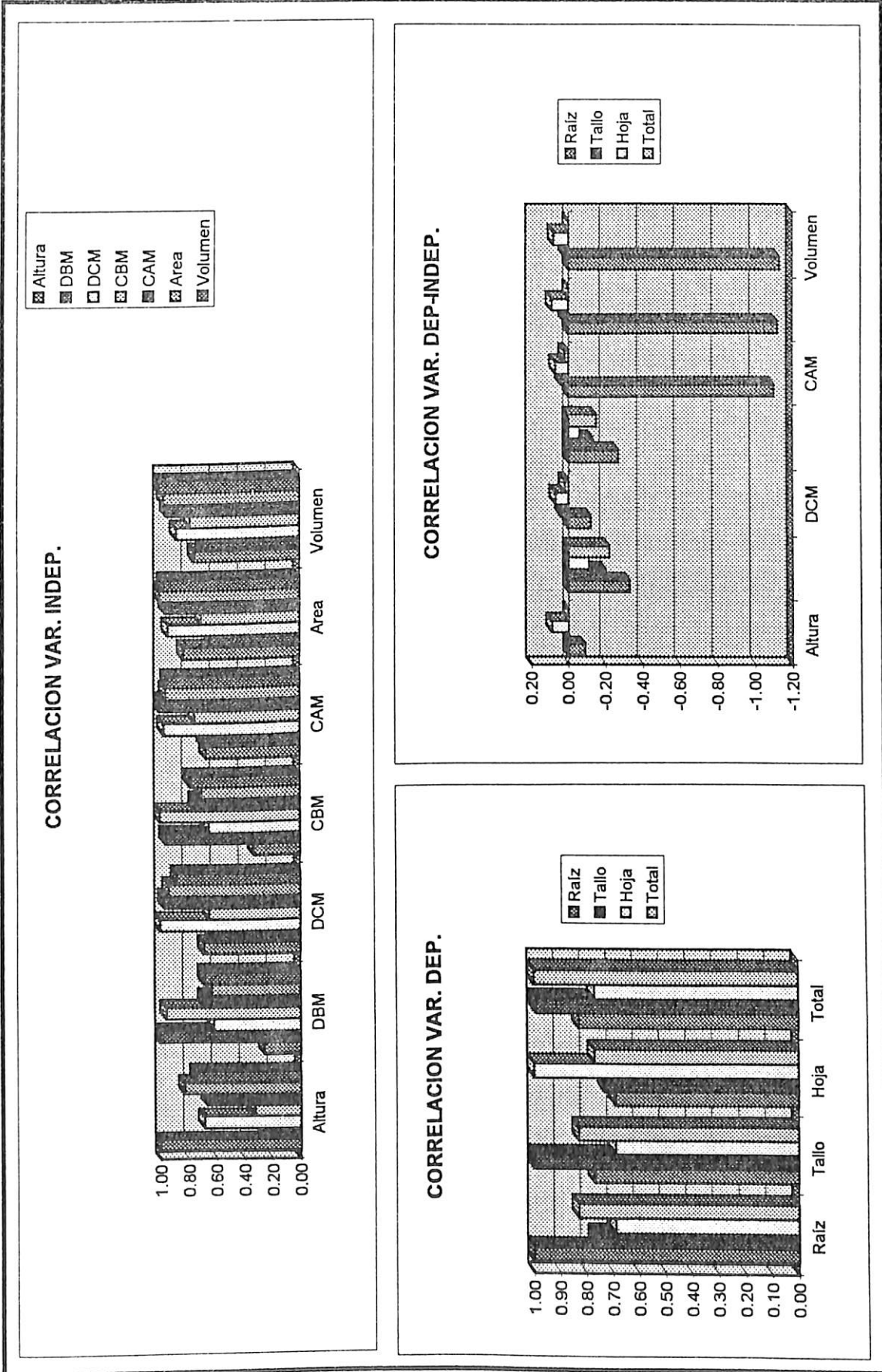


Figura 4.3 Coeficientes de Correlación entre variables dependientes e independientes utilizadas en el área con apacentamiento.

presentó correlación lineal con DCM, CBM, CAM, área y volumen de 0.41, 0.96, 0.37, 0.32 y 0.32; y 0.62, 0.96, 0.69, 0.63 y 0.69; DCM presentó CC de 0.35, 0.98, 0.92 y 0.93; y 0.65, 0.97, 0.94 y 0.88; la variable CBM con CAM, área y volumen con valores de 0.33, 0.28 y 0.29; y 0.75, 0.70 y 0.78; la variable CAM con área y volumen con CC de 0.92 y 0.95; y 0.96 y 0.95; y finalmente la variable área con volumen presentó valores de CC de 0.98 y 0.97 en ambas áreas respectivamente.

Variables Dependientes e Independientes.

Por lo que respecta a los resultados del análisis de correlación entre variables dependientes e independientes, estos se muestran en el Cuadro 4.2. En el área con apacentamiento se obtuvieron valores de CC positivos y aun negativos cuando las variables eran correlacionadas entre sí con rangos que van desde -0.33 a 0.09. En el área sin apacentamiento los valores de CC fueron superiores que en el área anterior, con rangos de 0.13 a 0.67.

La biomasa de raíz presenta valores de CC en el área sin utilización de 0.13, 0.60, 0.49, 0.57, 0.48, 0.41 y 0.42 contra todas las variables independientes altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen. Por su parte en el área con apacentamiento contra las mismas variables independientes señaladas anteriormente se encontraron valores negativos de -0.09, -0.33, -0.12, -0.27, -1.10, -1.12 y -1.13).

En cuanto a las variables biomasa de tallo y total, estos presentan valores de CC muy similares en el área sin apacentamiento cuando se correlacionan con las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen de: 0.35 y 0.33, 0.67 y 0.67, 0.66 y 0.66, 0.66 y 0.65, 0.65 y 0.65, 0.63 y 0.62 y 0.64 y 0.63, respectivamente. Para el área sometida al apacentamiento los coeficientes de correlación arrojaron valores de 0.00 y 0.00, -0.20 y -0.22, 0.04 y 0.02, -0.13 y -0.15, 0.04 y 0.02, 0.02 y 0.00 y 0.02 y 0.00 para las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente.

Finalmente la biomasa de hoja presentó valores de correlación lineal con las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen de 0.30, 0.48, 0.58, 0.46, 0.58, 0.55 y 0.57 para el área sin apacentamiento. En el área sometida al uso los valores respectivos fueron 0.09, -0.11, 0.07, -0.06, 0.07, 0.09 y 0.08.

Ecuaciones de Regresión Simple.

Biomasa Total.

El modelo multiplicativo para estimar biomasa total presentó valores de r^2 de 0.1423, 0.5165, 0.5346, 0.5165, 0.5350, 0.4760 y 0.5101 para las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, Área y Volumen, respectivamente, cuando se evaluó en el área sin uso y EEE de 0.61, 0.46, 0.45, 0.46, 0.45, 0.48 y 0.46, es decir menos de 1.0 gramo por planta. Por su parte en el área utilizada por bovinos los modelos presentaron r^2 con rangos de 0.00 hasta 0.08, presentando

la combinación variable-modelo: altura-exponencial, DBM-logarítmico, DCM-exponencial, CBM-logarítmico, CAM-exponencial, área-exponencial y volumen-exponencial coeficientes de determinación de 0.0043, 0.0849, 0.0102, 0.0849, 0.0129, 0.0099 y 0.0099, respectivamente. Análisis de varianza para cada uno de los modelos fueron significativos al 95 por ciento de nivel de confianza [Cuadro 4.3].

Error estándar de la estimación para los modelos lineal y logarítmico en el área sin apacentamiento presentaron valores de 71.08 y 70.67, 55.38 y 56.80, 56.53 y 57.25, 56.78 y 56.80, 57.23 y 57.20, 59.09 y 59.13 y 58.38 y 57.89 para las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente. Por lo que respecta a los valores obtenidos en el área con uso, fueron respectivamente: 64.45 y 64.44, 62.74 y 61.66, 64.43 y 64.45, 63.65 y 61.66, 64.43 y 64.44, 64.45 y 64.44 y 64.45 y 64.44, para las mismas variables, respectivamente.

Los modelos multiplicativo y exponencial en el área sin uso tuvieron EEE de 0.61 y 0.62, 0.46 y 0.48, 0.45 y 0.46, 0.46 y 0.52, 0.45 y 0.48, 0.48 y 0.50 y 0.46 y 0.50 para las variables variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente. Valores de 0.73 y 0.72, 0.70 y .072, 0.72 y 0.72, 0.70 y 0.72, 0.72 y 0.72, 0.72 y 0.72 y 0.72 y 0.72 fueron encontrados en el área que recibió el apacentamiento para las misma variables señaladas anteriormente.

Cuadro 4.3. Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa total en el área de estudio.

| VARIABLES | MODELO | FORMA | Sin apacentamiento | | | Con apacentamiento | | | | |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|-------|---------|-----------------------|----------------|-------|--------|------------------------|
| | | | r ² | EEE | a | b | r ² | EEE | a | b |
| Altura | $Y = a + bX$ | Lineal | 10.96 | 71.08 | 11.18 | 2.15 | 0.00 | 64.45 | 77.51 | -1.01 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 14.23 | 0.61 | 0.46 | 1.05 | 0.00 | 0.73 | 4.02 | 0.02 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 13.66 | 0.62 | 3.51 | 0.02 | 0.00 | 0.72 | 3.95 | 5.21×10^{-3} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 11.98 | 70.67 | -307.01 | 109.67 | 0.00 | 64.44 | 90.49 | -4.14 |
| DBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 45.94 | 55.38 | -13.28 | 25.27 | 0.01 | 62.74 | 116.32 | -8.34 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 51.65 | 0.46 | 2.64 | 1.22 | 0.06 | 0.70 | 4.79 | -0.47 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 47.73 | 0.48 | 3.38 | 0.22 | 0.02 | 0.72 | 4.38 | -0.06 |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 43.15 | 56.80 | -80.25 | 125.87 | 0.08 | 61.66 | 154.60 | -52.16 |
| DCM | $Y = a + bX$ | Lineal | 43.69 | 56.53 | -80.80 | 3.85 | 0.00 | 64.43 | 73.54 | 0.12 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 53.46 | 0.45 | -2.49 | 1.80 | 0.00 | 0.72 | 3.69 | 0.12 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 50.94 | 0.46 | 2.66 | 0.03 | 0.01 | 0.72 | 3.90 | 6.06×10^{-3} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 42.24 | 57.25 | -591.41 | 181.37 | 0.00 | 64.45 | 81.14 | -1.16 |
| CBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 43.18 | 56.78 | 57.53 | 2.46 | 0.02 | 63.65 | 89.05 | -0.60 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 51.65 | 0.46 | 2.79 | 0.61 | 0.06 | 0.70 | 4.73 | -0.24 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 38.90 | 0.52 | 4.05 | 0.02 | 0.01 | 0.72 | 4.15 | -3.07×10^{-3} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 43.15 | 56.80 | -65.05 | 62.93 | 0.08 | 61.66 | 148.30 | 26.08 |
| CAM | $Y = a + bX$ | Lineal | 42.27 | 57.23 | 15.14 | 0.04 | 0.06 | 64.43 | 75.26 | 2.21×10^{-3} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 53.50 | 0.45 | -2.27 | 0.90 | 0.28 | 0.72 | 3.77 | 0.05 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 46.12 | 0.48 | 3.61 | 4.35×10^{-4} | 1.29 | 0.72 | 3.98 | 1.18×10^{-4} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 42.33 | 57.20 | -569.37 | 90.85 | 0.04 | 64.44 | 87.75 | -1.62 |
| Area | $Y = a + bX$ | Lineal | 38.47 | 59.09 | 4.35 | 0.02 | 0.01 | 64.45 | 76.45 | 4.15×10^{-4} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 47.60 | 0.48 | -4.04 | 1.02 | 0.21 | 0.72 | 3.72 | 0.05 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 43.46 | 0.50 | 3.49 | 2.14×10^{-5} | 0.99 | 0.72 | 3.98 | 5.62×10^{-5} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 38.38 | 59.13 | -755.20 | 103.62 | 0.04 | 64.44 | 90.59 | -1.83 |
| Volumen | $Y = a + bX$ | Lineal | 39.94 | 58.38 | 38.93 | 1.87×10^{-3} | 0.00 | 64.45 | 76.91 | 2.83×10^{-5} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 51.01 | 0.46 | -2.60 | 0.68 | 0.16 | 0.72 | 3.83 | 0.03 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 42.71 | 0.50 | 3.84 | 1.71×10^{-5} | 0.99 | 0.72 | 4.02 | 5.96×10^{-6} |
| | $Y = a + \ln X$ | Logarítmico | 40.93 | 57.89 | -607.98 | 69.49 | 0.06 | 64.44 | 90.73 | -1.53 |

Biomasa de Raíz.

El modelo multiplicativo para estimar biomasa de raíz en cada variable evaluada (altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen presentaron r^2 de 0.0347, 0.4357, 0.2671, 0.4357, 0.2684, 0.2108 y 0.2364 cuando se evaluó en el área sin uso, con valores para el E.E.E. de 0.69, 0.53, 0.60, 0.53, 0.60, 0.62 y 0.61, respectivamente (Cuadro 4.4). Coeficientes de determinación con rangos de 0.0015 a 0.1479 fueron obtenidos en el área usada con apacentamiento, siendo el modelo para la altura el lineal con 0.0094 y para el resto de las variables (DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen) el modelo logarítmico con 0.1479, 0.0254, 0.1479, 0.0294, 0.0221 y 0.0260, respectivamente. En ambas áreas el análisis de varianza en cada uno de los modelos fueron significativos ($P < 0.05$).

Cuando se utilizaron variables que definen la parte basal del arbusto, tales como DBM y CBM los coeficientes de determinación fueron 0.4357 para ambas variables que cuando se utilizaban variables que definen la parte aérea de la planta. La altura como variable resultó tener un poder de predicción de 0.0169, 0.0347, 0.0305 y 0.0208 para los cuatro modelos considerados.

Por lo que respecta a los valores de EEE para los modelos lineal y logarítmico en el área sin apacentamiento se encontraron 11.89 y 11.86, 9.54 y 9.62, 10.49 y 10.47, 9.84 y 9.62, 10.49 y 10.45, 10.93 y 10.88 y 10.83 y 10.73 para las variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente. Para estos mismos modelos los valores obtenidos en el área con uso, fueron

Cuadro 4.4. Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de raíz en el área de estudio.

| VARIABLES | MODELO | FORMA | Sin apacentamiento | | | Con apacentamiento | | | | |
|-----------|-------------------|----------------|--------------------|-------|-----------------------|--------------------|-------|------|-------|------------------------|
| | | | r ² | EEE | a b | r ² | EEE | a b | | |
| Altura | $Y = a + bX$ | Lineal | 1.69 | 11.89 | 10.35 | 0.13 | 0.94 | 9.73 | 17.57 | -0.10 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 3.47 | 0.69 | 0.48 | 0.54 | 0.21 | 0.63 | 2.76 | -0.08 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 3.05 | 0.68 | 2.08 | 0.01 | 0.15 | 0.63 | 2.58 | -2.65×10^{-3} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 2.08 | 11.86 | -11.15 | 7.27 | 0.80 | 9.74 | 22.49 | -2.38 |
| DBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 36.70 | 9.54 | -1.39 | 3.59 | 11.04 | 9.22 | 23.47 | -1.84 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 43.57 | 0.53 | 0.77 | 1.17 | 13.82 | 0.59 | 3.48 | -0.65 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 39.94 | 0.54 | 1.48 | 0.21 | 9.87 | 0.60 | 3.04 | -2.81×10^{-3} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 35.58 | 9.62 | -11.36 | 18.19 | 14.79 | 9.03 | 30.34 | -10.44 |
| DCM | $Y = a + bX$ | Lineal | 24.15 | 10.49 | -6.31 | 0.45 | 1.45 | 9.71 | 17.95 | -0.10 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 26.71 | 0.60 | -2.62 | 1.34 | 0.75 | 0.63 | 2.99 | -0.14 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 24.78 | 0.60 | 1.22 | 0.02 | 0.29 | 0.63 | 2.60 | -2.81×10^{-3} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 23.69 | 10.47 | -67.37 | 21.62 | 2.54 | 9.65 | 28.54 | -4.04 |
| CBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 32.66 | 9.84 | 8.90 | 0.34 | 7.34 | 9.41 | 17.96 | -0.16 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 43.57 | 0.53 | 0.91 | 0.58 | 13.82 | 0.59 | 3.40 | -0.33 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 32.30 | 0.57 | 2.13 | 0.01 | 6.39 | 0.61 | 2.70 | -9.54×10^{-3} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 35.58 | 9.62 | -9.17 | 9.09 | 14.79 | 9.03 | 29.08 | -5.22 |
| CAM | $Y = a + bX$ | Lineal | 23.48 | 10.49 | 5.00×10^{-3} | 10^{-3} | 1.12 | 9.72 | 16.16 | -1.48×10^{-3} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 26.84 | 0.60 | -2.47 | 0.67 | 0.94 | 0.63 | 3.02 | -0.08 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 22.08 | 0.61 | 1.92×10^{-4} | 10^{-4} | 0.24 | 0.63 | 2.55 | -4.47×10^{-5} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 24.00 | 10.45 | -65.19 | 10.89 | 2.94 | 9.63 | 28.81 | -2.14 |
| Area | $Y = a + bX$ | Lineal | 16.94 | 10.93 | 5.16×10^{-3} | 10^{-3} | 1.68 | 9.70 | 16.69 | -9.88×10^{-4} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 21.08 | 0.62 | -3.40 | 0.71 | 0.69 | 0.63 | 3.09 | -0.08 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 18.31 | 0.63 | 1.88×10^{-4} | 10^{-4} | 0.48 | 0.63 | 2.57 | -3.41×10^{-5} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 17.60 | 10.88 | -76.95 | 11.17 | 2.21 | 9.67 | 30.83 | -2.18 |
| Volumen | $Y = a + bX$ | Lineal | 18.40 | 10.83 | 8.63×10^{-4} | 10^{-4} | 1.82 | 9.69 | 16.02 | -1.09×10^{-4} |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 23.64 | 0.61 | -2.51 | 0.49 | 0.88 | 0.63 | 3.03 | -0.06 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 18.62 | 0.63 | 2.11×10^{-5} | 10^{-5} | 0.77 | 0.63 | 2.56 | -4.59×10^{-6} |
| | $Y = a + b \ln X$ | Logarítmico | 19.92 | 10.73 | -63.45 | 7.71 | 2.60 | 9.65 | 28.62 | -1.56 |

respectivamente: 9.73 y 9.74, 9.22 y 9.03, 9.71 y 9.65, 9.41 y 9.03, 9.72 y 9.63, 9.70 y 9.67 y 9.69 y 9.65.

Los modelos multiplicativo y exponencial en el área sin uso tuvieron EEE de 0.69 y 0.68, 0.53 y 0.54, 0.60 y 0.60, 0.53 y 0.57, 0.60 y 0.61, 0.62 y 0.63 y 0.61 y 0.63 para las variables variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente. Valores de 0.63 y 0.63, 0.59 y 0.60, 0.63 y 0.63, 0.59 y 0.61, 0.63 y 0.63, 0.63 y 0.63 y 0.63 y 0.63 fueron encontrados en el área que recibió el apacentamiento para las misma variables señaladas anteriormente.

Biomasa de Tallo.

Para predicción de la biomasa de tallo en el área sin apacentamiento el modelo multiplicativo o geométrico ($Y=aX^b$) obtuvo r^2 de 0.1682, 0.5162, 0.5464, 0.5162, 0.5458, 0.5038 y 0.5345, para la altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente muy similar como ocurrió con las variables dependientes anteriores (Cuadro 4.5). Los valores para el EEE fueron de 0.66, 0.50, 0.49, 0.50, 0.49, 0.51 y 0.49 para cada variable.

Coefficientes de determinación fueron obtenidos en el área usada con apacentamiento, con rangos de 0.0001 hasta 0.3838, obteniéndose para la combinación variable-modelo los siguientes valores: altura-exponencial (0.0065), DBM-logarítmico (0.0722), DCM-exponencial (0.0162), CBM-logarítmico, (0.0722), CAM-exponencial (0.0195), área-logarítmico (0.3838) y volumen-exponencial

Cuadro 4.5. Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de tallo en el área de estudio.

| VARIABLES | MODELO | FORMA | Sin apacentamiento | | | Con apacentamiento | | | | |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|-------|---------|-----------------------|-------|-------|--------|------------------------|
| | | | r ² | a | b | r ² | a | b | | |
| Altura | $Y = a + bX$ | Lineal | 12.62 | 54.07 | -2.27 | 1.77 | 0.01 | 53.42 | 55.23 | 0.05 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 16.82 | 0.66 | -0.65 | 1.25 | 0.04 | 0.80 | 3.57 | 0.05 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 15.94 | 0.66 | 2.97 | 0.02 | 0.65 | 0.80 | 3.53 | 7.10X10 ⁻³ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 13.91 | 53.67 | -265.99 | 90.77 | 0.02 | 53.41 | 63.52 | -2.19 |
| DBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 46.19 | 42.43 | -15.48 | 19.45 | 4.25 | 52.27 | 85.71 | -6.23 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 51.62 | 0.50 | 2.11 | 1.33 | 4.21 | 0.79 | 4.40 | -0.46 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 46.94 | 0.53 | 2.93 | 0.24 | 1.47 | 0.80 | 3.98 | -0.06 |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 43.06 | 43.65 | -66.50 | 96.56 | 7.22 | 51.45 | 115.63 | -39.86 |
| DCM | $Y = a + bX$ | Lineal | 44.24 | 43.19 | -68.02 | 2.97 | 0.18 | 53.37 | 50.51 | 0.19 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 54.64 | 0.49 | -3.58 | 1.99 | 0.81 | 0.80 | 3.08 | 0.19 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 51.87 | 0.50 | 2.12 | 0.04 | 1.62 | 0.80 | 3.45 | 8.46X10 ⁻¹⁰ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 42.76 | 43.77 | -462.50 | 140.13 | 0.03 | 53.41 | 48.51 | 2.36 |
| CBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 43.96 | 43.30 | 36.75 | 1.90 | 1.80 | 52.93 | 64.92 | -0.43 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 51.62 | 0.50 | 2.27 | 0.66 | 4.21 | 0.79 | 4.34 | -0.23 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 37.91 | 0.57 | 3.66 | 0.02 | 0.15 | 0.80 | 3.75 | -1.85 |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 43.06 | 43.65 | -54.84 | 48.28 | 7.22 | 51.45 | 110.81 | -19.93 |
| CAM | $Y = a + bX$ | Lineal | 42.61 | 43.82 | 6.29 | 0.03 | 0.18 | 53.37 | 53.64 | 3.24X10 ⁻³ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 54.58 | 0.49 | -3.33 | 0.99 | 0.65 | 0.80 | 3.18 | 0.08 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 46.68 | 0.53 | 3.16 | 4.78X10 ⁻⁴ | 1.95 | 0.80 | 3.58 | 1.61X10 ⁻⁴ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 42.75 | 43.77 | -444.89 | 70.11 | 0.00 | 53.42 | 54.42 | 0.32 |
| Área | $Y = a + bX$ | Lineal | 40.03 | 44.80 | -3.38 | 0.01 | 0.07 | 53.40 | 54.44 | 1.11X10 ⁻³ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 50.38 | 0.51 | -5.46 | 1.14 | 0.47 | 0.80 | 3.11 | 0.08 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 45.35 | 0.53 | 3.02 | 2.38X10 ⁻⁴ | 1.58 | 0.50 | 3.49 | 2.14X10 ⁻⁵ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 40.19 | 44.74 | -600.53 | 81.42 | 38.38 | 0.80 | 3.57 | 7.87X10 ⁻⁵ |
| Volumen | $Y = a + bX$ | Lineal | 41.08 | 44.40 | 24.04 | 1.45X10 ⁻³ | 0.06 | 53.40 | 55.35 | 1.08X10 ⁻⁴ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 53.45 | 0.49 | -3.80 | 0.76 | 0.41 | 0.80 | 3.27 | 0.05 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 43.90 | 0.54 | 3.41 | 1.90X10 ⁻⁵ | 1.63 | 0.80 | 3.63 | 8.49X10 ⁻⁶ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 42.46 | 43.88 | -482.22 | 54.35 | 0.00 | 53.42 | 57.84 | -0.15 |

[0.0163]. Así mismo, Análisis de varianza para cada uno de los modelos fueron significativos ($P < 0.05$), exceptuando a la variable área-logarítmico el cual presentó diferencia estadística ($P < 0.05$).

Para biomasa de tallo, r^2 de 0.5162 y 0.5562 se obtuvieron cuando se utilizaron variables que definen la parte basal del arbusto, tales como DBM y CBM, mientras que cuando se utilizaban variables como DCM, CAM, área y volumen los r^2 encontrados fueron 0.5464, 0.5458, 0.5038 y 0.5345, respectivamente. La altura como variable resultó tener un poder de predicción e 0.1262, 0.1682, 0.1594 y 0.1391 para los cuatro modelos considerados. Los EEE obtenidos en los modelos lineal y logarítmico para las variables evaluadas [altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen] valores de 54.07, 53.67, 42.43 y 43.65, 43.19 y 43.77, 43.30 y 43.65, 43.82 y 43.77, 44.80 y 44.74 y 44.40 y 43.88 en el área sin apacentamiento. Para estos mismos modelos y variables evaluadas con apacentamiento, se encontraron valores de 53.42 y 53.41, 52.27 y 51.45, 53.37 y 53.41, 52.93 y 51.45, 53.37 y 53.42, 53.40 y 0.80 y 53.40 y 53.42, respectivamente.

Finalmente en el área sin uso valores para EEE de 0.66 y 0.66, 0.50 y 0.53, 0.49 y 0.50, 0.50 y 0.57, 0.49 y 0.53, 0.51 y 0.53 y 0.49 y 0.54 fueron encontrados para los modelos lineal y logarítmico y variables altura, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen, respectivamente. Los valores correspondientes al área evaluada con apacentamiento fueron 0.80 y 0.80, 0.79 y 0.80, 0.80 y 0.80, 0.79 y 0.80, 0.80

y 0.80, 0.80 y 0.50 y 0.80 y 0.80, respectivamente a cada modelo y variable evaluada.

Biomasa de Hoja.

Para la variable biomasa de hoja en el área con apacentamiento el modelo multiplicativo asociado con las variables el DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen obtuvo r^2 de 0.2614, 0.3907, 0.2614, 0.3923, 0.3156 y 0.3464, respectivamente. La variable altura asociado al modelo de la forma lineal presentó un r^2 de 9.19. EEE con valor de 0.53, 0.48, 0.53, 0.48, 0.52 y 0.50, para DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen fueron obtenidos, siendo el valor de EEE para la variable altura y el modelo lineal de 8.87 [Cuadro 4.6].

Coefficientes de determinación obtenidos en el área usada con apacentamiento presentaron rangos de 0.0002 hasta 0.0349, resultando la combinación variable-modelo de DBM-logarítmico con 0.0265, DCM-exponencial con 0.0282, CBM-logarítmico con 0.0265, CAM-exponencial con 0.0308, área-exponencial con 0.0349 y volumen-exponencial con 0.0320. Finalmente la variable altura presentó un r^2 de 0.0284 asociado con el modelo exponencial. Así mismo, Análisis de varianza para cada uno de los modelos evaluados fueron significativos al 95 por ciento de nivel de confianza.

Cuadro 4.6. Ecuaciones de regresión simple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de hoja en el área de estudio.

| VARIABLES | MODELO | FORMA | Sin apacentamiento | | | Con apacentamiento | | | | |
|-----------|------------------|----------------|--------------------|------|--------|-----------------------|----------------|------|------|-----------------------|
| | | | r ² | EEE | a | b | r ² | EEE | a | b |
| Altura | $Y = a + bX$ | Lineal | 9.19 | 8.87 | 3.10 | 0.24 | 0.94 | 4.10 | 4.72 | 0.04 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 7.35 | 0.60 | -0.22 | 0.71 | 1.06 | 0.75 | 0.83 | 0.21 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 8.32 | 0.59 | 1.76 | 0.01 | 2.84 | 0.75 | 1.15 | 0.01 |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 8.81 | 8.89 | -29.87 | 11.62 | 0.15 | 4.12 | 4.48 | 0.43 |
| DBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 23.14 | 8.16 | 3.59 | 2.21 | 1.36 | 4.09 | 7.14 | -0.27 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 26.14 | 0.53 | 1.25 | 0.81 | 1.12 | 0.75 | 1.85 | -0.22 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 25.65 | 0.53 | 1.72 | 0.15 | 0.20 | 0.76 | 1.61 | -0.02 |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 22.01 | 8.22 | -2.38 | 11.10 | 2.65 | 4.07 | 8.93 | -1.86 |
| DCM | $Y = a + bX$ | Lineal | 33.88 | 7.57 | -6.45 | 0.41 | 0.52 | 4.11 | 5.09 | 0.02 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 39.07 | 0.48 | -3.11 | 1.44 | 1.91 | 0.75 | 0.60 | 0.27 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 37.70 | 0.49 | 1.01 | 0.02 | 2.82 | 0.75 | 1.18 | 0.01 |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 32.33 | 7.65 | -61.52 | 19.61 | 0.24 | 4.12 | 4.09 | 0.52 |
| CBM | $Y = a + bX$ | Lineal | 21.21 | 8.26 | 9.87 | 0.21 | 0.43 | 4.11 | 6.18 | -0.02 |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 26.14 | 0.53 | 1.35 | 0.40 | 1.12 | 0.75 | 1.82 | -0.11 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 21.43 | 0.55 | 2.18 | 0.01 | 0.02 | 0.76 | 1.51 | 5.68X10 ⁻⁴ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 22.01 | 8.22 | -1.04 | 5.55 | 2.65 | 4.07 | 8.40 | -0.93 |
| CAM | $Y = a + bX$ | Lineal | 33.69 | 7.58 | 3.83 | 5.18X10 ⁻³ | 0.59 | 4.11 | 5.47 | 4.52X10 ⁻⁴ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 39.23 | 0.48 | -2.94 | 0.72 | 1.63 | 0.75 | 0.71 | 0.12 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 34.85 | 0.50 | 1.76 | 3.53X10 ⁻⁴ | 3.08 | 0.75 | 1.35 | 1.90X10 ⁻⁴ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 32.51 | 7.64 | -59.27 | 9.84 | 0.15 | 4.12 | 4.52 | 0.21 |
| Area | $Y = a + bX$ | Lineal | 31.03 | 7.73 | 2.57 | 2.52X10 ⁻³ | 0.83 | 4.10 | 5.32 | 2.93X10 ⁻⁴ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 31.56 | 0.52 | -4.02 | 0.77 | 1.90 | 0.75 | 0.37 | 0.16 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 31.71 | 0.51 | 1.68 | 1.71X10 ⁻⁴ | 3.49 | 0.74 | 1.31 | 1.10X10 ⁻⁴ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 28.44 | 7.87 | -77.71 | 11.02 | 0.83 | 4.10 | 5.32 | 2.93X10 ⁻⁴ |
| Volumen | $Y = a + bX$ | Lineal | 33.43 | 7.59 | 6.25 | 2.11X10 ⁻⁴ | 0.75 | 4.11 | 5.55 | 2.96X10 ⁻⁵ |
| | $Y = aX^b$ | Multiplicativo | 34.64 | 0.50 | -2.99 | 0.52 | 1.78 | 0.75 | 0.64 | 0.10 |
| | $Y = \exp(a+bX)$ | Exponencial | 32.68 | 0.51 | 1.94 | 1.40X10 ⁻⁵ | 3.20 | 0.74 | 1.40 | 1.12X10 ⁻⁵ |
| | $Y = a+b\ln X$ | Logarítmico | 30.52 | 7.76 | -62.30 | 7.41 | 0.75 | 4.11 | 5.55 | 2.96X10 ⁻⁵ |

Valores en EEE para la combinación variable-modelo DCM-exponencial, CBM-logarítmico, CAM-exponencial, área-exponencial y volumen-exponencial fueron 4.07, 0.75, 4.07, 0.75, 0.74 y 0.74, respectivamente. La variable altura asociada al modelo exponencial presentó un EEE de 0.75.

Ecuaciones de Regresión Múltiple.

Biomasa Total.

Para el área sin apacentamiento el modelo multiplicativo y el exponencial presentaron coeficientes de determinación de 0.9935 y 0.9930 usando transformaciones de log base y ln en el primer y segundo modelo, asociando variables CBM-CAM y DBM-DCM-CAM, respectivamente (Cuadro 4.7). En ambos modelos el CV resultó con valor de 0.00. Coeficientes de Determinación para los modelos lineal y exponencial tuvieron valores de 0.6478 y 0.6998 considerando las variables DBM-Volumen y DBM-DCM, presentando un CV de 0.39 y 0.00 para cada uno de los modelos. Excluyendo el intercepto de Y [a] en estos modelos resultó en valores de r^2 de 0.8978 y 0.9930 y CV de 0.39 y 0.00, respectivamente. Variables asociadas a la base del arbusto (DBM y CBM) fueron asociados al modelo logarítmico resultando en un r^2 y CV de 0.08333 y 0.49.

Para el caso del área con apacentamiento los modelos multiplicativo y el exponencial presentaron valores de r^2 de 0.9646 y 0.9648 incluyendo las variables CAM y altura-área-volumen-DCM, respectivamente. Para ambos

Cuadro 4.7. Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa total en el área de estudio.

| MODELO | VARIABLES | Sin apacentamiento | | | | |
|--|-----------|--------------------|--------|------|----------------|-----------|
| | | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = a + bX Lineal | Constante | -40.05 | 17.29 | 0.39 | 64.78 | 1.61 |
| | DBM | 19.66 | 3.21 | | | |
| | Volumen | 0.00 | 0.00 | | | |
| Y = bX Lineal | Altura | -0.949 | 0.39 | 0.39 | 89.78 | 1.70 |
| | DBM | 18.12 | 2.69 | | | |
| | Volumen | 0.00 | 0.00 | | | |
| Y = X ^a b Multiplicativo | log(CBM) | 0.432 | 0.01 | 0.00 | 99.35 | 1.51 |
| | log(CAM) | 0.439 | 0.03 | | | |
| Y = ae ^b X Exponencial | Constante | 2.38 | 0.20 | 0.00 | 69.98 | 1.65 |
| | DBM | 0.15 | 0.02 | | | |
| | DCM | 0.02 | 0.00 | | | |
| Y = e ^a bX Exponencial | DBM | 0.1407 | 0.03 | 0.00 | 99.30 | 1.55 |
| | DCM | 0.1234 | 0.01 | | | |
| | CAM | 0.00 | 0.00 | | | |
| Y = blnX Logarítmico | log(DBM) | -538.611 | 241.04 | 0.49 | 83.33 | 1.56 |
| | log(CBM) | 332.24 | 130.03 | | | |
| Con apacentamiento | | | | | | |
| MODELO | VARIABLES | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = bX Lineal | Altura | 2.64 | 0.38 | 0.89 | 53.85 | 2.10 |
| Y = X ^a b Multiplicativo | log(CAM) | 0.55 | 0.02 | 0.01 | 96.46 | 2.26 |
| Y = e ^a bX Exponencial | Altura | 0.17 | 0.02 | 0.01 | 96.48 | 2.32 |
| | Area | 0 | 0.00 | | | |
| | Volumen | 0 | 0.00 | | | |
| | DCM | 0.20 | 0.02 | | | |
| Y = blnX Logarítmico | log(Area) | 22.12 | 5.66 | 0.80 | 63.56 | 2.01 |
| | log(CBM) | -31.32 | 14.80 | | | |

modelos el CV fue de 0.01. En esta misma área los modelos lineales y logarítmicos presentaron valores de 0.5385 y 0.6356 siendo las variables relacionadas la altura y área-DCM y CV de 0.89 y 0.80, respectivamente.

Biomasa de Raíz.

Para el área sin uso los modelos multiplicativo y exponencial presentaron r^2 de 0.9649 y 0.9588 usando transformaciones de log base en el primer modelo, con las variables DBM-CAM y DBM-DCM, respectivamente. En ambos modelos el CV resultó con 0.03. Coeficientes de determinación de 0.4448 y 0.4678 fueron encontrados para los modelos lineal y exponencial asociando las variables DBM-CAM y DBM-DCM con CV de 0.53 y 0.03, respectivamente. En estos modelos la exclusión del intercepto a Y resultó en valores de r^2 y CV de 0.8101 y 0.54 y 0.9588 y 0.03 para las mismas variables [Cuadro 4.8].

En cuanto al área con apacentamiento el modelo multiplicativo y exponencial asociados con las variables área-volumen-CBM presentaron r^2 de 0.9505 y 0.9085 con CV de 0.04 y 0.05. El modelo logarítmico asociado a las variables área-CBM resultó en un r^2 y CV de 0.7314 y 0.63, respectivamente. Finalmente el modelo de la forma lineal y multiplicativo presentaron valores de 0.6545 y 0.1381 para r^2 , mientras que los correspondientes CV fueron de 0.72 y 0.04, respectivamente.

Cuadro 4.8. Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de raíz en el área de estudio.

| Sin apacentamiento | | | | | | |
|------------------------|--------------|-------------|-------|------|----------------|-----------|
| MODELO | VARIABLES | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = a + bX | Constante | -5.3656 | 3.61 | 0.53 | 44.48 | 1.78 |
| Lineal | DBM | 2.9313 | 0.65 | | | |
| | CAM | 0.00 | 0.00 | | | |
| Y = a + bX | DBM | 2.3086 | 0.51 | 0.54 | 81.01 | 1.81 |
| Lineal | CAM | 0.0027 | 0.00 | | | |
| Y = a X ^b | log(DBM) | 1.019 | 0.20 | 0.03 | 96.49 | 1.46 |
| Multiplicativo | log(CAM) | 0.135 | 0.04 | | | |
| Y = ae ^{bX} | Constante | 0.9018 | 0.29 | 0.03 | 46.78 | 1.58 |
| Exponencial | DBM | 0.1783 | 0.04 | | | |
| | DCM | 0.02 | 0.01 | | | |
| Y = e ^{bX} | DBM | 0.206 | 0.04 | 0.03 | 95.88 | 1.66 |
| Exponencial | DCM | 0.0295 | 0.00 | | | |
| Y = b ln X | log(DBM) | -75.931 | 40.85 | 0.57 | 78.84 | 1.66 |
| Logarítmico | log(CAM) | 47.06 | 22.03 | | | |
| Con apacentamiento | | | | | | |
| MODELO | VARIABLES | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = bX | Altura | 0.69 | 0.10 | 0.72 | 65.45 | 2.28 |
| Lineal | Volumen | 0 | 0.00 | | | |
| | | | | | | |
| Y = a + X ^b | Constante | 3.39 | 0.36 | 0.04 | 13.81 | 2.07 |
| Multiplicativo | log(CBM) | -0.32 | 0.13 | | | |
| | | | | | | |
| Y = X ^b | log(Area) | 1.91 | 0.54 | 0.04 | 95.05 | 2.07 |
| Multiplicativo | log(Volumen) | -1.21 | 0.46 | | | |
| | log(CBM) | -0.29 | 0.15 | | | |
| Y = e ^{bX} | Altura | 0.04 | 0.02 | 0.05 | 90.85 | 2.47 |
| Exponencial | Volumen | 0 | 0.00 | | | |
| | DCM | 0.06 | 0.02 | | | |
| Y = a + b ln X | Constante | 29.07 | 5.57 | 0.61 | 14.79 | 2.05 |
| Logarítmico | log(CBM) | -5.22 | 1.98 | | | |
| | | | | | | |
| Y = b ln X | log(Area) | 4.072 | 0.86 | 0.63 | 73.14 | 2.13 |
| Logarítmico | log(CBM) | -5.571 | 2.25 | | | |

Biomasa de Tallo.

Por lo que respecta a la Biomasa de tallo en el área sin apacentamiento los modelos multiplicativo y exponencial arrojaron valores de r^2 de 0.9904 y 0.9813 y con CV de 0.00 en ambos modelos cuando las variables CBM-CAM y DBM-DCM eran utilizadas. El modelo de la forma lineal asociando DBM-Volumen resultó con r^2 de 0.6580 incrementándose su poder de predicción a 0.8908 al excluir del modelo el intercepto a Y. Valor de 0.41 reportaron el CV en estos modelos. Un modelo logarítmico incluyendo las variables DBM-DCM resultó en un r^2 de 0.8189 y CV de 0.53. (Cuadro 4.9).

En el área que recibió uso por apacentamiento se presentaron valores de r^2 de 0.9524 y 0.9546 para los modelos multiplicativo y exponencial con CV de 0.02 y 0.01. Por lo que respecta a los modelos logarítmico y lineal estos presentaron valores de r^2 de 0.5360 y 0.4888 y CV de 0.94 y 0.98, respectivamente.

Biomasa de Hoja.

Tanto en el área sin y con apacentamiento los modelos multiplicativos y exponenciales presentaron coeficientes de determinación de 0.9650 y 0.9636 y 0.8114 y 0.7656 asociando variables como CBM-CAM, DBM-DCM, área y altura, respectivamente. En estos modelos el CV resultó en un 0.03, 0.03, 0.13 y 0.14 para el área sin uso y con uso. Para el modelo lineal los valores de r^2 fueron de 0.4125 y 0.6379 en las mismas áreas incluyendo las variables DCM-CBM y

Cuadro 4.9. Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de tallo en el área de estudio.

| MODELO | VARIABLES | Sin apacentamiento | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------|--------|------|----------------|-----------|
| | | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = a + bX | Constante | -36.467 | 13.09 | 0.41 | 65.80 | 1.72 |
| Lineal | DBM | 15.066 | 2.43 | | | |
| | Volumen | 0.00 | 0.00 | | | |
| Y = bX | CBM | 1.526 | 0.22 | 0.41 | 89.08 | 1.89 |
| Lineal | Volumen | 0.0011 | 0.00 | | | |
| Y = X ^a b | log(CBM) | 0.4904 | 0.08 | 0.00 | 99.04 | 1.67 |
| Multiplicativo | log(CAM) | 0.3706 | 0.03 | | | |
| Y = ae ^b X | Constante | 1.8142 | 0.23 | 0.00 | 70.12 | 1.86 |
| Exponencial | DBM | 0.169 | 0.03 | | | |
| | DCM | 0.03 | 0.00 | | | |
| Y = e ^a bX | DBM | 0.2247 | 0.04 | 0.00 | 98.13 | 1.96 |
| Exponencial | DCM | 0.0579 | 0.00 | | | |
| Y = b ln X | log(DBM) | -454.056 | 185.25 | 0.53 | 81.89 | 1.65 |
| Logarítmico | log(CBM) | 275.31 | 99.93 | | | |
| Con apacentamiento | | | | | | |
| MODELO | VARIABLES | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = bX | DCM | 1.585 | 0.25 | 0.98 | 48.88 | 2.10 |
| Lineal | | | | | | |
| Y = X ^a b | log(Area) | 0.504 | 0.02 | 0.01 | 95.24 | 2.25 |
| Multiplicativo | | | | | | |
| Y = e ^a bX | Altura | 0.16 | 0.03 | 0.02 | 95.46 | 2.10 |
| Exponencial | Area | -0.005 | 0.00 | | | |
| | Volumen | 0 | 0.00 | | | |
| | DCM | 0.19 | 0.03 | | | |
| Y = b ln X | log(Area) | 7.657 | 1.11 | 0.94 | 53.60 | 2.22 |
| Logarítmico | | | | | | |

altura. En la primer área el excluir el intercepto a Y se obtuvo un valor de r^2 de 0.8318 considerando las variables DCM-CBM. Finalmente el modelo logarítmico presentó valores en ambas áreas de 0.7865 y 0.6790, respectivamente [Cuadro 4.10].

Estimación de Utilización.

Los resultados de utilización se muestran en el Cuadro 4.11. La utilización del arbusto en base a la variable biomasa total fue del 32.78 por ciento, mientras que cuando se consideran las biomásas de raíz, tallo y hoja el porcentaje de utilización es 11.82, 32.08 y 60.49, respectivamente.

Para el caso de las variables independientes, la utilización en términos de altura alcanza un 45.70 por ciento; 7.50 y 15.80 por ciento para variables DBM y CBM; 37.42 y 58.32 por ciento para DCM y CAM; y del 61.78 y 73.63 por ciento cuando las variables consideradas son área y volumen.

Cuadro 4.10. Ecuaciones de regresión múltiple de los principales modelos utilizados para estimar biomasa de hoja en el área de estudio.

| MODELO | VARIABLES | Sin apacentamiento | | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------|------|------|----------------|-----------|
| | | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = a + bX | Constante | -5.814 | 3.98 | 2.06 | 41.25 | 0.84 |
| Lineal | DCM | 0.345 | 0.08 | | | |
| | CBM | 0.13 | 0.05 | | | |
| Y = bX | DCM | 0.235 | 0.03 | 0.49 | 83.18 | 0.92 |
| Lineal | CBM | 0.139 | 0.05 | | | |
| Y = X ^a b | log(CBM) | 0.274 | 0.10 | 0.03 | 96.50 | 0.81 |
| Multiplicativo | log(CAM) | 0.231 | 0.04 | | | |
| Y = ae ^b X | Constante | 0.8391 | 0.26 | 0.03 | 45.49 | 0.63 |
| Exponencial | DBM | 0.0945 | 0.03 | | | |
| | DCM | 0.02 | 0.01 | | | |
| Y = e ^a bX | DBM | 0.1207 | 0.04 | 0.03 | 96.36 | 0.84 |
| Exponencial | DCM | 0.0366 | 0.00 | | | |
| Y = b ln X | log(CBM) | 4.295 | 1.58 | 0.55 | 78.65 | 1.07 |
| Logarítmico | log(CAM) | 0.371 | 0.62 | | | |
| Con apacentamiento | | | | | | |
| MODELO | VARIABLES | ESTIMADORES | EEE | CV | r ² | Durb-Wat. |
| Y = bX | Altura | 0.205 | 0.02 | 0.74 | 63.79 | 2.45 |
| Lineal | | | | | | |
| Y = X ^a b | log(Area) | 0.206 | 0.02 | 0.13 | 81.14 | 2.65 |
| Multiplicativo | | | | | | |
| Y = e ^a bX | Altura | 0.053 | 0.00 | 0.14 | 76.56 | 2.35 |
| Exponencial | | | | | | |
| Y = b ln X | log(Area) | 0.797 | 0.09 | 0.70 | 67.90 | 2.65 |
| Logarítmico | | | | | | |

Cuadro 4.11. Resultados de utilización de las variables dependientes e independientes usadas en el estudio.

| Variables | Sin apacentamiento | | Con apacentamiento | | Utilización % |
|----------------------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|
| | Tamaño de Muestra | Promedio | Tamaño de Muestra | Promedio | |
| Dependientes | | | | | |
| Raíz (g) | 56 | 16.84 | 42 | 14.85 | 11.82 |
| Tallo (g) | 56 | 83.19 | 42 | 56.50 | 32.08 |
| Hoja (g) | 56 | 14.83 | 42 | 5.86 | 60.49 |
| Total (g) | 56 | 114.87 | 42 | 77.22 | 32.78 |
| Independientes | | | | | |
| Altura (cm) | 56 | 48.14 | 42 | 26.14 | 45.70 |
| DBM (cm) | 56 | 5.07 | 42 | 4.69 | 7.50 |
| DCM (cm) | 56 | 50.78 | 42 | 31.78 | 37.42 |
| CBM (cm ²) | 56 | 23.29 | 42 | 19.61 | 15.80 |
| CAM (cm ²) | 56 | 2,120.55 | 42 | 883.78 | 58.32 |
| Area (cm ²) | 56 | 4,860.66 | 42 | 1,857.78 | 61.78 |
| Volumen (cm ³) | 56 | 40,540.20 | 42 | 10,688.50 | 73.63 |

DISCUSION

Estadísticos de las Variables Dependientes e Independientes Sin y Con Apacentamiento.

Variables Dependientes.

Los valores obtenidos para biomasa total muestran mayores valores en el área sin apacentamiento, presentando en promedio un valor de 114.87 g, mientras que en el área utilizada con ganado fue de 77.22 g. Para la biomasa de raíz, tallo y hoja se encontraron valores de 16.84, 83.19 y 14.83 g y 14.85, 56.50, y 5.86 g para las mismas áreas, lo cual sugiere un efecto negativo por efecto del apacentamiento. Así mismo, se encontraron amplios rangos en todas las variables indicando que la planta presenta una gran variabilidad en tamaños. En promedio en el área sin apacentamiento la biomasa de raíz, tallo y hoja representan un 15, 72 y 13 por ciento del total de la biomasa, mientras que los mismos valores obtenidos en el área con apacentamiento son del orden de 19, 73 y 8 por ciento, respectivamente.

Uresk *et al.*, (1977) en un estudio conducido para estimar biomasa total y sus diferentes componentes en *Artemisia tridentata* en una área sin apacentamiento por ganado doméstico reportaron un valor promedio de biomasa total de 440 g mientras que la correspondiente a biomasa de tallo viva, tallo muerta, hoja y otras partes florales fueron 272, 49, 65 y 33 g por arbusto, lo que

equivale a un 62, 11, 14 y 8 por ciento de la fitomasa total respectivamente.

Valores similares a los encontrados en este trabajo fueron reportados por Cavazos, (1987) en plantas de orégano (*Lippia berlandieri*) otra planta aromática de zonas áridas y semiáridas del norte del país para biomasa de hoja con promedio de 15.09 g por planta.

Por su parte, Ludwig *et al.*, (1975) al caracterizar la biomasa en arbustos de talla pequeña encontraron valores promedios para biomasa aérea (hojas+tallo) y subterránea (raíz) de 135-127, 65-16 y 78-10 g en *Ephedra torreyana*, *Xanthocephalum sarothrae* y *Zinnia acerosa*, en cada caso. Estas últimas especies son similares al tamaño y forma la especie evaluada en este trabajo.

En otro estudio, Murray y Jacobson (1982) evaluaron la biomasa total y por fracciones de cuatro especies arbustivas: *Artemisia tripartita*, *Tetradymia canescens*, *Chrysothamnus viscidiflorus* y *Gutierrezia sarothrae* reportando valores promedio para hoja, tallo y total de 50, 200 y 258; y 16, 121 y 138 g para las dos primeras especies, mientras que las segundas sólo para biomasa total de 59 y 4 grs por planta esto debido a su tamaño pequeño.

Por su parte Azócar *et al.*, (1981) al evaluar la fitomasa forrajera del repanda (*Atriplex repanda*) reportan que en promedio las ramas, hojas y frutos aportaron el 54, 31 y 15 por ciento de la materia seca del arbusto.

En general, las relaciones entre los componentes de la biomasa de la damiana encontradas en este estudio caen dentro de las reportadas en la literatura para este tipo de arbustos presentes en zonas áridas y semiáridas.

Variables Independientes.

Las variables altura, DBM, DCM, CBM, CBA, área y volumen presentaron en promedio reducciones de 55.00, 7.49, 37.42, 15.80, 58.34, 62.00 y 73.63 por ciento, respectivamente. En general y similar como ocurrió en las variables dependientes evaluadas, se presentó un amplio efecto del apacentamiento sobre las variables evaluadas. Los rangos obtenidos para cada variable son aceptables para otras especies afines a la evaluada en este estudio [Cuadro 4.1.].

Así los DBM y DCM obtenidos en este trabajo caen dentro del rango a los encontrados en orégano por Cavazos (1987) quien encontró que el 55 por ciento de todas las plantas sujetas a muestreo tenían DCM entre 21.00 y 50.00 cm.

En otro estudio Ludwig et al., (1975) encontraron valores promedios para área de 0.34, 0.27 y 0.079 m² y volumen de 0.052, 0.032 y 0.016 m³ en Ephedra torreyana, Xanthocephalum sarothrae y Zinnia acerosa. Murray y Jacobson (1982) evaluaron el comportamiento del diámetro de copa aéreo (DCM) y altura como variables independientes para predecir la biomasa total y por componentes en cuatro especies arbustivas (Artemisia tripartita, Tetradymia canescens,

Chrysothamnus viscidiflorus y Gutierrezia sarothrae) reportaron valores promedio DCM de 52.1, 42.1, 33.3 y 18.4 cm y para la altura 44.9, 34.4, 33.1 y 17.0 cm en cada especie señalada.

Por su parte Azócar *et al.* (1981) señalan que sus modelos de predicción de la biomasa forrajera en Atriplex repanda aplican para arbustos que presenten una altura de 0.65 y desviación estándar de 0.13 m y perímetro (medido a la altura del diámetro mayor) de 1.91 y 0.84 m ya que su muestreo fue realizado en plantaciones artificiales del arbusto por lo que tenían edades y tamaños similares.

Clerc *et al.* (1987) al caracterizar las relaciones entre fitomasa de hojas con algunas variables alométricas en 130 arbustos de incienso (Flourensia thurifera) encontraron valores promedios en altura, diámetro mayor, diámetro menor, diámetro medio y el producto de altura por los diámetros mayor, menor y medio de 97.3, 102.9, 80.7, 91.8, 12.760, 11.004 y 11.436 cm, respectivamente. Estos valores promedios permiten apreciar que el arbusto presenta una arquitectura que aproxima a la forma de un elipsoide, siendo típica en los individuos adultos en estas formaciones vegetales.

Finalmente la gran variabilidad encontrada en la especie evaluada es ocasionada por la distinta edad y estado de alteración por efecto del hombre y de los animales.

Coefficientes de Correlación de las Variables Dependientes e Independientes en el Area Sin y Con Apacentamiento.

Variables Dependientes.

En el área sin y con apacentamiento, las variables más correlacionadas con biomasa total son la de tallo, con valores de 0.87 y 0.99, le sigue en magnitud la de raíz (0.87 y 0.83) y de hoja (0.80 y 0.77). La mayor correlación entre biomasa total y de tallo encontrada es debido a que esta contribuye en gran medida a la biomasa total (72.4 por ciento), continuando la biomasa radicular (14.6 por ciento) y por último la biomasa de hoja (13.0 por ciento). Los valores encontrados en CC sugieren que el uso de la planta por el ganado tiene un efecto negativo sobre el grado de relación de las variables dependientes evaluadas: biomasa total, raíz, tallo y hoja, a excepción de la correlación entre biomasa de tallo y total en donde su valor sin uso es menor (0.87) que con apacentamiento (0.99) [Cuadro 4.2].

Variables Independientes.

En el caso de las variables independientes estudiadas, se encontró una tendencia contraria al de las variables dependientes, es decir, la utilización de la damiana por el bovino ejerce un efecto positivo en los valores de CC. Este resultado es confirmado por los valores de CC de las variables independientes obtenidas del área sin uso, ya que tuvieron un rango que van desde 0.03 a 0.98,

y con apacentamiento de 0.26 a 0.97. En general la variable altura presentó el más bajo valor de CC con 0.03 y 0.05 y 0.26 y 0.33 en variables que definen la base del arbusto (DBM y CBM) en ambas áreas. Los más altos valores en correlación en ambas áreas fueron para variables DBM y CBM (0.96 vs. 0.96), DCM y CAM (0.98 vs. 0.97), área y altura (0.81 vs. 0.83), DCM y área (0.92 vs. 0.94), área y CAM (0.92 vs. 0.96) y volumen contra altura, DCM, CAM, y área (0.74 vs. 0.75, 0.93 vs. 0.88, 0.95 vs. 0.95 y 0.98 vs. 0.97). Estos resultados demuestran una mejoría en los C.C. por efecto de la utilización. Adicionalmente se encontró que en general, en el área sin y con apacentamiento, los valores de C.C. van aumentando a medida que las variables se vuelven más complejas, o más bien, en la medida en que una variable explica el tamaño o espacio ocupado por la planta (Cuadro 4.2.).

Variables Dependientes e Independientes.

En el área con apacentamiento se obtuvieron valores de CC positivos y aun negativos cuando las variables eran correlacionadas entre sí con rangos que van desde -0.33 a 0.09. En el área sin apacentamiento los valores de CC fueron superiores que en el área anterior, con rangos de 0.13 a 0.67. Estos resultados son debidos a que el efecto del ganado ejerce un efecto supresor de las dimensiones de la planta. La altura resultó tener el menor valor de correlación con todas las biomásas (0.13, 0.35, 0.30 y 0.33; y -0.09, 0.00, 0.09 y 0.00) en ambas áreas.

En cuanto a las variables biomasa de tallo, hoja y total los mayores valores de CC fueron encontrados cuando se asociaban a variables que definen la parte aérea y basal del arbusto, DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen (0.67, 0.48, 0.67; 0.66, 0.58, 0.66; 0.66, 0.46, 0.65; 0.65, 0.58, 0.65; 0.63, 0.55, 0.62 y 0.64, 0.57 y 0.63, para cada variable en el área sin apacentamiento. Esto sugiere que cualquier variable puede ser utilizada para predecir biomasa de tallo, hoja y total en una área sin apacentamiento, excepto la variable altura.

Azócar *et al.*, (1981) quien al evaluar los modelos de predicción de la biomasa forrajera del repanda en una área sin utilización por el ganado, obtuvieron altos valores con la variable altura por perímetro con las variables biomasa de tallo, de hoja y total con 0.91, 0.91 y 0.90; mientras que valores intermedios fueron para la variable perímetro solamente (0.88, 0.87 y 0.90). Menores valores se encontraron asociados con la variable altura con 0.72, 0.77 y 0.68, respectivamente, similar como se encontró en este trabajo.

Ecuaciones de Regresión Simple.

Biomasa Total.

El modelo que tuvo el mejor ajuste para estimar biomasa total fue el multiplicativo con R^2 de 14.23, 51.65, 53.46, 51.65, 53.65, 47.60 y 51.01 para las variables evaluadas en el área sin uso y bajos valores en EEE de 0.61, 0.46, 0.45, 0.46, 0.45, 0.48 y 0.46, es decir menos de 1.0 gramo por planta. Sin

embargo bajos coeficientes de determinación bajos fueron obtenidos en el área usada con apacentamiento, siendo el modelo logarítmico el más sobresaliente (8.49) [Cuadro 4.3].

Las variables con mayor coeficientes de determinación fueron las que definen la parte aérea del arbusto, tales como DCM, CAM y volumen con un valor 53.46, 53.50 y 51.01 que cuando se utilizaba la altura como variable (10.96) con altos valores en EEE para los modelos lineal y logarítmico con una rango de 55.38 a 71.08 y 61.66 a 64.45 gramos por planta, tanto en el área sin y con apacentamiento.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Kirmse y Norton (1985) en cuanto al uso del volumen como variable predictor de la biomasa total en dos especies forrajeras arbustivas, *Mimosa acutistipula* y *Auxemma onocalyx* pero no en cuanto al modelo con mejor ajuste ya que encontraron que una simple relación de la forma lineal $Y=a+bX$ resultó en los coeficientes de determinación más altos de 0.94 y 0.93 para ambas especies. En este estudio se ajustó la forma de un cono invertido y de un cilindro a las especies evaluadas para calcular la variable volumen, similar en el primer caso como se calculó aquí.

Similarmente, Uresk *et al.* (1977) al estimar la biomasa total y por fracciones en *Artemisia tridentata* encontró un valor de R^2 de 0.86 cuando se utilizaba la variable volumen en una simple relación lineal con 0.86, siendo el coeficiente altamente significativo.

Estos resultados hasta aquí presentados son consistentes con los obtenidos por Ludwig *et al.* (1975) quienes encontraron que en general las relaciones para la variable volumen tienden a ser lineales ($Y=bX$) mientras que para la variable área tienden a ser curvilíneas ($Y=bX+cX^2$). El signo positivo en la mayoría de las regresiones curvilíneas indica que a medida que el área se incrementa existe un incremento proporcional en la biomasa. En especies de tamaño y forma similares a la evaluada en este estudio tales como *Ephedra torreyana*, *Xanthocephalum sarothrae* y *Zinnia acerosa* y con modelo lineal simple, la mejor variable fue el área para la primera y segunda especie, siendo mejor el volumen para la especie *Xanthocephalum sarothrae*, para todas los componentes de biomasa considerados.

En otro estudio Murray y Jacobson, (1982) evaluaron la biomasa total de cuatro especies arbustivas: *Artemisia tripartita*, *Tetradymia canescens*, *Chrysothamnus viscidiflorus* y *Gutierrezia sarothrae*. Ellos encontraron los mayores coeficientes de determinación en el estudio con 0.95, 0.97, 0.92 y 0.92 en cada una de las especies cuando la circunferencia y altura eran las variables utilizadas siendo el modelo de la forma $Y=\ln a + b \ln H + c \ln C$, es decir un modelo logarítmico. Sin embargo, consistentemente altos valores en la desviación estándar fueron obtenidos para estos modelos (69.5, 22.8, 61.00 y 1.2) comparados con otras variables y modelos probados en este estudio.

Por su parte Azócar *et al.* (1980) encontraron que las formas exponencial y geométrica utilizadas para estimar biomasa total en *Atriplex repanda* no

aumentaron significativamente la precisión de la estimación que con la forma lineal (0.82, 0.81 y 0.81) cuando la variable independiente perímetro (cobertura aérea) era utilizada, encontrando valores de 0.73, 0.77 y 0.80 con la variable altura por perímetro (área). Este resultado concuerda con las conclusiones de Uresk *et al.*, (1977) sobre la estimación de la fitomasa en Artemisia tridentata. Otros autores (Rittenhuose y Sneva, 1977) encontraron relaciones exponenciales debido probablemente a la heterogeneidad en edades y crecimiento de las especies evaluadas.

Biomasa de Raíz.

El modelo para estimar biomasa radicular fue el multiplicativo siendo las mejores variables las DBM y CBM con un coeficiente de 43.57 para ambas variables en el área sin apacentamiento. El área y volumen resultaron en 21.08 y 23.64 de poder predictivo, muy inferiores a los encontrados por otros autores. La altura resultó tener el peor poder predictivo con un valor de R² de 3.47. (Cuadro 4.4.). Para el área usada por apacentamiento el mejor modelo fue el logarítmico con 14.79 para las variables DBM. y CBM.

Altos coeficientes de determinación fueron obtenidos por Ludwig *et al.*, (1975) para predecir la biomasa radicular en especies arbustivas a partir de área y volumen con valores de 0.97, 0.90 y 0.93; y 0.95, 0.98 y 0.90, para Ephedra torreyana, Xanthocephalum sarothrae y Zinnia acerosa, respectivamente, con modelos lineales simples, muy diferentes a los encontrados en este estudio.

Ellos concluyen que en caso de la biomasa radicular, se atraviesan con serios problemas en su estimación, ya que cuando es cosechada esta fracción, principalmente las perenes (mayor a 5 mm de diámetro) son colectadas, representando aproximadamente el 90 por ciento el sistema radicular total, mientras que el 10 por ciento restante no es colectado por ser la fracción funcional en absorción, cantidad que varía con la estación de crecimiento, lo cual le da a cualquier predicción de biomasa total un sesgo importante de considerar.

Biomasa de Tallo.

Para predicción de la biomasa de tallo en el área sin apacentamiento el modelo multiplicativo o geométrico más sobresaliente resultó cuando las variables DCM, CAM y volumen eran utilizadas con R^2 de 54.64, 54.58 y 53.45, mientras que valores ligeramente inferiores fueron obtenidos para DBM y CBM (51.62) y área (50.38). La variable altura resultó en el más bajo valor con 16.82 (Cuadro 4.5.).

En el área usada con apacentamiento, el modelo más sobresaliente fue el logarítmico con un R^2 de 38.38 con la variable área. Valores bajos fueron encontrados para los restantes modelos evaluados (exponencial, 0.65; logarítmico, 7.22; exponencial, 1.62; multiplicativo, 4.21; exponencial, 1.95; logarítmico, 38.38; y exponencial, 1.63).

En un estudio conducido por Rittenhouse y Sneva, (1977) en Artemisia

tridentata var. *wyomingensis* encontraron que la ecuación que mejor ajuste tuvo fue el multiplicativo ($Y=aX^b$) con coeficientes de determinación de 0.88 al utilizar el diámetro medio, seguida de diámetro mayor, altura, área y diámetro menor, con 0.86, 0.86, 0.85 y 0.72, respectivamente. En este estudio los datos fueron transformados logarítmicamente para ajustarlos a una ecuación de la forma $\log Y=a+b\log X$.

Sin embargo Uresk *et al.* (1977) en esta misma especie obtuvieron estimaciones de biomasa de tallo vivo, muerto y total altamente correlacionada con volumen, con valores de R^2 de 0.80, 0.80 y 0.77 cuando se utilizaba una simple relación lineal de la forma $Y=a+bX$.

En un estudio donde se evaluó la biomasa de tallo en dos especies arbustivas (*Artemisia tripartita* y *Tetradymia canescens*), Murray y Jacobson, (1982) encontraron coeficientes de determinación de 0.94 y 0.92, cuando la circunferencia y altura eran las variables utilizadas, siendo el modelo de la forma $\ln Y=\ln a+b\ln H+c\ln C$, es decir un modelo logarítmico. Sin embargo, altos valores en la desviación estándar fueron obtenidos para estos modelos (62.7 y 57.7) comparados con otras variables y modelos probados en este estudio.

Azócar *et al.* (1981) obtuvieron mejores estimaciones de la biomasa de tallo en *Atriplex repanda*, un arbusto forrajero utilizado por ovinos y caprinos cuando eran utilizados los modelos geométricos y exponenciales que con la forma lineal con coeficientes de determinación de 0.80, 0.79 y 0.77 cuando la

variable predictor era el perímetro, sin embargo al asociar las variables altura por perímetro los valores fueron de 0.77, 0.73 y 0.82. Esto debido probablemente a la homogeneidad en edad y tamaño de la especie evaluada así como a las condiciones propias del área de evaluación.

Biomasa de Hoja.

El modelo más sobresaliente para predecir la biomasa de hoja en le área con apacentamiento fue el modelo multiplicativo ($Y=aX^b$) con la variable DCM y CAM con valores de 39.07 y 39.23, aunque el volumen y área (34.64 y 31.56) con bajos EEE. La altura presentó en modelo lineal un R^2 con valor de 9.19 (Cuadro 4.6.). Para el área usada con apacentamiento los modelos resultaron en bajo valores de R^2 .

Resultados que apoyan a los obtenidos en esta investigación fueron encontrados por Cavazos, (1987) al evaluar diferentes variables dimensionales (DCM, altura, CAM y volumen) para predecir biomasa de hoja seca de orégano siendo la mejor variable la CAM con valor de R^2 de 0.87 mientras que el más bajo valor con 0.82 lo presentó la altura como variable predictor al aplicar el modelo lineal de la forma $Y=a+bX$.

Mejoras significativas ($P < 0.05$) fueron logradas con transformaciones log a los coeficientes de determinación con 0.95 para las variables DCM, Area y Volumen y disminuciones en el E.E.E. (0.35). Este autor concluyó que es factible

utilizar cualquiera de estas variables para predecir peso de hoja seca por planta, sin embargo señala que en campo es más práctico el uso de DCM porque involucra un menor número de cálculos.

Por su parte Rittenhuose y Sneva, (1977) al evaluar las relaciones entre biomasa fotosintética con mediciones de altura, diámetros de copa y área en *Artemisia tridentata* var. *wyomingensis*, encontraron que el mejor modelo fue el multiplicativo ($Y=aX^b$) con coeficientes de determinación más alto de 0.90 al utilizar el diámetro medio, seguida de diámetro mayor, altura, área y diámetro menor, con 0.88, 0.86, 0.85 y 0.73, respectivamente. En este estudio los datos fueron transformados logarítmicamente para ajustar una función de la forma $\log Y=a+b\log X$.

En otro estudio Uresk et al., (1977) al trabajar con *Artemisia tridentata* en un área sin uso por el ganado doméstico concluyeron que un modelo lineal simple predijo con mayor exactitud la biomasa de hoja a partir del volumen del arbusto evaluado con un coeficiente de 0.68, valor superior que cuando se utilizaba la altura como variable independiente.

Similares resultados fueron obtenidos por Azócar et al., (1981) cuando al evaluar la fitomasa forrajera del repanda encontraron que los modelos exponenciales y geométricos o multiplicativos no mejoraron significativamente la precisión de la estimación, ya que un modelo lineal simple resultó ser superior con valores de R^2 de 0.74, 0.69 y 0.76; y 0.71, 0.71 y 0.83, respectivamente

para la variable perímetro y altura por perímetro. Esto debido a la similitud de edad y tamaño del arbusto ya que son plantaciones artificiales.

En un estudio donde se evaluó la biomasa de hojas en dos especies arbustivas Artemisia tripartita y Tetradymia canescens. Para la primer especie, se encontró que el mejor modelo fue el multiplicativo de la forma $Y=ax^b$ con un coeficiente de determinación de 0.89 cuando la variable área era utilizada con una desviación estándar de 15.8. En cambio para la biomasa de hoja de la segunda especie, el mejor valor de su estimación fue de 0.61 y desviación estándar de 10.4, siendo el modelo lineal ($Y=a+bX$) el del mejor ajuste con la variable volumen. En el caso de ambas variables su cálculo se basó asumiendo la forma de una esfera. Murray y Jacobson, (1982) concluyeron que para mejorar los resultados en estimaciones de biomasa se debe desarrollar un esquema de clasificación de formas de las plantas a evaluar para obtener mejores resultados.

Clerc *et al.*, (1987) al caracterizar las relaciones entre biomasa de hojas con algunas variables alométricas (altura, diámetro mayor, diámetro menor y diámetro medio) en 130 arbustos de incienso (Flourensia thurifera) encontraron que el modelo geométrico fue la que permitió predecir la fitomasa en forma más exacta. Así el coeficiente de determinación fue de 0.79, 0.82, 0.82 y 0.83, para cada variable independiente señalada. Estos resultados coinciden con los obtenidos con Rittenhouse y Sneva, (1977) quienes encontraron relaciones no lineales entre la biomasa de especies arbustivas de zonas áridas y parámetros alométricos. Ellos concluyen que los valores de R^2 son altos e indican una buena correlación entre las variables analizadas.

En este mismo estudio, al realizar combinaciones de altura con los diámetros mayor, menor y medio; nuevamente la función geométrica fue la que mejor ajustó los valores de regresión, con R^2 de 0.82 para las tres variables, presentando el menor error estándar de la estimación. Estos autores recomiendan estimar la fitomasa del incienso potencialmente utilizable por caprinos, a través de una ecuación geométrica, basado en el promedio de ambos diámetros, ya que con esta variable se obtuvo el mayor coeficiente de determinación.

Finalmente, es importante señalar la necesidad de contar con mayor información sobre el efecto en las estimaciones de fitomasa a través de parámetros alométricos de variables tales como edad, fenología, presión de pastoreo, hábitos de consumo por parte del ganado, etc.

Ecuaciones de Regresión Múltiple.

Biomasa Total.

Para el área sin apacentamiento el modelo multiplicativo y el exponencial presentaron coeficientes de determinación de 99.35 y 99.30 más altos, siendo las mejores variables relacionadas CBM-CAM; y DBM-DCM-CAM, respectivamente [Cuadro # 4.7.] con los más bajos CV. Los modelos lineal [$Y=a+bX$] y exponencial [$Y=ae^{bX}$] tuvieron valores de 64.78 y 69.98 con variables DBM-Volumen; y DBM-DCM., mejorándose los valores al excluir la

constante (89.78 y 99.30). Para el caso del área con apacentamiento los mejores modelos fueron multiplicativo y exponencial con valores de R^2 fueron del 96.46 y 96.48 incluyendo las variables CAM-DCM y Area-Volumen. Los modelos lineales y logarítmicos presentaron valores de 53.85 y 63.56 siendo las variables relacionadas la altura y altura, área, volumen y DCM.

Biomasa de Raíz.

Para el área sin uso el modelo con mejor ajuste fue el multiplicativo con 95.05 y el exponencial con 90.85, siendo las mejores variables Area-Volumen-CBM y Altura-DCM, respectivamente. Bajos R^2 fueron encontrados en los modelos lineal ($Y=a+bX$) y exponencial ($Y=ae^{bX}$) con 44.48 y 46.78 con las variables DBM-CAM y DBM-DCM. La exclusión en estos modelos de la constante [a] resultó en una, mejoría en los valores de R^2 incrementándose de 81.01 a 95.88, para las mismas variables (Cuadro 4.8.). En el área con apacentamiento los mejores modelos fueron los mismos que en área sin uso, con coeficientes de determinación de 95.05 y 90.85 para las mismas variables.

Biomasa de Tallo.

En ambas áreas los modelos con mejor poder de predicción fueron los multiplicativos y exponenciales con R^2 de 99.04 y 98.13; y 95.24 y 95.46, respectivamente, siendo las variables consideradas CBM-CAM, DBM-DCM para

el primer modelo y Area-Altura-DCM para el segundo. En ambos modelos bajos CV fueron encontrados (Cuadro 4.10.). Los modelos lineal y exponencial con constante resultaron con 65.80 y 70.12 sin uso y sin constante mejorías en los valores de 89.08 y 98.13. En cuanto al área con uso el modelo lineal y logarítmico presentaron R^2 de 48.88 y 53.60 con CV de 0.98 y 0.94 con las variables DCM y área, respectivamente.

Rittenhuose y Sneva, (1977) en un estudio donde evaluaron las relaciones entre biomasa de tallo con mediciones de altura, diámetros de copa y área en Artemisia tridentata var. wyomingensis, encontraron que el mejor modelo fue el multiplicativo ($Y=aX^b$) cuando asociaban variables en el modelo, con coeficientes de determinación más alto de 0.97 al utilizar transformaciones log en todas las variables de DCM-Altura y diámetro mayor-diámetro menor-altura; seguido de 0.96 al combinar Area-Altura y diámetro mayor-Altura. En general, la combinación de variables con Altura resulta en una mejoría en los valores de determinación, además de que reduce el E.E.E. a casi un 50-60 por ciento de la desviación estándar de las variables individuales.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Rittenhuose y Sneva, (1977) en un estudio donde al determinar las relaciones entre biomasa de tallo en Artemisia tridentata var. wyomingensis y mediciones de altura, diámetros de copa y área, encontraron que el modelo de la forma $Y=aX^b$ presentó mejor estimación de la biomasa cuando asociaban variables en el modelo, con R^2 de 0.95 al utilizar transformaciones log en todas las variables de DCM-Altura,

diámetro mayor-diámetro menor-altura, diámetro mayor-altura y Area-Altura. En general, la combinación de variables con Altura resultó en mejores valores de determinación. Ellos concluyeron que el uso de mediciones lineales se justifica ya que no es posible encontrar relaciones entre biomasa, expresada como $\log g/m^2$ y \log diámetros.

Biomasa de Hoja.

En ambas áreas los modelos con mejor poder de predicción presentaron fueron el multiplicativo y el exponencial con R^2 de 96.50 y 96.36; y 81.14 y 76.56, respectivamente, con variables como CAM, DBM-DCM para el primer modelo y Area y Altura para el segundo. Los modelos lineal y exponencial con constante asociadas a DBM, DCM y CBM presentaron R^2 de 41.25 y 45.49 en el área sin uso, mejorando su valor (83.18 y 96.36) al excluir la constante [Cuadro 4.9.]. En cuanto al área con uso, los mejores modelos obtenidos fueron el $Y = X^b$ y $Y = e^{bX}$ con variables de altura y área.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el presente trabajo, se desprenden las siguientes conclusiones:

a.- Es posible estimar la biomasa y utilización de la damiana a partir de medidas dimensionales de manera rápida y confiable.

b.- Las variables que mejor se relacionan con la biomasa total y de tallo del arbusto son medidas de D.B.M. y D.C.M.; para biomasa de hoja variables que definen la parte aérea como D.C.M., C.A.M., Area y Volumen; y para biomasa de raíz variables que definen la base del arbusto como D.B.M. y C.B.M.

c.- Los modelos de regresión simple evaluados (lineal, multiplicativo, exponencial y logarítmico) predicen los diferentes componentes de la biomasa (total, radicular, tallo y hoja) de la damiana con sistemáticamente bajos coeficientes de determinación y altos errores estándar de la estimación.

d.- Los modelos de regresión múltiple evaluados (lineal, multiplicativo, exponencial y logarítmico) predicen los diferentes componentes de la biomasa (total, radicular, tallo y hoja) de la damiana con sistemáticamente altos coeficientes de determinación y aceptables errores estándar de la estimación.

e.- Modelos multiplicativos ($Y = aX^b$) y exponenciales ($Y = \exp[a+bX]$) resultan ser más sobresalientes estadísticamente para predecir las biomásas evaluadas, le sigue el modelo logarítmico ($Y = a+B\ln X$) y con bajo desempeño el modelo lineal ($Y = a+bX$).

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el Método de Análisis Dimensional para estimar la biomasa de la damiana (Turnera diffusa, Wild.) y su utilización por bovinos en un rancho ganadero de Baja California Sur. Se utilizó una muestra de 56 arbustos aleatoriamente seleccionados en un área excluida del ganado y representativa del Matorral Arborescente. Cada planta fue caracterizada midiéndoles la altura, diámetro basal medio (DBM), diámetro de copa medio (DCM), cobertura basal media (CBM), cobertura aérea media (CAM), área y volumen, siendo utilizadas como variables independientes. Las variables dependientes evaluadas fueron biomasa radicular (Br), de tallo (Bt), de hoja (Bh) y total (BT). Posteriormente otra muestra de 56 plantas fue seleccionada en la misma área la cual recibió el mismo tratamiento aplicándole una carga animal de 1.2 Ha/UA durante un mes. Al final solo 42 plantas fueron localizadas, mismas que se midieron y cosecharon para así determinar la utilización. Los modelos evaluados fueron: lineal ($Y = a+bX$), multiplicativo ($Y = aX^b$), exponencial ($Y = \exp(a+bX)$) y logarítmico ($Y = a+b\ln X$). Análisis de correlación, regresión simple y múltiple y comparaciones de medias fueron realizados para analizar relaciones entre las variables y seleccionar los modelos que mejor estimen la biomasa y su aplicación para determinar utilización. Los criterios utilizados para seleccionar el mejor modelo fueron el coeficiente de determinación (r^2) y el error estándar de la estimación (EEE).

Los resultados obtenidos indican diferencias significativas ($P < 0.05$) en mediciones pre y pos-apacentamiento sobre las variables en estudio presentando amplios rangos en sus valores indicando una alta variabilidad en el arbusto, con excepción de las variables Br, DBM y CBM. Tanto en el área sin y con apacentamiento, el más alto valor de correlación se encontró entre las variables BT y Bt (0.87 y 0.99), sin embargo el resto de las variables obtuvieron menor coeficiente de correlación por efecto del uso; mientras que en variables independientes los mas altos valores fueron encontrados entre aquellas que definen la parte aérea del arbusto (DBM, CBM, DCM, CAM, área y volumen) con valores de 0.92 a 0.98, mejorándose su valor por efecto de la utilización. Por lo que respecta a la correlación entre variables dependientes e independientes en el área sin utilización, altos valores fueron encontrados (0.60 y 0.57), mientras que con uso se obtuvo una reducción en sus valores y aun negativos (-0.33 y -0.27).

Los resultados del Análisis de Regresión Simple muestran que el modelo con mejor ajuste para la estimación de las biomásas en el área sin uso fue el multiplicativo ($Y=aX^b$), siendo para BT y Bh las variables asociadas el DCM y CAM (r^2 de 0.5346; 0.5330 y 0.3907; 0.3923) y más bajos valores de EEE (0.46); mientras que para la Br y Bt asociado con las variables DBM y CBM (r^2 de 0.4357; 0.4357 y 0.5165; 0.5562, respectivamente) con valores de EEE más bajos de 0.53. Por lo que respecta al área con apacentamiento el mejor modelo fue el logarítmico con las mismas variables, aunque con menores coeficientes de determinación. La variable altura resultó ser la peor variable predictor para todos los modelos.

Por lo que respecta al Análisis de Regresión Múltiple este muestra mejoras importantes en términos de coeficientes de determinación y EEE que la Regresión Simple. Los modelos que resultaron tener mejor ajuste para todas las biomásas (BT, Br, Bt y Bh) tanto en el área sin y con apacentamiento fueron el multiplicativo y exponencial, con valores en r^2 de 0.9935, 0.9648; 0.9649, 0.9505; 0.9904, 0.9546; 0.9650, 0.8114, respectivamente; y valores de EEE que van de 0.00 a 0.14; modelos asociados con diferentes combinaciones de las variables analizadas: DBM, DCM, CBM, CAM, área y volumen. En general con la eliminación del intercepto a la línea de ecuación se obtuvieron mejores coeficientes de determinación.

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

Se concluye que el Análisis Dimensional permitió estimar la biomasa y utilización de la damiana a partir de medidas dimensionales de manera rápida y confiable con el uso de modelos múltiples multiplicativos y exponenciales antes que modelos simples. Finalmente, en aquellas áreas donde las condiciones para determinar producción y utilización imponen limitantes para el uso de otras

metodologías tradicionales, es posible utilizar el Método de Análisis Dimensional con buenos resultados, sobre todo en comunidades de arbustivas que presentan características similares a la especie evaluada en este estudio.

LITERATURA CITADA.

- Adams, R.R.; C. Duarte S. y R.A. Dávalos. 1985. Compendio de las actividades pecuarias en el estado de Baja California Sur. Tesis Licenciatura. UABCS. Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias. Depto. De Zootecnia. La Paz, BCS 157 p.
- Azócar, P.C.; A. Mancilla M. y H. Silva R. 1981. Método de estimación de la fitomasa útil de *Atriplex repanda*. Phil. Universidad de Chile. Coquimbo, Chile. Avances en Producción Animal. 6(1):21-28.
- Basile, J.V. and S.S. Hutchings. 1966. Twig diameter-length-weight relations of bitterbrush. J. Range Management. 19:34-38. U.S.A.
- Blair, R.M. and H.G. Enghardt. 1976. Deer forage and overstory dynamics in a loblolly pine plantation. J. Range Management. 29(2):104-108. U.S.A.
- Braun, W.R.H. 1980. Producción primaria en Ecosistemas de Zonas Áridas. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas. 32-40. p. Argentina.
- Burk, J.H. and W.A. Dick-Peddie. 1973. Comparative production of *Larrea divaricata* Cav. on three geomorphic surfaces in southern New Mexico. Ecology 54:1094-1102. U.S.A.
- Carande, V. and D.A. Jameson. 1986. Combination of Weigh Estimates with Clipped Sample Data. J. of Range Management. 39(1):88-89. U.S.A.
- Cavazos, D.J.R. 1987. Modelo para predecir producción de orégano (*Lippia berlandieri*) en poblaciones naturales en Jalisco, México. En: Reunión sobre Estrategias de Clasificación y Manejo de Vegetación Silvestre para la Producción de Alimentos en Zonas Áridas. University of Arizona, Tucson, Az. 12-16 oct. 1987. p. 39-44.

- Chew, R.M. and A.E. Chew. 1965. The primary productivity of a desert shrub (Larrea tridentata) community. Ecology Monog. 35:355-375. U.S.A.
- Clerc, R.V.; P. Azócar C. y J. Díaz S. 1987. Relación entre parámetros alométricos y fitomasa forrajera de incienso (Flouencia thurifera, Mol.) D.C. Universidad de Chile, Coquimbo, Chile. Avances en Producción Animal. 12(1- 2):27-33.
- Cochran, W.G. 1971. Técnicas de Muestreo. Trad. Casas D.E. Ed. Continental. Barcelona , España. p. 507.
- Cook, C.W. and Ch.D. Bonham. 1977. Techniques for Vegetation Measurements and Analysis for a pre-and post-mining inventory. Sience series No. 28. Colorado State University. Range Science Departament. p.p. 82. U.S.A.
- Cotecoca. 1979. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero de B.C.S. La Paz, B.C.S. S.A.R.H.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, New. York. U.S.A.
- Edwards, A.L. 1976. An Introduction to Linear regression and Correlation. W. H. Freeman and Company. San Francisco. U.S.A. p.p. 213.
- Ferguson, R.B. and M.A. Marsden. 1977. Estimating overwinter bitterbrush utilization from twig diameter-length-weight relations. J. of Range Management. 30(3):231-236. U.S.A.
- García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen. Ed. Laríos, México. 125 p.
- Hernández, C.C. y H. Hernández H. 1989. Ecuaciones de regresión para estimación de la biomasa del huizache. Col. Sup. Agrop. del Edo. de Gro. En: Resúmenes Quinto Con. Nac. sobre Manejo de Pastizales. Chih., Chih. 23-25 agosto. p. 29.
- Hodgman, D.M.S.; S.M. Selby and R.C. Weast. 1959. C.R.C. Standard Mathematical Tables. Twelfth Edition. Chemical Rubber Pub. Company. U.S.A. p.p. 525.

- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34:11-18. U.S.A.
- Jensen, Ch.H. and G.W. Scotter. 1977. A Comparison of Twig-length and Browsed Twig Methods of Determining Browse Utilization. *J. of Range Management*. 30(1):64-67. U.S.A.
- Johnson, P.S.; C.L. Johnson and N.E. West. 1988. Estimation of phytomass for ungrazed crested wheatgrass plants using allometric equations. *J. of Range Management*. 41(5):421-425. U.S.A.
- Kirmse, R.D. and B.E. Norton. 1985. Comparison of the reference unit method and dimensional analysis. Methods for two large shrubby species in the Caatinga woodlands. *J. Of Range Management*. 38(5):425-428. U.S.A.
- Krebs, Ch. J. 1972. *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper and Row, Publ., Inc., N. Y. U.S.A.
- Lentner, M. 1972. *Elementary Applied Statistics*. New Mexico State University. Bogden y Quigley, Inc., Publishers. Tarrytown-on-Hudson, N.Y. U.S.A.
- Ludwig, J.A.; J.F. Reynolds and P.D. Whitson. 1975. Size-biomass Relationships of Several Chihuahuan Desert Shrubs. *Am. Midl. Nat.* 94:451-461. U.S.A.
- Mahgoub, E.F.; R.D. Pieper and M. Ortiz. 1988. Use of leader lengths and diameters to estimate production and utilization of Cercocarpus breviflorus. *J.of Range Management*. 41(2):153-155. U.S.A.
- Milner, C. and R.E. Hughes. 1968. Methods for the Measurement of the Primary Production of Grassland. *International Biological Programme. Handbook No. 6*. Burgess and Son. p.p. 67. U.S.A.
- Murray, R.B. and M.Q. Jacobson. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrubs biomass. *J. of Range Management*. 35(4):451-454. U.S.A.
- Neter,, J.; W. Wasserman and M.H. Kutner. 1983. *Applied Linear Regression Models*. Irwin. Illinois, U.S.A. p.p. 547.

- Norman, C.R. 1989. Baja California Plant Field Guide. Natural History Publishing Company. La Jolla, California. U.S.A.
- Picones, M.A. 1983. Estudio de la Forma de los Seres Vivos. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. 88 p.
- Pieper, R.D. 1978. Measurement techniques for herbaceous and shrubby vegetation. Dep. of Animal, Range, and Wildlife Science. New Mexico State Univ. Las Cruces. U.S.A.
- Range Inventory Standardization Committee (RISC). 1983. Guidelines and terminology for Rangeland Inventories and Monitoring. Society of Range Management. Denver Colorado. U.S.A.
- Rittenhouse, L.R. and F.A. Sneva. 1977. A technique for estimating big sagebrush production. J. of Range Management. 30(1):68-70. U.S.A.
- Roundy, B.A.; G.B. Ruyle and J. Ard. 1989. Estimating production and utilization of jobo. J. of Range Management. 42(1):75-78. U.S.A.
- Rutherford, M.C. 1979. Plant-based Techniques for Determining available Browse and Browse Utilization: A Review. The Botanical Review. 45(2):203-228. U.S.A.
- Scarnecchia, D.L. and M.M. Kothmann. 1986. Observations on Herbage Growth, Disappearance, and Accumulation under Livestock Grazing. J. of Range Management. 39(1):86-87. U.S.A.
- Shafer, E.L. 1963. The Twig-count method for measuring hardwood deer browse. J. Wildl. Mgt. 27:428-437. U.S.A.
- Sharifi, M.R., E.T. Nilsen, and P.W. Rundel. 1982. Biomass and net primary production of *Prosopis glandulosa* (Fabaceae) in the Sonora desert of California. Amer. J. Bot. 69(5):760-767. U.S.A.
- Shreve, F. and I.L. Wiggins. 1964. Vegetation and Flora of the Sonoran Desert. Vol. I and II. Stanford University Press. U.S.A.

Soil conservation Service (SCS). 1976. Classifying rangeland for conservation planning. Agricultural Handbook No. 235. U.S.A. Department of Agricultural. Washington, D.C. 48 p.

Stoddart, L.A.; A.D. Smith and T.W. Box. 1975. Range Management.. Third Edition. McGraw-Hill Book company. p.p. 532. U.S.A.

U.A.B.C.S.-GEOCIENCIAS. 1986. Estudio Geohidrológico Complementario de las Cuencas La Paz-EI Carrizal, para proporcionar agua en bloque a la ciudad de La Paz, B.C.S. Reporte Técnico U.A.B.C.S. La Paz, B.C.S. 167 p.

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

Vallentine J.F. 1990. Grazing Management. Academic press, Inc. San Diego California. p.p. 533. U.S.A.

Whittaker, R. H. 1961. Estimation of net primary production of forest and shrub communities. Ecology 42(1):177-180. U.S.A.

Whittaker, R. H. 1965. Branch dimensions and estimation of branch production. Ecology 46(3):365-370. U.S.A.

Whittaker, R.H. 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. U.S.A.

APENDICE

CUADRO A.1 Condiciones Climatológicas durante el Período de 1971-1990.

| MESES | EVAPORACION | | PRECIPITACION | | TEMPERATURA | |
|---------|-------------|--------|---------------|--------|-------------|-------|
| | TOTAL | MEDIA | TOTAL | MEDIA | TOTAL | MEDIA |
| ENERO | 2,378.45 | 113.26 | 434.60 | 20.70 | 348.70 | 16.60 |
| FEBRERO | 2,751.48 | 131.02 | 123.50 | 5.88 | 364.20 | 17.34 |
| MARZO | 3,783.55 | 180.17 | 51.30 | 2.44 | 402.20 | 19.15 |
| ABRIL | 4,308.04 | 205.14 | 9.70 | 0.46 | 455.70 | 21.70 |
| MAYO | 5,039.03 | 239.95 | 26.90 | 1.28 | 488.90 | 23.28 |
| JUNIO | 5,390.66 | 256.70 | 41.20 | 1.96 | 552.30 | 26.30 |
| JULIO | 5,371.32 | 255.78 | 779.10 | 37.10 | 606.10 | 28.86 |
| AGOSTO | 4,784.46 | 227.83 | 2,035.90 | 96.95 | 611.50 | 29.12 |
| SEPT. | 4,166.36 | 198.40 | 2,368.00 | 112.76 | 594.20 | 28.29 |
| OCTUBRE | 3,630.49 | 172.88 | 640.30 | 30.49 | 520.70 | 24.80 |
| NOV. | 2,794.46 | 133.07 | 253.50 | 12.07 | 421.70 | 20.08 |
| DIC. | 2,398.24 | 114.20 | 484.60 | 23.08 | 352.10 | 16.77 |

CUADRO A.2 Condiciones Climatológicas durante el Período de Estudio.

| MESES | EVAPORACION | | PRECIPITACION | | NUM. DIAS C/ LLUVIA | TEMP. MEDIA |
|---------|-------------|-------|---------------|-------|------------------------|----------------|
| | TOTAL | MEDIA | TOTAL | MEDIA | | |
| ENERO | 86.70 | 2.80 | 0.00 | 0.00 | 3 | 15.90 |
| FEBRERO | 113.40 | 4.05 | 3.90 | 0.10 | 4 | 18.70 |
| MARZO | 161.70 | 5.22 | 7.40 | 0.20 | 1 | 18.30 |
| ABRIL | 209.50 | 6.98 | 0.00 | 0.00 | 1 | 22.90 |
| MAYO | 251.40 | 8.11 | 0.00 | 0.00 | 0 | 23.60 |
| JUNIO | 262.40 | 8.75 | 0.00 | 0.00 | 3 | 27.30 |
| JULIO | 263.40 | 8.50 | 0.00 | 0.00 | 0 | 28.80 |
| AGOSTO | 218.40 | 7.05 | 82.80 | 2.70 | 6 | 30.60 |
| SEPT. | 155.60 | 5.19 | 226.70 | 7.60 | 11 | 28.80 |
| OCTUBRE | 145.70 | 4.91 | 198.60 | 7.10 | 10 | 26.20 |
| NOV. | 126.80 | 4.25 | 175.20 | 5.30 | 8 | 22.50 |
| DIC. | 112.50 | 3.54 | 142.30 | 4.50 | 4 | 17.40 |

Condiciones climatológicas durante el estudio.

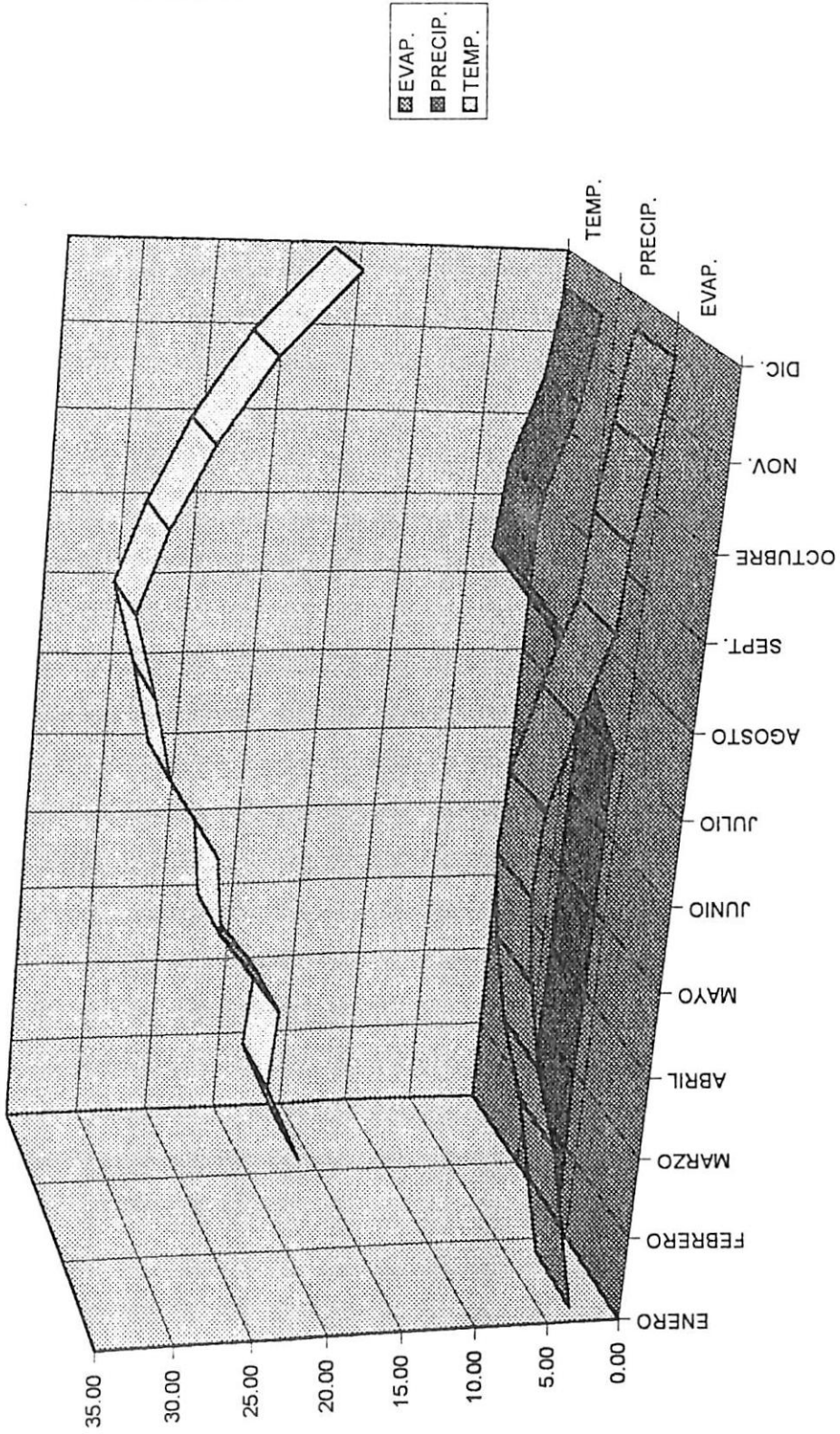


FIGURA A.1 Condiciones Climatológicas durante el Período de Estudio.

CUADRO A.3 Análisis Físicos y Químicos de suelo del Area de Estudio.

| | 0-30 | 30-60 | 60-90 | 90-120 | 120-150 |
|---------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|
| Profundidad (cm). | | | | | |
| Prof. eficaz. | 27 | | | | |
| Arena (%) | 76.6 | 78.2 | 80.2 | 80.2 | 80.2 |
| Limo (%) | 18 | 16.4 | 14.4 | 14.4 | 10.4 |
| Arcilla (%) | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 9.4 |
| Clasif. textura | Am | Am | Am | Am | Am |
| C.E. (mmohos/cm). | 0.93 | 0.31 | 0.54 | 0.48 | 0.4 |
| Color | 10.0YR5/4 | 7.5YR5/4 | 7.5YR6/4 | 10.0YR6/4 | 7.5YR6/4 |
| P.H | 8.21 | 8.3 | 8.82 | 8.25 | 8.14 |
| Ca (Me/l). | 4 | 1.8 | 2.8 | 1.6 | 1.4 |
| Mg (Me/l). | 2.2 | 2 | 1.6 | 0.8 | 0.8 |
| Na (Me/l). | 3.1 | 1.3 | 1 | 2.4 | 1.3 |
| Cationes | 9.3 | 5.1 | 5.4 | 4.8 | 3.5 |
| CO3 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0 | 0 |
| HCO3 | 2.2 | 1.8 | 2.2 | 2.2 | 2 |
| Cl | 3.6 | 2 | 1.8 | 2.6 | 1.8 |
| SO4 | 2.9 | 0.8 | 0.4 | 0 | 0.4 |
| Aniones | 9.1 | 5 | 5.2 | 4.8 | 4.2 |
| RAS | 1.7 | 0.9 | 0.6 | 2.2 | 1.4 |
| PSI | 1.2 | 0.2 | 0.2 | 1.9 | 0.8 |
| Clasificación. | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| % de Saturación. | 25 | 25 | 25 | 30 | 25 |
| Calsif. CE, PH, PSI | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal |
| Textura | Gruesa | Gruesa | Gruesa | Gruesa | Gruesa |

CUADRO A.4 Composición del hato, equivalentes a unidad animal y carga animal del Rancho Los Algodones, B.C.S.

| NUMERO | DESCRIPCION | E.U.A. | U.A. | SUP.RANCHO |
|--------|----------------------|--------|-------|---------------|
| 80 | Vacas vientre | 0.70 | 55 | 1,600 ha. |
| 6 | Toros sementales | 0.80 | 4.8 | C. AGOSTADERO |
| 40 | Crías 9-10 meses | 0.30 | 12 | 14.46 ha/UAA |
| 36 | Becerras 10-18 meses | 0.40 | 14.4 | CARGA ANIMAL |
| 32 | Toretas y vaquillas | 0.60 | 19.2 | 0.069 UAA/ha. |
| 6 | Animales de desecho | 0.70 | 4.2 | |
| 200 | | | 110.6 | |

en base a Martínez (1981).

| NUMERO | DESCRIPCION | E.U.A. | U.A. | SUP.RANCHO |
|--------|----------------------|--------|-------|---------------|
| 80 | Vacas vientre | 1.00 | 80 | 1,600 ha. |
| 6 | Toros sementales | 1.50 | 9 | C. AGOSTADERO |
| 40 | Crías 9-10 meses | 0.50 | 20 | 9.08 ha/UAA |
| 36 | Becerras 10-18 meses | 0.90 | 32.4 | CARGA ANIMAL |
| 32 | Toretas y vaquillas | 0.90 | 28.8 | 0.110 UAA/ha. |
| 6 | Animales de desecho | 1.00 | 6 | |
| 200 | | | 176.2 | |

en base a Valentine (1990).

CUADRO A.5 Tipos de vegetación, superficie ocupada y coeficientes de agostadero determinados para B.C.S. por Cotecoca, (1993).

| TIPO DE VEGETACION | Coeficiente de Agostadero(HA./UA/ANO) | | | | Rango: 28-80 Rango máximo ganado criollo o cruce de cebú: 45 |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------|------|----------|--|
| | SUPERFICIE (HA.) | BUENA | MALA | PROMEDIO | |
| Bosque escleroaciculifolio | 38,800 | 30 | 34 | 32 | |
| Selva baja caducifolia | 133,000 | 28 | 33 | 30 | |
| Matorral arborescente | 452,000 | 31 | 38 | 35 | |
| Matorral sarcófilo | 2,201,000 | 60 | 80 | 70 | |
| Matorral sarcocaulescente | 786,300 | 40 | 50 | 45 | |
| Matorral arbosufrutescente | 1,263,000 | 42 | 60 | 51 | |
| Matorral arbocrasicaulescente | 1,767,500 | 40 | 50 | 45 | |
| TOTAL | 6,641,600 | | | | |

TIPOS DE VEGETACION BCS

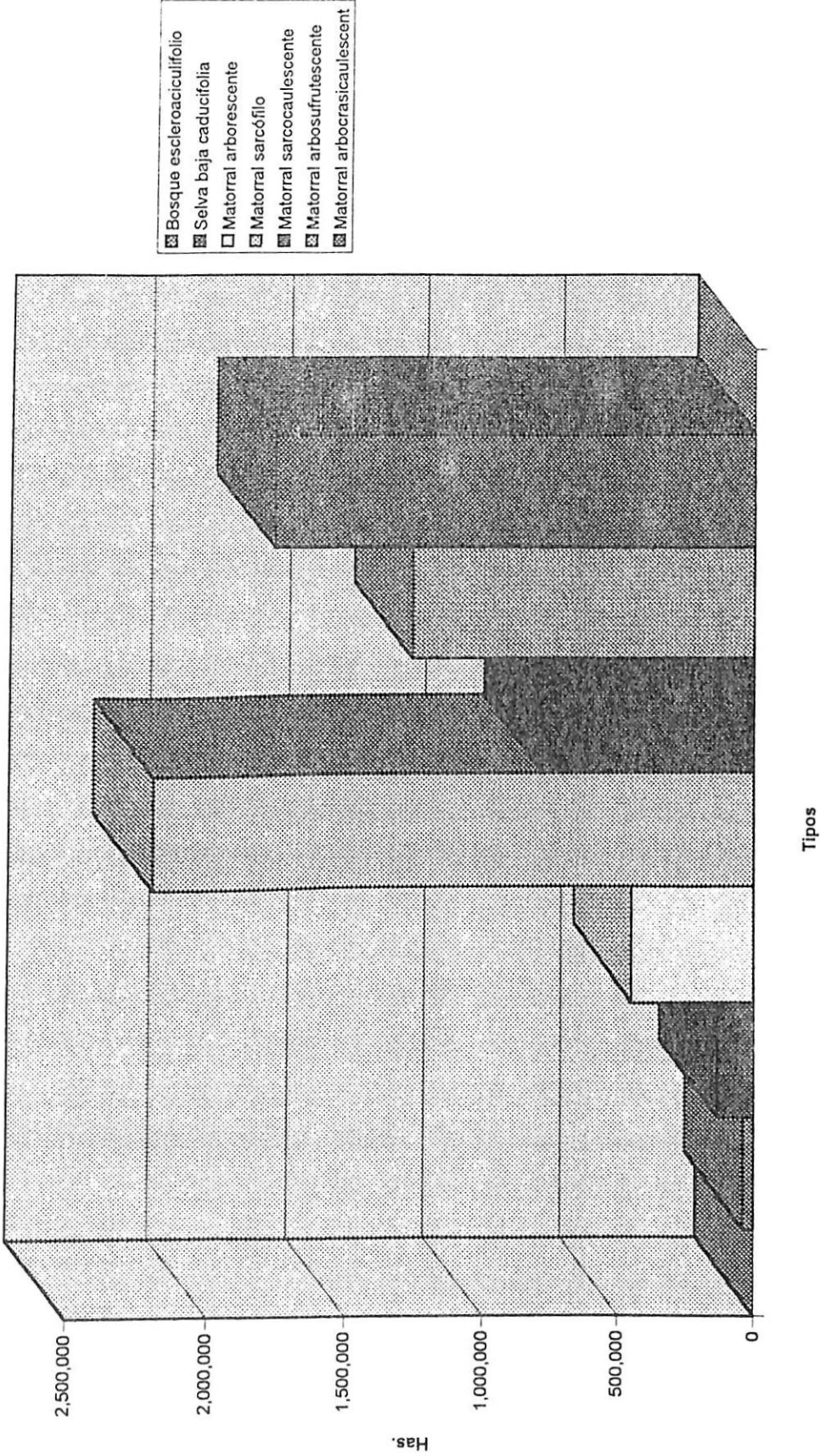


FIGURA A.2 Tipos de vegetación, superficie ocupada y coeficientes de agostadero determinadas para B.C.S. por Cotecoca, (1993).