

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

División de Agronomía



Análisis Dimensional en Lechuguilla (Agave lecheguilla Torr.)
en "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coahuila

Por:

Santiago Morales Beitia

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 1988

09553

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA

Análisis Dimensional en lechuguilla
(Agave lecheguilla Torr.) en "La Saucedá"
Ramos Arizpe, Coahuila

P o r
SANTIAGO MORALES BEITIA

T e s i s
que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

A p r o b a d a

Ing. M.C. Alejandro Gárate Lupercio

Sinodal

Sinodal

Ing. Héctor Franco López

Ing. Carlos Berlanga Reyes

DEPARTAMENTO FORESTAL

El Coordinador de la División de Agronomía

Ing. M.C. César Estrada Torres

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"



División de Agronomía
Coordinación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la fortaleza que me ha dado para terminar una de mis metas trazadas.

A mis padres Silvio Morales y Obdulia Beitia, por su gran ayuda moral y económica a cumplir con mis estudios y llegar a la meta final.

A mis hermanos(as) Mireya, Edwin y Silvio Amilcar, porque nunca se olvidaron de mí en el tiempo que estuve distante de ellos.

Al personal docente del CIFAP, por permitirme desarrollar mi investigación en su Campo Experimental Forestal La Sauceda.

A los Ingenieros Alejandro Zárate L. y Héctor Franco L. - por su gran ayuda incondicional, tanto teórica como práctica, para la elaboración de este trabajo.

Al Ingeniero Carlos Berlanga R. por su ayuda brindada para realizar los trabajos de campo y por su amistad.

Al Ingeniero Celedonio Morales Sánchez, por la motivación a continuar mis estudios y el gran apoyo que me brindó al estar distante de mi país.

A todos mis tíos(as), familiares y amigos que contribuyeron de una forma u otra a la elaboración del presente trabajo.

DEDICATORIA

Con respeto y admiración a mis padres

Silvio Morales

y

Obdulia Beitia

*A mis hermanos, con el cariño que
se merecen:*

Mireya, Amilcar, Edwin

*A quien estuvo a mi lado compartiendo
momentos de tristeza y alegría
Con todo mi amor para:*

Patricia

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
HIPOTESIS	2
JUSTIFICACION	2
REVISION DE LITERATURA	3
GENERALIDADES DEL <i>Agave lecheguilla</i> TORR.	3
DESCRIPCION BOTANICA.	3
ALGUNOS ASPECTOS AUTOECOLOGICOS	4
DISTRIBUCION	5
UTILIZACION	6
IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA . .	7
PRODUCCION Y COMERCIALIZACION	8
ANALISIS DIMENSIONAL	9
DEFINICION	9
REGRESION Y CORRELACION	10
TRABAJOS AFINES	11
TABLAS DE PRODUCCION	16
DEFINICION	16
APLICACION DE LAS TABLAS DE PRO	
DUCCION EN RECURSOS FORESTALES	
NO MADERABLES	16
MATERIALES Y METODOS	18
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO . . .	18
LOCALIZACION	18
SUELOS	18
CLIMA	20
GEOLOGIA	20
VEGETACION	21
MATERIALES Y EQUIPO	22

METODOS	22
VARIABLES CONSIDERADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO	22
TOMA DE DATOS	24
TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS DATOS	24
MODELOS UTILIZADOS	24
CALCULO DE b_0 Y b_1 (a Y b) POR EL METODO DE CUADRADOS MINIMOS - EN LOS MODELOS DE REGRESION	27
ANALISIS DE VARIANZA	27
PRUEBAS DE ERROR PURO Y FALTA - DE AJUSTE	27
CRITERIO DE SELECCION PARA EL MODELO DE PREDICCION	28
BANDAS DE CONFIANZA	28
CALCULO DE LA PRECISION EN EL MODELO DE REGRESION	28
CONSTRUCCION DE TABLAS DE PRODUCCION	29
DETERMINACION DE PORCENTAJES DE FIBRA SECA EN BASE AL PESO VERDE DEL COGOLLO	29
RESULTADOS	30
ANALISIS DE REGRESION Y CORRELACION	30
SELECCION DEL MODELO DE PREDICCION	35
BANDAS DE CONFIANZA PARA EL MODELO SELECCIONADO	35
PRECISION DEL ESTIMADO	37
TABLA DE PRODUCCION	37
PORCENTAJE DE FIBRA SECA	37
DISCUSION	39
CONCLUSIONES	44
RESUMEN	45
LITERATURA CITADA	47
APENDICE	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Variables simples y derivadas	26
3.2	Modelos de regresión y su linearización . . .	26
4.1	Variables que se les aplicó el análisis de - regresión	31
4.2	Análisis de varianza	32
4.3	Prueba de error puro y falta de ajuste . . .	34
4.4	Variables seleccionadas	36
4.5	Variable y modelo seleccionado	36
4.6	Límites superiores e inferiores en la cons - trucción de las bandas de confianza	40
4.7	Porcentaje de fibra seca obtenida tallando de manera manual y mecánica	40
A.1	Tabla de producción para estimar biomasa del cogollo de <i>Agave lecheguilla</i> Torr. en el Campo Experimental "La Sauceda", Ramos Arizpe, - Coahuila	52

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
3.1	Localización del área de estudio	19
3.2	Cálculo del volumen del cogollo en base a un cono	25
3.3	Cálculo del volumen de la planta en base al hemisferio superior de un esferoide . .	25
4.1	Banda de confianza a 90%	38
4.2	Banda de confianza a 95%	39

INTRODUCCION

Las necesidades actuales de la sociedad han dado origen a que la importancia que se otorga a las zonas áridas y a sus recursos naturales, sea cada vez más grande, sin embargo, para que alcancen su verdadero potencial, es preciso contar con técnicas y metodologías que hagan posible elevar su productividad.

De muchas de las plantas del desierto mexicano, pueden obtenerse productos de múltiples aplicaciones en diferentes áreas de la actividad económica. La lechuguilla (*Agave lecheguilla* Torr.) que forma parte del matorral xerófilo, característico de las zonas áridas, representa un ejemplo de especie útil importante, ya que de ésta pueden obtenerse productos que ofrecen una alternativa de explotación a nivel comercial. Uno de los productos provenientes de esta planta es la fibra, contenida en el cogollo o en las hojas más tiernas, cuyas características la hacen adecuada para diversos usos.

Debido a que no existen criterios técnicos adecuados para el manejo y evaluación de la productividad de los recursos forestales no maderables de las zonas áridas, se plantean los objetivos del presente trabajo.

Objetivos

1. Encontrar un modelo matemático para predecir peso verde de cogollo en *Agave lecheguilla* Torr.
2. Generar una tabla de producción de fácil utilización, confiable y aceptable en términos de precisión.

Hipótesis

Existe una relación entre el peso verde de cogollo de *Agave lecheguilla* Torr. y sus propias dimensiones, utilizable en un modelo matemático de predicción.

Justificación

El modelo matemático y la tabla de producción generada a partir de éste, son una excelente herramienta en los trabajos de inventario, pues permitirá la estimación del peso del cogollo a partir de mediciones fáciles de realizar. Además, es sabido que el manejo de cualquier recurso natural renovable debe contribuir a su conservación y mejoramiento, siendo el inventario una de las etapas iniciales.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del *Agave lecheguilla* Torr.

Descripción Botánica

Clase Gimnospermae
Orden Liliflorales
Familia Amaryllidaceae
Género *Agave*
Especie *lecheguilla* Torr.

La planta de lechuguilla se presenta como un rosetón de 25 a 50 hojas de color verde azulado. La raíz es pivotante y al desarrollarse engrosa grandemente tomando forma cilíndrica, de consistencia leñosa, cuya corteza adquiere unas arrugas transversales a su eje. De la raíz principal se derivan raicillas secundarias de poca consideración (Rzedowski, 1964; González y Scheffey, 1964).

El tallo, que no existe propiamente dicho, está formado por un corto cuello constituido por las partes bajas de las hojas que se juntan tan íntimamente que apenas es perceptible el límite de unas con otras, es subterráneo, blanquecino y carece de corteza. Las hojas, denominadas pencas, miden de 30 a 70 cm de largo por 3 a 8 cm de ancho, lanceoladas y terminadas en un aguijón duro y agudo, colocadas simétricamente conforme a un eje central, encorvadas hacia el centro de la planta o hacia un lado. En algunos casos puede

observarse una lista de color claro, que se extiende a lo largo de la superficie de la hoja y numerosas listas estrechas y verde oscuras en el envés; la base de la espina terminal de la hoja se prolonga formando bordes carnosos a lo largo de la hoja en los que aparecen a intervalos de 20-40 mm, espinas grafiadas de 3-7 mm de longitud. Las hojas en su tierna edad forman un conjunto homogéneo en que unas hojas recubren a otras y éstas a las más tiernas, siendo estas últimas la porción aprovechable para la extracción de la fibra a la que se denomina cogollo (Romahn, 1984).

El escapo floral mide de 1.5 a 2 m de altura y termina en una espiga de flores amarillentas a las que les sigue el fruto capsular. La vara larga sobre la que termina la inflorescencia recibe el nombre de quiote o xiote. La lechuguilla se reproduce por medio de semillas y también vegetativamente por renuevos laterales, que dan a menudo origen a grandes y densas agrupaciones de plantas; como la generalidad de las especies del género *Agave*, la lechuguilla muere después de florecer y fructificar (Romahn, 1984).

Algunos Aspectos Autoecológicos

La lechuguilla crece de preferencia en las sierras de origen calizo llegando en ocasiones a ocupar las partes planas siempre y cuando reúnan buenas condiciones de drenaje o sea, suelos pedregosos.

Se le encuentra en los tipos de vegetación denominados matorral micrófilo y matorral desértico rosetófilo,

creciendo silvestre y comúnmente asociada con la gobernadora (*Larrea tridentata*), en zonas con precipitaciones desde 105 mm anuales y temperatura media anual de 18.6°C, temperatura mínima extrema de -8°C y máxima superior a los 30°C, - de tal forma que prospera en zonas con elevadas temperaturas o en zonas con frecuentes bajas de temperatura y en zonas de sequías prolongadas (Romahn, 1984).

La lechuguilla se desarrolla bien a una altitud comprendida entre los 200 y 2000 msnm, habiéndose observado - que las plantas que crecen en lugares más altos o más bajos producen una fibra de menor calidad, siendo muy delgada y - poco resistente que la que crece en altitudes comprendidas en este rango (Mesa y Villanueva, 1948).

Distribución

La especie se distribuye desde los 99°03'W, al sureste de Cd. Victoria, Tamaulipas, a los 106°45'W, al suroeste de Cd. Juárez, Chihuahua, y del paralelo 21°59', al suroeste de Cárdenas, San Luis Potosí, a 31°40'N, de Cd. Juárez, Chihuahua, de tal forma que la encontramos desde el norte de San Luis Potosí a través de la Altiplanicie Central Mexicana, en los Estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Durango, Zacatecas, hasta el oeste de Texas, sur de Nuevo México y el sureste de Arizona, así como en parte de Oaxaca, Hidalgo y - México (Romahn, 1984).

Las regiones de mayor densidad de lechuguilla se encuentran en las vecindades de San Salvador, Concepción del Oro y Mazapil, del Estado de Zacatecas; en Cedros, Coapas, - Gruñidora y Galeana, de Nuevo León; Guadalcázar, Guadalupe, Matehuala, Vanegas y Catorce, en San Luis Potosí; en gran parte de Coahuila, desde el Municipio de Saltillo, hasta el de Ocampo, y en los Municipios de Ojinaga, Coyame y Manuel Benavides, del Estado de Chihuahua (Romahn, 1984).

Utilización

De la lechuguilla se aprovechan los cogollos, o sea la parte central de la roseta. El principal producto que se obtiene de la lechuguilla es el ixtle, obteniéndose también otros dos subproductos que son el amole, o sea, la raíz de la propia planta, y el desperdicio que es el guishe (Valero, 1946; Marroquín *et al.*, 1964).

De la industrialización del ixtle de lechuguilla se obtienen colas, cares y un subproducto que es la maraña. Los cares y colas se emplean en la fabricación de brochas y cepillos de diversos usos; la maraña que se obtiene del proceso, se utiliza en la manufactura de hilos, cuerdas, sogas, estropajos, relleno de muebles, bajo alfombras y tapetes.

Uno de los diversos usos de los cepillos de la fibra es en las plantas de automóviles para pulir las carrocerías y obtener el brillo, aprovechando la alta resistencia a la fricción y a temperaturas elevadas que posee ésta, cualidad que no poseen otras fibras naturales o sintéticas.

El amole y guíshe tienen una sustancia hormonal que se conoce con el nombre de Saponina, base útil para la fabricación de jabón, siendo éste el uso que se le da, ya sea para el lavado de toda clase de loza de la cocina o para el lavado del cabello (Bosque, 1979; Valero, 1946).

Importancia Socioeconómica

Las principales especies productoras de fibras duras, conocidas en México con el nombre común de ixtles, son la lechuguilla, la palma samandoca, la palma china y la palma pita. La lechuguilla y la palma samandoca son las más importantes desde el punto de vista de obtención de fibras duras en México.

La lechuguilla constituye la especie de mayor importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Su explotación da ocupación aproximadamente a 125,000 personas en forma temporal, aportando parte de medios de subsistencia para un millón de personas en las zonas ixtleras de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas (Romahn, 1984).

Desde el siglo pasado, la recolección y el tallado del ixtle de lechuguilla, ha constituido uno de los pilares de la economía de millares de campesinos de la región desértica del país, debido a lo aleatorio de las cosechas agrícolas, a menudo se convierte en la única fuente generadora de ingresos para la gente de estas regiones. El ixtle

de lechugilla, además de lo anterior, coadyuva a equilibrar la balanza comercial del país por los ingresos de divisas - que genera por concepto de su exportación y sus unidades fabriles son fuente de trabajo para numerosos obreros (Niño y Patiño, 1980).

Se puede decir que la industria de la fibra de lechuguilla lleva una vida precaria. Descansa sobre miles de talladores aislados que recorren los campos en busca de materia prima, extraen la fibra y la venden a una agencia oficial, consiguiendo solamente mantener a su familia a muy bajos niveles de vida (Rzedowski, 1964).

Producción y Comercialización

De 1940 a la fecha, La Forestal, F.C.L., ha realizado en forma exclusiva, a través de 1761 Sociedades Cooperativas formadas por ejidatarios, el aprovechamiento de la lechuguilla y a partir de 1963 también casi en exclusiva la explotación del ixtle de palma.

El ixtle de lechuguilla constituye la especie de mayor importancia económica en el desierto mexicano el que, junto con la candelilla y la palma samandoca que se alternan en segundo lugar, constituyen la principal fuente de trabajo de las zonas áridas y semiáridas de los Estados en que ocurren.

La producción de los ixtles de lechuguilla y la palma ha disminuido notablemente, habiendo tenido la primera

su máximo en el año de 1960 con 17758 toneladas y la segunda en 1942 con 22579 toneladas y en 1976 fue de 8052 toneladas para ixtles de lechuguilla y de 2043 toneladas para ixtles de palma.

El dinamismo de esta estructura está supeditado al crecimiento de otras ramas productivas, dado que produce bienes utilizados como insumos para las industrias de empaque de productos agrícolas, los cuales han disminuido sus requerimientos de este tipo de productos, sustituyéndolos por materiales fibrosos sintéticos. Asimismo, la sustitución de estos ixtles por fibras sintéticas y la disminución en la producción y exportación, inducen a pensar que las perspectivas pueden ser un tanto inciertas (Romahn, 1984).

Análisis Dimensional

Definición

Los métodos conocidos como análisis dimensionales, pueden ser usados para establecer relaciones de regresión entre la biomasa de las plantas y mediciones de las mismas obtenidas fácilmente. Vienen a constituir métodos rápidos y no destructivos en la cuantificación de la dinámica de la biomasa en plantas (Ludwig *et al.*, 1975; Whittaker, 1965-1966).

Para desarrollar ecuaciones de predicción de biomasa en plantas utilizando técnicas de análisis dimensionales, se necesita de muestras de la población sobre las cuales se

determinan las variables por relacionar, es decir, individuos que son extraídos de la población y sobre los cuales se hacen algunas mediciones de sus atributos.

Las técnicas de análisis dimensionales han sido usadas para evaluar recursos forestales empleando medidas simples, como el diámetro a la altura del pecho y la altura. En arbustos, las estimaciones han empleado variables como la cobertura, altura y volumen (Ludwig *et al.*, 1975).

Regresión y Correlación

En estadística, el análisis de regresión se ha utilizado para describir la relación de una o más variables independientes contra una variable dependiente. Las primeras pueden adoptar cualquier valor dentro de un rango dado de variación; normalmente se representan por la letra X; las segundas, como su nombre lo indica, dependen o están supeditadas a los valores de la variable independiente y comúnmente se expresan por la letra Y (Snedecor y Cochran, 1979).

Por medio de la regresión lineal simple, se pretende encontrar la relación entre ambas variables a fin de estimar valores de Y en función de valores de X. Los análisis de regresión se dividen en simples y múltiples y éstos dos, a su vez, pueden ser lineales, potenciales, logarítmicos y exponenciales (Ostle, 1974).

Mientras que la regresión trata de explicar matemáticamente la forma o el tipo de relación existente entre dos o

más variables, la correlación señala el grado de asociación existente entre esas variables. En otras palabras, si la interdependencia entre dos variables es baja, también lo es su correlación y viceversa (Neter y Wasserman, 1974).

Por ejemplo, la altura y el diámetro de los árboles tienen correlación positiva, puesto que ambos aumentan paralelamente. El espesor de la corteza a diferentes alturas de un mismo árbol, tienen correlación negativa, pues a mayor altura sobre el mismo árbol, el espesor de la corteza es menor (Padilla, 1987).

El coeficiente de correlación (r) es una medida del grado de estrechez de la relación lineal entre dos variables. Habrá que hacer notar dos propiedades de " r ":

- a) r es un número sin unidades o dimensiones, ya que la escala de su numerador y la de su denominador son ambos el producto de las escalas en que se miden. Una consecuencia útil es la que " r " puede calcularse a partir de valores codificados, sin necesidad de decodificar.
- b) r siempre cae entre -1 y $+1$. Los valores positivos de r indican una correlación positiva (Snedecor y Cochran, 1979).

Trabajos Afines

Algunas investigaciones realizadas para arbustos han empleado medidas simples y fáciles como el área basal, el -

peso, el volumen de la copa, la altura y el área de cobertura para predecir la biomasa como son el caso de los siguientes trabajos:

Whisenant y Burzlaff (1978) en un trabajo realizado en el área de los "Rolling Plains" en Texas, con el propósito de diseñar una técnica de fácil aplicación que permitiera la estimación de biomasa en *Prosopis glandulosa* Torr, generaron una ecuación de predicción del peso verde expresado en kilogramos, basándose en la regresión lineal encontrada entre el área del tallo a 60 cm del suelo y el peso verde de la planta ($r = 0.93$).

Otro de los trabajos es el que realizó Rittenhouse y Sneva (1977) para el establecimiento de una técnica para la estimación de la producción de *Artemisia tridentata* en base al uso de la regresión, en los que relacionaron la biomasa aérea y maderable, con el peso de la planta.

Burk y Dick-Peddie (1973) en un estudio realizado para el arbusto *Larrea divaricata*, obtuvieron ecuaciones de regresión que relacionaban el volumen de la copa contra la biomasa aérea, considerando que la forma de crecimiento de la planta se asemejaba a un cono invertido y que las plantas presentaban una forma de crecimiento bien definida. Por lo tanto, establecen que la ecuación generada puede ser aplicada en diferentes áreas para el mismo arbusto sin importar las condiciones del terreno.

En México, Gutiérrez (1981) realizó un estudio en la Sierra de San José de los Nuncios, Coahuila, entre otros aspectos, determinó para *Parthenium argentatum* Gray, el coeficiente de correlación existente entre distintas variables de la planta: altura-diámetro de cobertura, altura-peso del tallo, altura-peso total, diámetro de cobertura-peso del tallo, y diámetro de cobertura-peso total.

Wayne y Meeuwig (1981) en un estudio realizado con arbustos del género *Artemisia*, establecieron ecuaciones de regresión para predecir dos componentes de la biomasa: la producción anual y leña, en base a la corona de los arbustos.

Murray y Quinn (1982) realizaron predicciones de biomasa para *Artemisia tripartita*, *Tetradymia canescens*, *Chrysothamnus viscidiflorus* y *Gutierrezia sarothrae* utilizando variables como cobertura y volumen derivadas de medidas simples de diámetro y peso.

Fitzgerald (1983) en su trabajo realizado para la estimación de la biomasa aérea, en base al uso del análisis dimensional para *Populus tremuloides*, *Rosa woodsii*, *Symphoricarpos occidentalis* y *Rubus strigosus* encontraron altas correlaciones entre el peso y la altura para establecer ecuaciones de regresión.

Otros autores, con base en el análisis dimensional, han realizado diversos trabajos empleando diferentes variables y diferentes objetivos.

Uresk *et al.* (1977) utilizaron el análisis dimensional para obtener una técnica de estimación confiable de la fitomasa de hojas, brotes y madera viva para *Artemisia tridentata* en la región sureste de Washington.

Rothacher *et al.* (1954) basados en el análisis de regresión, generaron ecuaciones logarítmicas para la estimación del peso del follaje para *Quercus* spp. en el Valle de Tennessee, en los que relacionaron el peso de la hoja, con el diámetro del árbol, encontrando altas correlaciones.

Baskerville (1965) en un estudio realizado para la estimación de peso seco de componentes arbóreos y la producción total en pie para el abeto del bálsamo, establecieron modelos matemáticos basados en el análisis de regresión.

Mena *et al.* (1988) en un trabajo realizado en Chihuahua para establecer ecuaciones de predicción para determinar la biomasa aérea del gatuño (*Mimosa biuncifera*) en pastizales semiáridos, encontraron que la mejor variable para predecir producción de biomasa fue cobertura relacionada con: producción de hojas, peso de tallos y peso total del arbus-to.

García *et al.* (1988) usando la técnica del análisis dimensional para la estimación de la fitomasa aérea en pie de hojaseñ (*Flourensia cernua*) mediante las relaciones de dos atributos de la planta: peso total (g) vs. volumen (dm^3) y peso de hojas vs. volumen; encontraron que el modelo de -

regresión no lineal simple logarítmico, fue el que más se ajustó a ambas relaciones.

Ludwig *et al.* (1975) trabajando con plantas del Desierto Chihuahuense, como: *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Prosopis glandulosa*, *Ephedra trifurca*, *Ephedra torreyana*, *Xanthocephalum sarothrae*, *Zinnia acerosa* y *Yucca elata* a través del análisis de regresión para estimar el peso seco del follaje, tallos vivos y muertos, además de raíces a partir del área de la copa y volumen; asignándoles a cada especie una forma definida de crecimiento. Por ejemplo, para la gobernadora analizaron que su crecimiento se asemejaba a un cono invertido y para obtener el volumen de esta figura midieron la altura de la planta y el diámetro de la copa.

Para las especies del género *Agave* sólo se encuentra reportado el trabajo hecho en México por González *et al.* (1980) que realizaron estudios con plantas como: *Agave stricta*, *Agave marorata*, *Agave xylonacantha* y *Hechtia podantha* para hacer estimaciones de biomasa; en donde el volumen de cada planta se calculó usando la fórmula del volumen del hemisferio superior de un esferoide que es el sólido que mejor se ajusta a la forma de crecimiento de este tipo de plantas, con el empleo de medidas simples como altura y cobertura.

Tablas de Producción

Definición

Según Garzón-Rincón (1976) una tabla de producción - puede definirse en general como una tabulación que muestra - varias características dasométricas de los rodales foresta - les a diferentes edades y para diferentes calidades de esta - ción; es decir, una tabla de producción describe las caracte - rísticas básicas del rodal, correspondientes a edades sucesi - vas, características que dependen de diferentes factores na - turales y de la intervención del hombre.

Por medio de las tablas de producción se pueden obte - ner conclusiones sobre la conveniencia y el beneficio de di - ferentes especies de diferentes sitios, sobre el desarrollo más apropiado de la masa en diferentes edades y así sobre la intensidad de las cortas, sobre el momento apropiado de la - regeneración, o sea, la longitud del turno y sobre el valor . del bosque; además, puede constituir la base necesaria para el cálculo de cortas.

Aplicación de las Tablas de Producción en Recursos Forestales no Maderables

Debido a que son muy escasas las experiencias sobre la elaboración de tablas de producción para cuantificar la biomasa de los recursos forestales no maderables, en la ac - tualidad se encuentran pocos trabajos afines.

Ruiz *et al.* (1980) se basaron en el análisis dimensional para establecer ecuaciones de predicción para la elaboración de tablas de producción que proporcionan el peso de hojas verdes en función de clases de diámetro y longitud de roseta, además, el peso de fibra seca en función del diámetro y longitud de roseta para la especie *Yucca valida*; en el Campo Experimental Forestal "Todos Santos" en Baja California Sur, México. Los coeficientes de correlación encontrados para peso de hojas verdes fue: $r = 0.75$ y para peso de fibra seca $r = 0.74$. Las ecuaciones utilizadas para la construcción de las mismas, fueron las siguientes:

$$PHV: -1280.86437 + 26.87900(X_1) + 8.67121(X_2)$$

$$PFS: -154.52172 + 3.12399(X_1) + 1.16979(X_2)$$

en donde:

PHV = peso de hojas verdes

PFS = peso de fibra seca

X_1 = diámetro de la roseta

X_2 = longitud de la roseta

MATERIALES Y METODOS

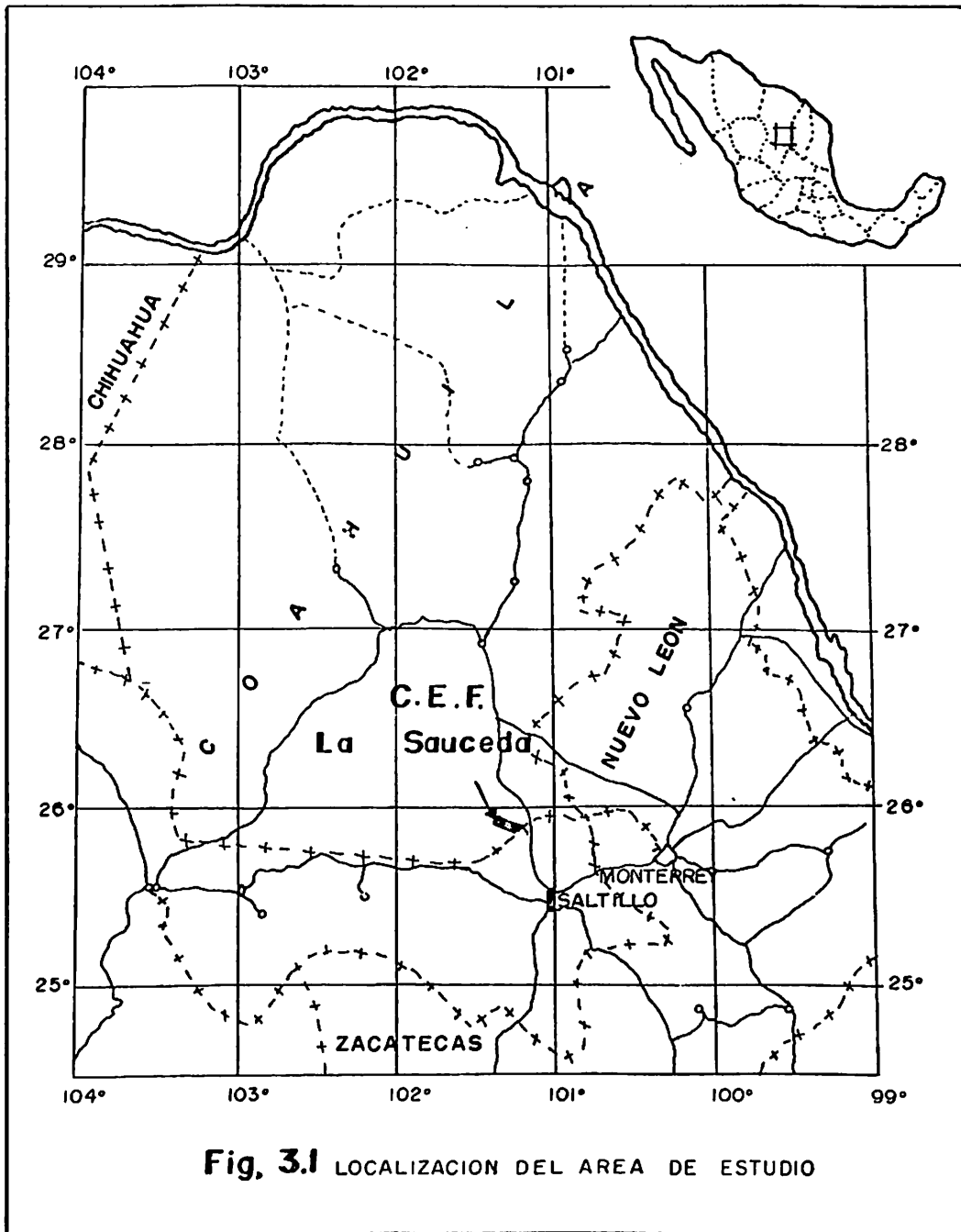
Descripción del Area de Estudio

Localización

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Forestal "La Saucedá", Municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila, dicho campo se encuentra en la Sierra de la Paila entre los 25° y 26° de latitud norte y los 101° y 102° de longitud oeste; en el lado oriental de la sierra (Figura 3.1). La Saucedá tiene la forma de un transecto rectangular de 12.5 km de largo por 0.8 km de ancho, ocupando una superficie de 1000 ha; la altitud varía de 1020 a 1520 msnm, con pendientes de dos a cuatro por ciento en el valle y hasta 70 por ciento en las partes montañosas (Castro, 1983).

Suelos

De acuerdo a las observaciones en sus diferentes sitios, indican que los suelos son de origen aluvial los de partes bajas y medias, mientras que los de las partes altas son *in situ*, y las laderas de origen coluvial; la profundidad no es uniforme variando desde 0.25 m a más de 2 m; la textura es de mágajón arcilloso y franco, con estructura de bloque, con drenaje interno medio; color café grisáceo, pobres en materia orgánica y nitrógeno, con pH de 7.2 a 8 (Mal



donado y Ortega, 1981).

Clima

El clima predominante en esta área es el muy árido - templado, con verano cálido, la fórmula climática es BWk; la precipitación pluvial promedio es de 185.5 mm, presentándose generalmente en los meses de mayo a septiembre, la evaporación promedio es de 2644.71 mm. La temperatura media anual es de 18.8°C con una mínima extrema de -11°C; la temperatura máxima absoluta es de 42.3°C (Maldonado y Ortega, 1981).

Geología

La parte alta montañosa del Campo Experimental Forestal "La Sauceda" está constituido por rocas calizas estratificadas y masivas de la formación Aurora del K, presenta abundante contenido de calcita, lapias de disolución que dan como resultado relieves cársticos, cuyo origen puede inferirse a que en la región se presentaron intensos períodos de lluvias y la disolución de los carbonatos de calcio contenidos de las calizas dio como resultado estos relieves, que varían de 5 a 30 cm de diámetro aproximadamente. El intemperismo y erosión a que se encuentran expuestas las rocas ocasiona que el material derivado de estos procesos se acumule sobre las mismas superficies de relieves cársticos, favoreciendo así la formación de suelos en esta parte del campo. En esta zona las geoformas características que se observan son mesetas intermontanas distribuidas paralelamente entre sí, -

las que se caracterizan por disponerse en estratos casi horizontales y cuya pendiente disminuye conforme se acerca a la planicie.

Con respecto a la parte baja del campo, está compuesta por una amplia planicie aluvial como geoforma característica y lomeríos en meseta del Puerto La Parida, localizados hacia el norte y uno más pequeño utilizado como pista de aterrizaje. El conglomerado se encuentra cubriendo las partes altas de los lomeríos en meseta y está constituido por fragmentos redondeados de diversos tamaños de rocas calizas cementados por carbonatos de calcio, dando como resultado roca muy compacta (Castro, 1983).

Vegetación

La especie más abundante es la gobernadora (*Larrea tridentata*) formando el matorral inerme parvifolio y la lechuguilla (*Agave lecheguilla*) en el matorral crasirosulifolio espinoso; estas dos especies, de acuerdo a las condiciones de clima y suelo en que se presentan, forman diferentes sitios donde se encuentran asociaciones con otras plantas propias de la zona, como son: nopales (*Opuntia* spp), palmas (*Yucca* spp), guayule (*Parthenium argentatum*), candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) y otras (Maldonado y Ortega, 1981).

Dentro del campo, el área de estudio se encuentra a una altitud de 1150 a 1300 msnm, con pendientes que van de -

2 a 60 por ciento.

Materiales y Equipo

1. Cinta métrica o flexómetro
2. Vernier
3. Balanza
4. Huajaca
5. Cogollera
6. Implementos utilizados en el tallado manual
 - 6.1. Bolillo
 - 6.2. Banco
 - 6.3. Tallador
 - 6.4. Clavo
7. Tallador mecánico
8. Sistema de cómputo electrónico

Métodos

Variables Consideradas en el Presente Estudio

A cada una de las plantas muestreadas se les determinó:

- a) Altura de la planta. Medida desde la base de la - misma a un lado, hasta la punta del cogollo, con un flexómetro y con aproximación al centímetro.
- b) Longitud de cogollo. Medida desde su base hasta - la punta terminal, con un flexómetro y con aproximación al centímetro.

- c) Diámetro de cobertura. Considerado como el promedio de dos medidas perpendiculares, realizadas con un flexómetro y con aproximación al centímetro.
- d) Diámetro medio del cogollo. Medido a la mitad de su altura con un vernier y con aproximación a centésimas de centímetro.

A partir de las mediciones anteriores, se derivaron las variables correspondientes de:

- e) Volumen del cogollo. Calculado a partir del diámetro medio del cogollo, comparando su forma general de crecimiento con un cono, en donde el diámetro medio del cogollo multiplicado por dos, es igual al diámetro en la base del cogollo y la altura (h) es igual a la longitud del cogollo.

$$V = \frac{\pi D^2 h}{12} \quad (\text{Figura 3.2}).$$

- f) Área de cobertura. Calculado a partir del diámetro de cobertura de la planta, considerando su forma de crecimiento como el área de un círculo ($A = \pi D^2/4$), en donde D es igual al diámetro de cobertura.

- g) Volumen de la planta. Calculada a partir de la altura de la misma, comparando su forma general de crecimiento con el hemisferio superior de un esferoide ($V = 4/6 \pi r^3$), en donde (r) es igual a la

altura de la planta (Figura 3.3).

- h) Una vez dimensionada la planta, se procedió a cortar el cogollo para su pesado en balanza, con - aproximación a décimas de gramo.

Estas características se resumen en el Cuadro 3.1.

Toma de Datos

Para llevar a cabo la selección de la toma de datos se hicieron recorridos de campo en las áreas de distribución de las poblaciones de lechuguilla, para establecer la amplitud de variación dimensional y obtener una muestra que cubriera todo el rango de acuerdo a la longitud de cogollo; en este caso se estableció como límite inferior la longitud de 25 cm (por aspectos de utilización) y como límite superior - 60 cm, que fue la máxima altura de cogollo encontrada en - las poblaciones.

A través de un muestreo dirigido se obtuvo un tamaño de muestra de 158 individuos, estableciendo como criterio - más de un individuo por cada una de las longitudes de cogollo para cubrir el rango de variación, en este caso se tomaron 5, 4, 3 individuos por cada una de las longitudes de cogollo establecidas.

Tratamiento Estadístico de los Datos

Modelos Utilizados

Cada una de las relaciones de variables establecidas fueron manejadas individualmente en la construcción de los -

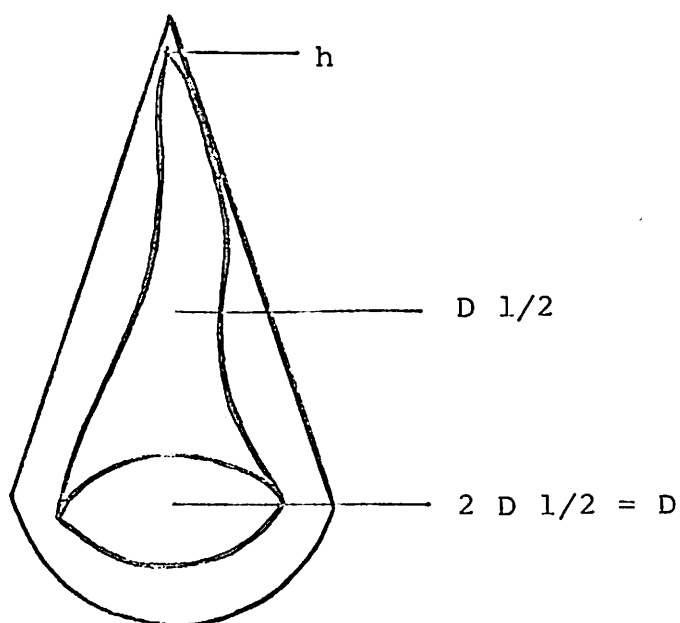


Figura 3.2. Cálculo del volumen del cogollo en base a un cono

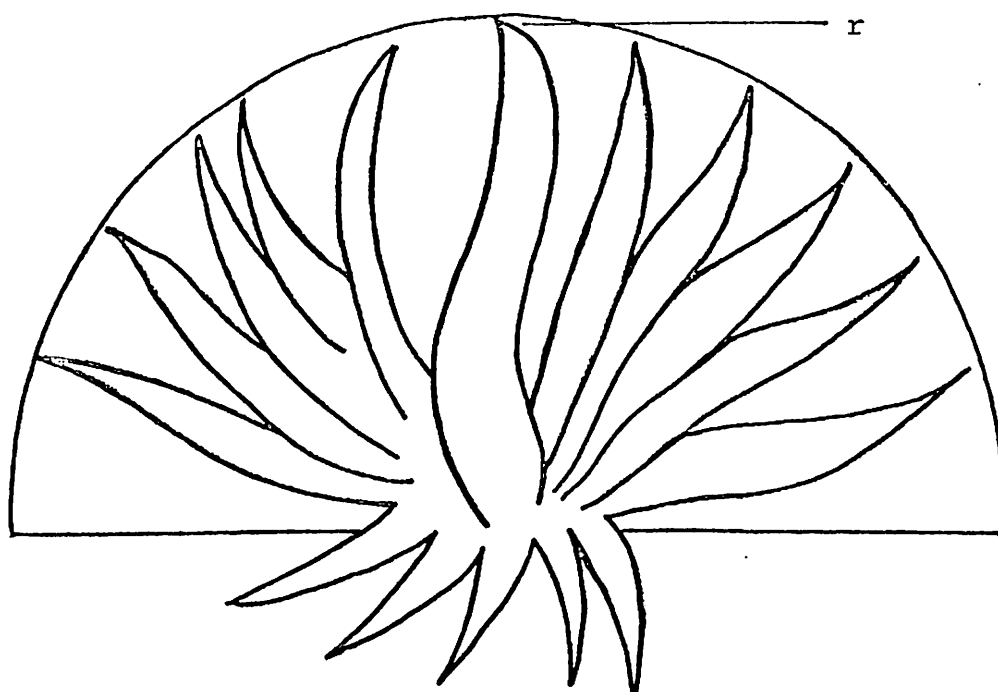


Figura 3.3. Cálculo del volumen de la planta en base al hemisferio superior de un esferoide.

modelos simples de regresión lineal, potencial, exponencial y logarítmico, estos modelos con su respectiva linealización se muestran en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.1. Variables simples y derivadas

Variables simples	
Y_1	Peso verde del cogollo en gramos y considerado como variable dependiente
X_1	Altura de la planta en cm
X_2	Longitud del cogollo en cm
X_3	Diámetro de cobertura en cm
X_4	Diámetro medio del cogollo en cm
Variables derivadas	
X_5	Volumen del cogollo en cm^3 y derivada de la fórmula $V = \frac{\pi D^2 h}{12}$
X_6	Area de cobertura expresada en cm^2 y derivada de la fórmula: $A = \frac{\pi D^2}{4}$
X_7	Volumen del esferoide expresado en cm^3 y derivado de la fórmula $V = 4/6 \pi r^3$

Cuadro 3.2. Modelos de regresión y su linealización

Función	Ecuación	Linearización
Lineal	$Y = a + bx$	$Y = a + bx$
Potencial	$Y = ax^b$	$\ln Y = \ln a + b \ln X$
Exponencial	$Y = ae^{bx}$	$\ln Y = \ln a + bx$
Logarítmica	$Y = a + b \ln X$	$Y = a + b \ln X$

Cálculo de b_0 y b_1 (a y b) por el Método de Cuadrados Mínimos en los Modelos de Regresión

Si la relación rectilínea es adecuada, se encuentra la línea recta de mejor ajuste recurriendo al método de los cuadrados mínimos. El criterio de cuadrados mínimos requiere que encontremos la constante b_0 y b_1 tales que $\sum(Y - \hat{Y})$ sea tan pequeña como se pueda. La ecuación de una línea de mejor ajuste está completamente determinada por su pendiente (b_1) y su intercepción con un eje de coordenadas (b_0).

Los valores de estas constantes, que satisfacen los criterios de cuadrados mínimos, se encuentran mediante las fórmulas propuestas por Johnson (1976):

$$b_0 = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b_1 = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

Análisis de Varianza

Obtenidos los modelos matemáticos, se procedió a realizar el análisis de varianza para evaluar la significación de la regresión a cada uno de los modelos de regresión. El análisis de varianza se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Caballero (1973).

Pruebas de Error Puro y Falta de Ajuste

Dado que se obtuvieron más de un valor de X para ca-

da valor de Y, se realizó la prueba de error puro y falta de ajuste a todos los modelos generados, con la finalidad de probar si los modelos se ajustan o son adecuados a una recta. Los cálculos se hicieron de acuerdo a la metodología propuesta por Ostle (1974).

Criterio de Selección para el Modelo de Predicción

De los modelos que resultaron significativos en el análisis de varianza y que además pasaron la prueba de error puro y falta de ajuste, se escogió el mejor modelo de acuerdo a los siguientes criterios de selección, propuestos por Neter y Wasserman (1974).

- a) Mayor coeficiente de determinación (r^2)
- b) Mayor coeficiente de correlación (r)
- c) Menor cuadrado medio del error (CME)
- d) Menor desviación estandar de la estimación (SY_1^2)

Bandas de Confianza

Una vez establecido el modelo de predicción adecuado, se empezó al cálculo de las bandas de confianza al 90 por ciento y 95 por ciento de confiabilidad, de acuerdo a la metodología propuesta por Caballero (1973).

Cálculo de la Precisión en el Modelo de Regresión

Propuesto por Mendez, 1976

$$N = \frac{K^2 S^2 Y (1 - \hat{e}^2)}{\bar{Y}^2 d^2}$$

$$d = \frac{K^2 \hat{S}^2 Y (1 - \hat{e}^2)}{n \bar{Y}^2}$$

en donde: $\hat{e}$ = coeficiente de correlación muestral.

$$\hat{S}^2 Y = \frac{S.C.T.}{G.L.T.}$$

en donde: S.C.T. = suma de cuadrados del total

G.L.T. = grados de libertad del total

n = tamaño de muestra

Construcción de Tablas de Producción

A partir del modelo de predicción seleccionado, se procedió a la construcción de una tabla de producción de doble entrada para predecir la biomasa del cogollo de lechuguilla.

Determinación de Porcentajes de Fibra Seca en Base al Peso Verde del Cogollo

Como un anexo a este trabajo se determinó el porcentaje de fibra seca que se obtiene con respecto a determinado peso verde de cogollo, en los procesos de tallado manual, y tallado mecánico, debido a que, conociendo los porcentajes de fibra provenientes de determinada cantidad de biomasa de cogollo, podemos, a través del modelo establecido y la tabla de producción, predecir las cantidades de fibra que se pueden obtener de una planta.

RESULTADOS

Análisis de Regresión y Correlación

Las variables a las cuales se les realizó el análisis de regresión y correlación, con los modelos lineal, potencial, exponencial y logarítmico, se presentan en el Cuadro 4.1.

Los valores del cuadrado medio del error (CME) y valor calculado de F (F_c) resultantes del análisis de varianza, junto con sus respectivos valores de correlación (r), determinación (r^2) y valor de F tabular, para cada uno de los modelos estudiados, se presentan en el Cuadro 4.2. Podemos observar en estos resultados que todos los modelos de regresión estudiados, la hipótesis nula de no regresión ($H_0: \beta = 0$) se rechaza más allá del nivel de significancia de .01 de probabilidad de error tipo I, por lo tanto, debemos concluir que está probada la regresión ($\beta \neq 0$) para todos los modelos estudiados. En cuanto al análisis de correlación, todos los valores de correlación muestral (r) son significativos más allá del nivel del .01 de probabilidad de error tipo I, con lo cual se rechaza la hipótesis nula de no correlación ($\rho = 0$) y también concluimos en este caso, que la correlación entre las variables estudiadas en todos los modelos está probada ($\rho \neq 0$).

Cuadro 4.1. Variables que se les aplicó el análisis de regresión y correlación.

Variables Independientes		Variables Dependientes
Diámetro de cobertura	vs	Peso del cogollo
Diámetro medio del cogollo	vs	Peso del cogollo
Longitud del cogollo	vs	Peso del cogollo
Altura de la planta	vs	Peso del cogollo
Volumen del cogollo	vs	Peso del cogollo
Volumen del esferoide	vs	Peso del cogollo
Area de cobertura	vs	Peso del cogollo

Cuadro 4.2. Análisis de varianza.

Relación	Modelo	CME	r	r ²	Fc	0.05	Ft	0.01
Diámetro de cobertura	Y = 104.7742 + 3.9761X	5948.0273	0.4956	0.2456	50.7965			
vs.	Y = 72.7188X ^{0.3761}	0.084	0.3425	0.1173	20.7313	3.89		6.76
Peso de cogollo	Y = 146.4962e ^{0.0136X}	0.0724	0.4993	0.2394	49.1088			
	Y = -80.8558 + 96.3712 LnX	7026.4257	0.3299	0.1089	19.0579			
Diámetro medio cogollo	Y = 100.8879 + 7.3121X	6858.6671	0.3608	0.1301	23.3397			
vs.	Y = 101.4331X ^{0.3054}	0.0893	0.2479	0.0615	10.2156	3.89		6.76
Peso de cogollo	Y = 139.2679e ^{0.0266X}	0.0816	0.3777	0.1427	25.9545			
	Y = 11.8327 + 84.5871 LnX	7436.3774	0.2385	0.0569	9.4073			
Altura del cogollo	Y = 73.7276 + 5.0780X	5351.6504	0.5668	0.3213	73.8415			
vs.	Y = 15.9235X ^{0.7674}	0.0587	0.6189	0.3830	96.8306	3.89		6.76
Peso de cogollo	Y = 124.5117e ^{0.0188X}	0.0605	0.6037	0.3645	89.4893			
	Y = -474.0083 + 205.2133 LnX	5279.7682	0.5748	0.3304	76.9707			
Altura de la planta	Y = 18.1864 + 5.2396X	5390.1125	0.5625	0.3164	72.2014			
vs.	Y = 5.4755X ^{0.9985}	0.5733	0.6303	0.3973	102.8151	3.89		6.76
Peso de cogollo	Y = 99.6535e ^{0.1973X}	0.0597	0.6098	0.3719	92.3589			
	Y = -745.8692 + 273.5137 LnX	5252.9055	0.5777	0.3338	78.1621			

Cuadro 4.2.continuación

Relación	Modelo	CME	r	r ²	Fc	Ft
					0.05	0.01
Volumen del cogollo	$Y = 112.6205 + 0.0063X$	4017.4609	0.7003	0.4905	150.1713	
vs.	$Y = 0.563X^{0.5093}$	0.0400	0.7610	0.5791	214.5941	6.76
Peso de cogollo	$Y = 146.4230^{0.2741}$	0.0452	0.7242	0.5243	172.0603	
	$Y = -1372.4513 + 163.4096 \ln X$	3923.3268	0.7088	0.5024	157.5174	
Area de cobertura	$Y = 178.0313 + 0.0625X$	5309.3791	0.5715	0.3266	75.6714	
vs.	$Y = 20.3321X^{0.3534}$	0.0670	0.5436	0.2955	65.4349	6.76
Peso de cogollo	$Y = 190.8141 e^{2.0634}$	0.0671	0.5433	0.2952	65.3294	
	$Y = -455.6876 + 100.9451 \ln X$	5591.4331	0.5393	0.2909	63.9850	
Volumen del esferoide	$Y = 198.0679 + 2.8327X$	5823.1657	0.5113	0.2615	55.2306	
vs.	$Y = 4.2810X^{0.3328}$	0.0573	0.6303	0.3973	102.8151	6.76
Peso de cogollo	$Y = 196.7826e^{2.0634X}$	0.0665	0.5489	0.3013	67.3012	
	$Y = 810.8048 + 87.8379 \ln X$	5252.9052	0.5777	0.3337	78.1621	

Cuadro 4.3. Prueba de error puro y falta de ajuste

Relación	Modelo	Fc	F .05	F .01	Pasaron la prueba	
					.05	.01
Diámetro de	Lineal	1.6296	1.5772	1.9588		*
cobertura	Potencial	2.6535	1.5772	1.9588		
vs.	Exponencial	1.4435	1.5772	1.9588	*	*
Peso de cogollo	Logarítmico	3.0294	1.5772	1.9588		
Diámetro 1/2		0.9642	1.4167	1.6470	*	*
de cogollo		0.6918	1.4167	1.6470	*	*
vs.		0.4425	1.4167	1.6470	*	*
Peso de cogollo		1.1387	1.4167	1.6470	*	*
Altura del		1.7521	1.4880	1.7913		*
cogollo		1.5709	1.4880	1.7913		*
vs.		1.7621	1.4880	1.7913		*
Peso de cogollo		1.6804	1.4880	1.7913		*
Altura de la		1.3524	1.7077	2.2131	*	*
planta		1.1664	1.7077	2.2131	*	*
vs.		1.4128	1.7077	2.2131	*	*
Peso de cogollo		1.2300	1.7077	2.2131	*	*
Volumen del		3.6307	4.1181	6.8661	*	*
Cogollo		2.5093	4.1181	6.8661	*	*
vs.		3.6500	4.1181	6.8661	*	*
Peso de cogollo		3.5448	4.1181	6.8661	*	*
Area de		0.7637	1.5667	1.9494	*	*
cobertura		0.1124	1.5667	1.9494	*	*
vs.		0.0115	1.5667	1.9494	*	*
Peso de cogollo		1.1115	1.5667	1.9494	*	*
Volumen del		1.7637	1.6868	2.2193		*
esferoide		1.0473	1.6868	2.2193	*	*
vs.		1.7548	1.6868	2.2193		*
Peso de cogollo		1.2395	1.6868	2.2193	*	*

Se seleccionaron aquellos modelos que probaron su ajuste al nivel de significancia del .05, dichos modelos se presentan en el Cuadro 4.4, con su respectivo valor de coeficiente de correlación muestral (r) y cuadrado medio del error (CME).

Selección del Modelo de Predicción

A partir de los criterios de selección mencionados en el capítulo anterior, y tomando como base los resultados ya citados, se escogió la ecuación que incluye como variable independiente el volumen del cogollo, en un modelo de regresión potencial simple, para expresar a partir de ésta la biomasa del cogollo de la planta en cuestión. Los valores del intercepto, coeficiente de regresión, coeficiente de correlación, coeficiente de determinación y cuadrado medio del error, se muestran en el Cuadro 4.5.

Bandas de Confianza para el Modelo Seleccionado

Para la construcción de las bandas de confianza del modelo seleccionado, se procedió primeramente a la linealización de la ecuación.

El modelo linearizado se presenta a continuación:

$$\ln Y = -0.5743 + 0.6093 \ln X$$

donde: Y = peso del cogollo en gramos

X = volumen del cogollo en cm³

Cuadro 4.4. Variables seleccionadas

Relación	Modelo	r	CME
Diámetro 1/2	$Y = 100.8879 + 7.3121X$	0.3608	6858.6671
de cogollo	$Y = 101.4331X^{0.3054}$	0.2470	0.0893
vs.	$Y = 139.2670e^{0.0266X}$	0.3777	0.0816
Peso de cogollo	$Y = 11.8327 + 84.5871 \ln X$	0.2385	7436.3774
Altura de	$Y = 18.1864 + 5.2396X$	0.5625	5390.1125
la planta	$Y = 5.4755X^{0.985}$	0.6303	0.573
vs.	$Y = 99.6535e^{0.1973X}$	0.6098	0.0597
Peso de cogollo	$Y = -745.8692 + 273.5137 \ln X$	0.5777	5252.9055
Area de	$Y = 178.0313 + 0.0625X$	0.5715	5309.3791
cobertura	$Y = 20.3321X^{0.3534}$	0.5436	0.0670
vs.	$Y = 190.8141e^{2.0634X}$	0.5433	0.0671
Peso de cogollo	$Y = -455.6876 + 100.9451 \ln X$	0.5393	5541.4331
Volumen de	$Y = 112.6205 + 0.0063X$	0.7003	4017.4609
cogollo	$Y = 0.563X^{0.6093}$	0.7610	0.0400
vs.	$Y = 156.4230e^{2.2741X}$	0.7242	0.0452
Peso de cogollo	$Y = -1372.4513 + 163.4096 \ln X$	0.7088	3923.3268

Cuadro 4.5. Variable y modelo seleccionado

Variable	Modelo	r	r ²	CME
Volumen del	Potencial			
cogollo vs.	$Y = 0.563X^{0.6093}$	0.7610	0.5791	0.0400
Peso de cogollo				

Los límites inferiores y superiores de las bandas de confianza al 90 y 95 por ciento de confiabilidad se muestran en el Cuadro 4.6. Los gráficos de éstas se presentan en las Figuras 4.1 y 4.2.

Precisión del Estimado

De acuerdo a la metodología utilizada en el presente estudio, la precisión estimada al utilizar el modelo de predicción seleccionado y tomando una probabilidad de error del cinco por ciento ($\alpha = .05$), es del 0.556 por ciento ($\hat{d} = 0.556$ por ciento).

Tabla de Producción

Dado que el modelo utiliza el volumen del cogollo como variable independiente, y sabiendo que ésta es una variable derivada a partir de valores de diámetro medio del cogollo y su longitud, se decidió construir una tabla de producción de doble entrada (diámetro medio y longitud de cogollo) empleando el modelo seleccionado y considerando valores que están dentro del rango de variación de los datos observados con los cuales se construyó el modelo. La tabla de producción se presenta en el apéndice A.

Porcentaje de Fibra Seca

Como resultado extra a esta investigación, se determinaron los porcentajes de conversión de biomasa de cogollo a fibra seca, tallando de manera manual y mecánica algunos -

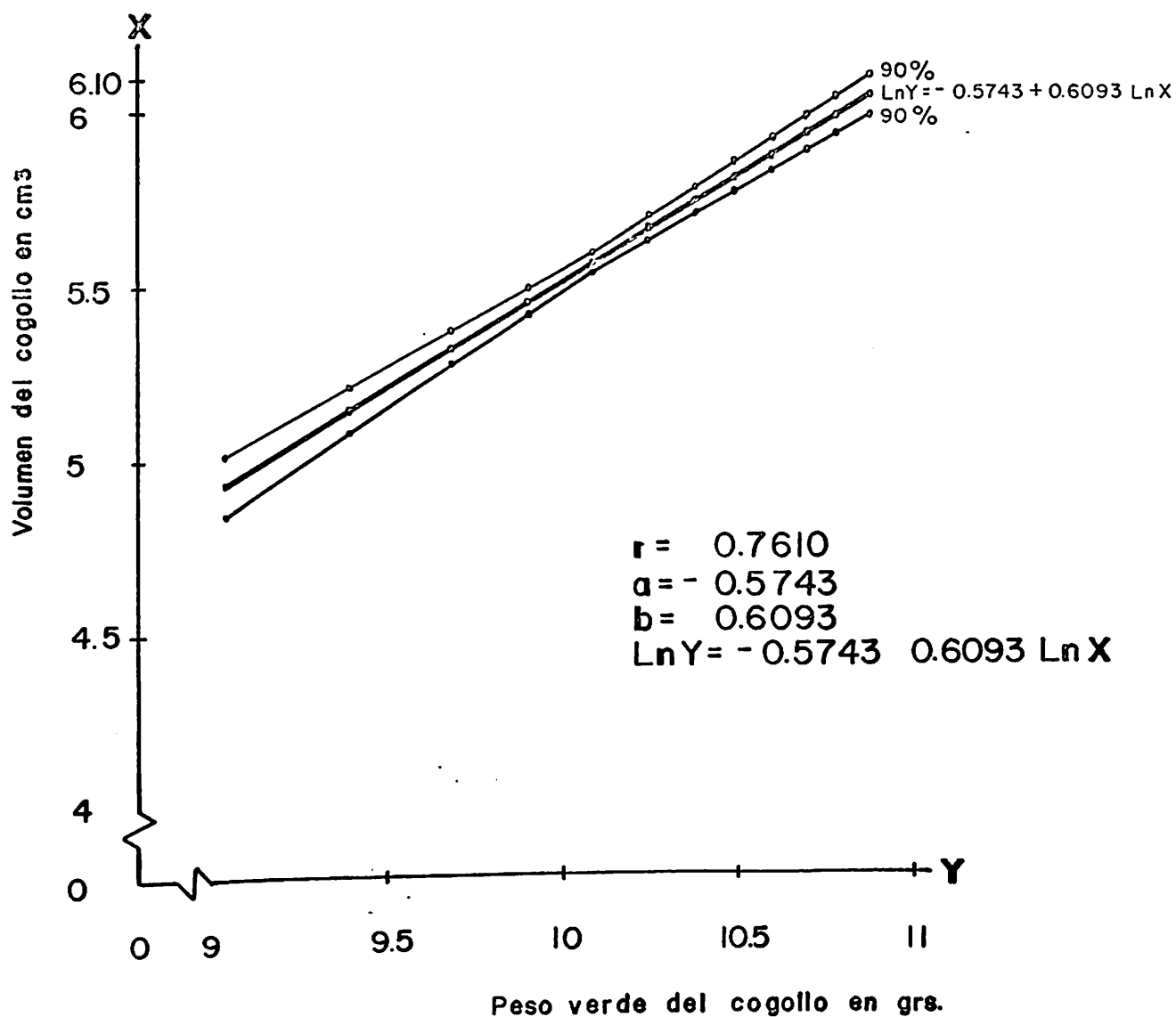


Fig. 4.1 Banda de confianza a 90%

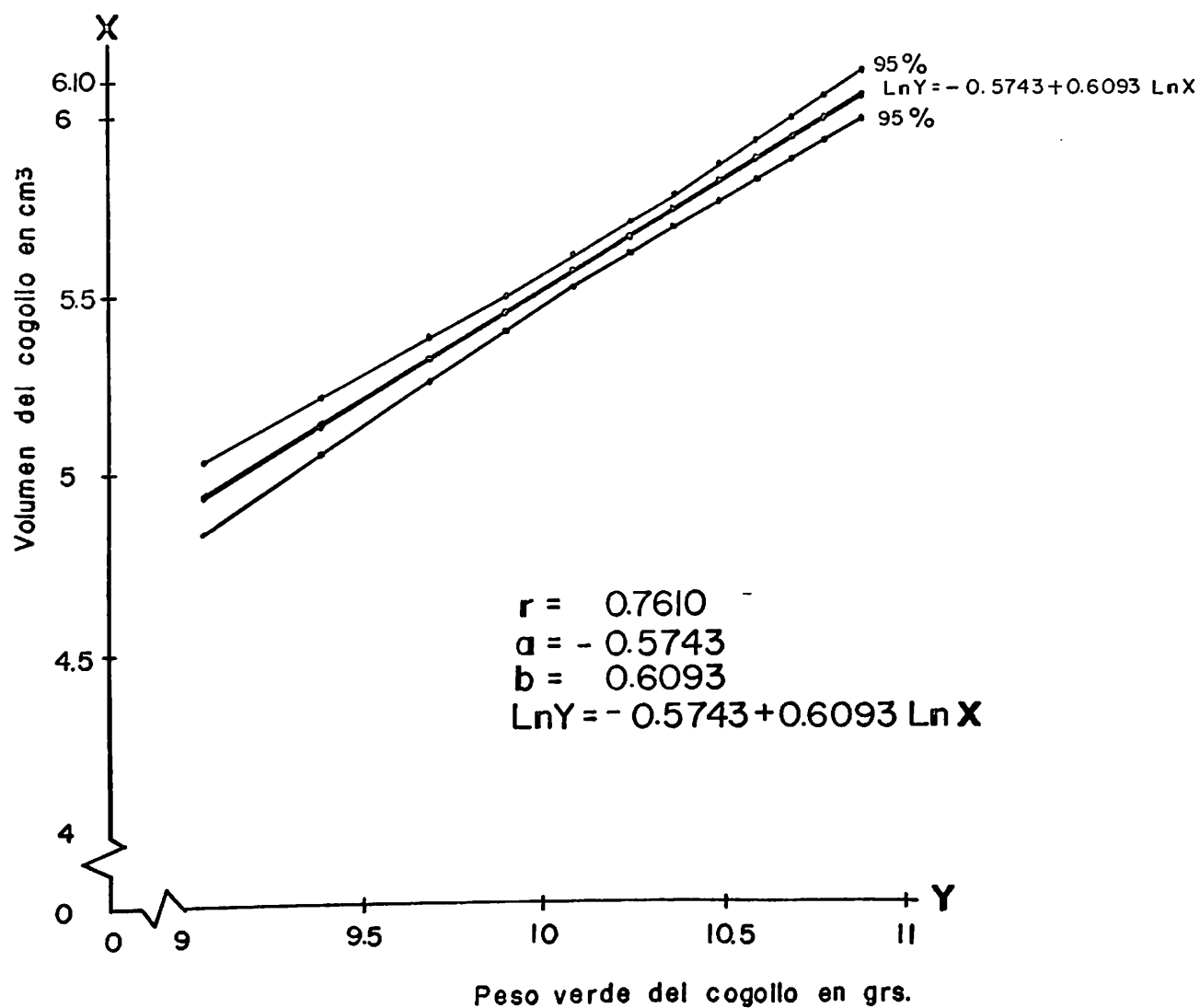


Fig. 4.2 Banda de confianza a 95%

cogollos. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.6. Límites superiores e inferiores en la construcción de las bandas de confianza.

Valor de volumen (LnX)	Valor de biomasa (Ln Y)			
	90 % confiabilidad		95% confiabilidad	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior
4.9305	5.009	4.8520	5.0241	4.8369
5.1486	5.2047	5.0925	5.2154	5.0818
5.3239	5.3636	5.2842	5.3712	5.2766
5.4599	5.4898	5.4300	5.4956	5.4242
5.5710	5.5972	5.5448	5.6022	5.5398
5.6649	5.6923	5.6375	5.6975	5.6322
5.7463	5.7777	5.7148	5.7837	5.7088
5.8180	5.8545	5.7815	5.8615	5.7745
5.8822	5.9241	5.8403	5.9321	5.8323
5.9403	5.9874	5.8932	5.9965	5.8841
5.9933	6.0455	5.9411	6.0554	5.9311
6.054	6.1093	5.9935	6.1204	5.9824

Cuadro 4.7. Porcentaje de fibra seca obtenida tallando de manera manual y mecánica

Tallado manual % fibra seca obtenida	Peso del cogollo verde (kg)	Tallado mecánico % fibra seca obtenida
6.75	10	7.65
6.71	23	7.66

DISCUSION

Los resultados obtenidos en el Cuadro 4.1 muestran - que todas las variables utilizadas en los análisis de regresión presentaron correlaciones significativas para el tamaño de muestra obtenido, pero no todas fueron seleccionadas, ya que se buscaba aquella variable que reuniera el mayor coeficiente de correlación, de determinación y el menor cuadrado medio del error, o sea, que cumpliera con los criterios de selección; esto coincide con las metodologías empleadas por otros investigadores como: Ludwig *et al.* (1975), González *et al.* (1980), García *et al.* (1988), que a través de medidas fáciles de realizar en la planta obtuvieron modelos de predicción de biomasa de las mismas.

Los resultados de la prueba de error puro y falta de ajuste prueba que la mayoría de los modelos utilizados son adecuados para emplearse en la predicción de biomasa del volumen del cogollo en *Agave lecheguilla*.

Sin embargo, el mejor modelo en la predicción, relaciona a las variables volumen de cogollo y peso del mismo en un modelo de regresión potencial simple. Se considera que el empleo del volumen del cogollo en el modelo potencial, es el que presenta el mayor ajuste a los datos observados y, por lo tanto, el error en sus estimaciones es pequeño. Esto se -

demuestra por el valor de la precisión estimada para este - modelo (0.556 por ciento) lo cual ocasiona que nuestras ban das de confianza recorran intervalos (con respecto a la variable dependiente) muy estrechos.

Cabe aclarar que los valores empleados en la cons - trucción de las bandas de confianza, resultaron de trabajar con un modelo linearizado, lo cual implica que el comporta - miento de estas en el modelo original (sin linearización) - no sea el mismo, dado que la metodología empleada requiere de ser usada en modelos lineales.

Respecto a la tabla de producción, se considera que ésta proporcionará resultados muy precisos en la estimación de biomasa del cogollo de la lechuguilla para el área de es - tudio.

En localidades diferentes al área de estudio, es po - sible la utilización del modelo, previa comprobación del - mismo. Un método que se sugiere para verificar el modelo, - es el empleo de los gráficos de éste y las bandas de confian za. Así, en la nueva población, el comportamiento de los in dividuos muestreados deberá estar dentro de los rangos de la banda de confianza a una confiabilidad dada.

Los porcentajes de fibra seca encontrados no son con cluyentes debido a que no se realizó análisis estadístico y no conocemos, la precisión y confiabilidad de las estimacio - nes. Una investigación en la misma localidad para esti mar -

el contenido de fibra en el cogollo, ampliaría la utilidad del modelo generado en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

Se considera que el modelo de predicción establecido proporcionará resultados confiables en relación con la biomasa del cogollo, con respecto a la variable seleccionada volumen del cogollo contra el peso del cogollo para la especie - *Agave lecheguilla* para el área de estudio.

La ecuación de regresión obtenida puede ser utilizada en la estimación de rendimientos potenciales; sobre todo en la explotación de especies económicamente útiles puede ser una herramienta muy importante en la toma de decisiones pues proveen de una estimación *a priori* de la biomasa del cogollo de la especie.

La tabla de producción elaborada en el presente estudio es de una precisión y confiabilidad aceptable en sus estimaciones.

Es posible que la tabla de producción proporcione estimaciones adecuadas para la variable considerada de la especie, en inventarios a nivel nacional y regional, mediante una comprobación previa de la bondad de la misma.

RESUMEN

Hay dos grupos de métodos para determinar la fitomasa aérea en pie o producción: Métodos destructivos y no destructivos. En este último grupo se ubica el análisis dimensional que se basa en el empleo de técnicas de regresión para relacionar dimensiones de la planta fácilmente medibles con la fitomasa aérea en pie o producción de la planta.

El presente trabajo se efectuó en el Campo Experimental Forestal La Saucedá, Municipio de Ramos Arizpe, Estado de Coahuila, con el fin de encontrar un modelo matemático para predecir la biomasa del cogollo de lechuguilla (*Agave lecheguilla Torr.*), evaluando las siguientes variables: altura de la planta, altura del cogollo, diámetro medio del cogollo diámetro de cobertura, área de cobertura, volumen del esferoide y volumen del cogollo, todas éstas consideradas como - variables independientes y el peso del cogollo considerado - como variable dependiente.

Los resultados mostraron que el mejor modelo fue el potencial, que utiliza como variable independiente el volumen del cogollo, con un coeficiente de correlación de 0.7610. La ecuación obtenida fue la siguiente: $Y = 0.563X^{0.6093}$ donde: Y = Peso del cogollo (g)

X = volumen del cogollo (cm^3).

Además, se elaboró una tabla de producción para predecir la biomasa del cogollo de lechuguilla, en base al modelo de predicción seleccionado, con una precisión estimada del mismo de 0.566 por ciento.

Es importante este trabajo en inventarios a nivel nacional y regional para hacer estimaciones de biomasa de los recursos de zonas áridas, en especial del estudiado.

LITERATURA CITADA

- Baskerville, G.L. 1965. Estimation of Dry Weight of Tree Components and Total Standing Crop in Conifer Stands. *Ecol.* 46(6):867-869. United States of America.
- Bosque V., M. 1969. Organización y funcionamiento de la producción de ixtle en México. Tesis licenciatura ITESM Monterrey, Nuevo León, México. 79 p.
- Burk, J.H. and W.A. Dick-Peddie. 1973. Comparative production of *Larrea divaricata* Cav. on three geomorphic surfaces in Southern New Mexico. *Ecol.* 54(5):1094-1102. United States of America.
- Caballero D., M. 1973. Estadística práctica para dasónomos. Publicación No. 26. INIF. México. 194 p.
- Castro S.J., M.C.S. 1983. La Geología en la investigación forestal del Campo Experimental Forestal "La Saucedá", Coahuila. *Ciencia Forestal*. INIF. 8(42):21-36, México.
- Fitzgerald, R.D. 1983. An indirect method to estimate the aerial biomass of small single-stemmed woody plants. *J. Range Manage.* 36(6):757-759. United States of America.
- García, A.E., J.R. Reynaga V., F. de J. Sánchez P. y J.G. Medina T. 1988. Estimaciones de la fitomasa aérea de *hojasén* mediante la técnica del análisis dimensional. SOMMAP, México. 37 p.

- Garzón-Rincón G., J.C. 1976. Tabla normal de producción para *Pinus hartwegii* Lind. de la Estación Experimental Forestal de Zoquiapan. Tesis licenciatura, UACH, México. 63 p.
- González C., A. y A.J.W. Scheffer. 1964. Los recursos espontáneos y su economía. En: Las zonas áridas del centro y noroeste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Beltrán, E. (Ed.). IMRNR. México. pp. 29-96.
- González M., F., A. Castillo, G.R. Durán, C. Martínez del R y J.M. Quintanilla. 1980. Estimaciones de biomasa a partir de la altura y la cobertura de plantas xerófitas. En: Inventario de recursos de tierras áridas. Desarrollo de métodos eficientes en costos. Forest Service. United States. Department of Agriculture. La Paz, México. pp. 416-420.
- Gutiérrez V., J.S. 1981. Inventario de las existencias de guayule y lechuguilla en la Sierra San José de los Nuncios, Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 83 p.
- Johnson, R. 1976. Estadística elemental. Ed. Trilla. México. 515 p.
- Ludwig, J.A., J.F. Reynolds and P.D. Whitson. 1975. Size biomass relationships of several Chihuahuan Desert shrubs. The American Midland Naturalist. 94(2):451-461. United States of America.
- Maldonado A., L.J. y S.A. Ortega R. 1981. Proyectos de investigación del Campo Experimental Forestal "La Sauceda" Ramos Arizpe, Coahuila. Boletín Divulgativo No. 52. INIF. México, 33 p.
- Marroquín, J.S., L. Borja, R. Velazquez C. y J.A. De la Cruz C. 1964. Estudio ecológico y dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Publicación Especial No. 2. INIF. México. 166 p.

- Mena, H.L., A.G. Jurado y R. Herrera I. 1988. Ecuaciones de predicción para determinar biomasa aérea del gatuño en la zona central de Chihuahua. SOMMAP, México. 37 p.
- Méndez, I. 1976. Conceptos elementales del muestreo con énfasis en la determinación práctica del tamaño de la muestra. Serie Azul No. 25. IIMAS, UNAM. México. 55 p.
- Mesa A., M. y R. Villanueva V. 1948. La producción de fibras duras en México. Monografías industriales del Banco de México. 355 p.
- Murray, R.B. and M. Quinn J. 1982. An evaluation of dimension analysis for predicting shrub biomass. J. Range Manage. 35(4):451-454. United States of America.
- Neter, J. and W. Wasserman. 1974. Applied linear statistical models. Richard D. Irwing, Inc. Illinois. 842 p.
- Niño V., E. y E. Patiño O. 1980. Aprovechamiento de algunos recursos forestales de zonas áridas de México. En: Inventario de recursos de tierras áridas: desarrollo de métodos eficientes en costos. Forest Service. United States, Department of Agriculture. La Paz, México. pp. 29-34.
- Ostlè, B. 1974. Estadística aplicada. LIMUSA. México. 629 p.
- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. LIMUSA, México. 273 p.
- Provenza, F.D. and P.J. Urness. 1981. Diameter-length-weight relations for blackbrush (*Coleogyne ramosissima*) branches. J. Range Manage. 34(3):215-217. United States of America.

- Ritternhouse, L.R. and F.A. Sneva. 1977. A technique for estimating big sagebrush production. J. Range Manage. 30(1):68-70. United States of America
- Romahn de la V., C. 1984. Principales productos forestales no maderables de México. Publicaciones especiales - No. 6. División de Ciencias Forestales. UACH, México. 561 p.
- Rothacher B., J.S., F.E. Blow and S.M. Potts. 1954. Estimating the quantity of tree foliage in oak stands in the Tennessee Valley. Journal of Forestry. 52(3): 169-173.
- Ruiz A., M., G.R. Oliva y J. Ham T. 1980. Ensayo de una metodología para elaborar una tabla de rendimiento de peso de hojas y peso de fibra seca de "Datilillo" (*Yucca valida*). En: Inventarios de recursos de tierras áridas: Desarrollo de métodos eficientes en costos. Forest Service. United States Department of Agriculture. La Paz, México. pp. 539-546.
- Rzedowski, J. 1964. Botánica económica. En: Las zonas áridas del centro y noroeste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Beltrán, E. (Ed.). IMRNR. México. pp. 135-152.
- _____. 1978. Vegetación de México. LIMUSA. México - 432 p.
- Snedecor, W.G. y W.G. Cochran. 1982. Métodos estadísticos. CECSA, México. 703 p.
- Uresk, D.W., R.O. Gilbert and W.H. Rickard. 1977. Sampling big sagebrush for phytomass. J. Range Manage. 30(4): 311-314. United States of America.
- Valero M., H. 1946. El Agave lecheguilla, su aprovechamiento e industrialización. Tesis licenciatura. ENA. Chapingo, México. 30 p.

- Villa, S., A.B. 1981. Investigación sobre candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el área del CIFNE. Ciencia Forestal. INIF. 6(32):3-18. México.
- Wayne B., S.D. and R.O. Meeuwig. 1981. Estimating twig and foliage biomass of sagebrush, bitterbrush and rabbit brush in the Great Basin. J. Range Manage. 34(3):224-227. United States of America.
- Whisenant, S.G. and D.T. Burzlauff. 1978. Predicting green weight of mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.). J. Range Manage. 31(5):396-397. United States of America.
- Whittaker, R.H. 1965. Branch dimension and estimation of branch production. Ecol. 46(3):365-370. United States of America.
- _____. 1966. Forest dimensions and production in the Great Smoky Mountains. Ecol. 47(1):103-121 United States of America.

A P E N D I C E

Cuadro A.1. Tabla de producción para estimar biomasa del cogollo de Agave *lechuguilla* Torr.
en el Campo Experimental Forestal "La Saucedita". Ramos Arizpe, Coah.

*	Diámetro										Cogollo			(cm)		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
25	111.600	120.732	129.989	139.366	148.858	158.459	168.166	177.975	187.881	197.882	207.975	217.975	227.975	237.975	247.975	257.975
26	114.300	123.652	133.133	142.737	152.458	162.291	172.233	182.279	192.425	202.668	213.005	223.005	233.005	243.005	253.005	263.005
27	115.958	126.528	136.230	156.047	156.004	166.066	176.239	186.519	196.901	207.383	217.960	227.960	237.960	247.960	257.960	267.960
28	119.479	129.363	139.282	149.329	159.500	169.787	180.188	190.698	201.313	212.029	222.843	232.843	242.843	252.843	262.843	272.843
29	122.163	132.159	142.292	152.557	162.947	173.457	184.082	194.819	205.664	216.611	227.659	237.659	247.659	257.659	267.659	277.659
30	124.713	134.917	145.262	155.741	166.347	177.077	187.924	198.885	209.956	221.132	232.411	242.411	252.411	262.411	272.411	282.411
31	127.230	137.640	148.193	158.883	169.702	180.650	191.717	202.899	214.193	225.595	237.101	247.101	257.101	267.101	277.101	287.101
32	129.715	140.326	151.088	161.987	173.019	184.179	195.461	206.862	218.377	230.001	241.732	251.732	261.732	271.732	281.732	291.732
33	137.170	142.984	153.947	165.053	176.294	187.665	199.161	210.777	222.510	234.354	246.307	256.307	266.307	276.307	286.307	296.307
34	134.596	145.609	156.773	168.082	179.530	191.109	202.816	214.646	226.594	238.656	250.828	260.828	270.828	280.828	290.828	300.828
35	136.994	148.203	159.567	171.077	182.729	194.515	206.431	218.471	230.632	242.909	255.298	265.298	275.298	285.298	295.298	305.298
36	139.366	150.769	162.329	174.039	185.892	197.882	210.004	222.253	234.625	247.114	259.718	269.718	279.718	289.718	299.718	309.718
37	141.712	153.307	165.062	176.969	189.022	201.214	213.540	225.995	238.574	251.274	264.090	274.090	284.090	294.090	304.090	314.090
38	144.034	155.819	167.766	169.868	192.118	204.510	217.038	229.697	242.482	255.390	268.416	278.416	288.416	298.416	308.416	318.416
39	164.441	158.304	170.441	182.737	195.183	207.772	220.500	233.361	246.351	259.464	272.698	282.698	292.698	302.698	312.698	322.698
40	148.606	160.765	173.092	185.578	198.217	211.002	223.928	236.989	250.180	263.498	276.937	286.937	296.937	306.937	316.937	326.937
41	150.859	163.202	175.716	188.391	201.222	214.201	227.322	240.582	253.973	267.492	281.136	291.136	301.136	311.136	321.136	331.136
42	153.090	165.616	178.315	191.178	204.198	217.369	230.695	244.140	257.729	271.449	285.294	295.294	305.294	315.294	325.294	335.294
43	155.301	169.008	180.890	193.939	207.147	220.508	234.016	247.665	261.451	275.369	289.413	299.413	309.413	319.413	329.413	339.413
44	157.491	170.378	183.441	196.674	210.069	223.619	237.317	251.159	265.139	279.253	293.496	303.496	313.496	323.496	333.496	343.496

Cuadro A.1.continuación

*	Diámetro					Medio	del	Cogollo		(cm)		23	24	25
	15	16	17	18	19			20	21	22				
45	159.663	172.727	185.971	199.396	212.965	226.701	240.589	254.622	268.795	283.103	297.542			
46	161.815	175.055	188.478	202.074	215.836	229.759	243.933	258.055	272.419	286.920	301.554			
47	163.950	177.365	190.964	204.739	219.683	232.799	247.049	261.458	276.012	290.704	305.531			
48	166.066	179.654	193.429	207.393	221.506	235.794	250.238	264.834	279.575	294.457	309.476			
49	168.166	181.926	195.975	210.004	224.307	238.775	253.402	268.182	283.110	298.180	313.388			
50	170.249	184.179	198.301	212.605	227.085	241.732	256.540	271.504	286.616	301.873	317.270			
51	172.314	186.415	200.709	214.186	229.841	244.666	259.654	274.799	290.096	305.537	321.121			
52	174.366	188.633	203.097	217.747	232.577	247.578	262.745	278.070	293.548	309.174	324.943			
53	176.402	190.835	205.468	220.289	235.292	250.469	265.812	281.316	296.975	312.783	328.736			
54	178.422	193.021	207.821	222.812	237.987	253.337	268.857	284.538	300.376	316.366	332.502			
55	180.420	195.191	210.147	225.317	240.663	256.186	271.979	287.737	303.753	319.923	336.240			
56	182.420	197.346	212.477	227.805	243.319	259.014	274.881	290.914	307.107	323.454	339.952			
57	184.398	199.486	214.781	230.275	245.958	261.822	277.861	294.068	310.436	326.961	343.638			
58	186.362	201.611	217.069	232.728	248.578	264.612	280.821	297.201	313.744	330.445	347.299			
59	188.314	203.722	219.342	235.165	251.180	267.382	283.761	300.312	317.028	333.904	350.935			
60	190.252	205.819	221.600	237.585	253.766	270.134	286.682	303.403	320.292	337.342	354.547			

* Longitud del cogollo en cm

Cuadro A.1.continuación

*	Diámetro medio del cogollo (cm)									
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
25	218.157	228.424	238.775	249.207	259.719	270.305	280.969	291.704	302.512	313.388
26	223.433	233.948	244.549	255.234	265.999	276.843	287.763	298.759	309.828	320.968
27	228.630	239.390	250.239	261.171	272.197	293.293	294.457	305.709	317.035	328.434
28	233.753	244.754	255.845	267.023	278.285	289.630	302.055	312.558	324.138	335.793
29	238.804	250.044	261.374	272.794	284.299	295.889	307.561	319.313	331.143	343.050
30	243.789	255.262	266.829	278.487	290.233	302.065	323.980	325.978	338.055	350.210
31	248.708	260.413	272.214	284.107	296.090	308.160	320.316	332.556	344.877	357.277
32	253.566	245.500	277.531	289.657	301.873	314.179	326.573	339.052	351.613	364.255
33	258.365	270.525	282.784	295.138	307.586	320.126	332.754	345.469	358.268	371.149
34	263.108	275.491	287.974	300.556	313.233	326.002	338.862	351.810	364.844	377.962
35	267.796	280.399	293.105	305.912	318.814	331.811	344.900	358.079	371.345	384.697
36	272.432	285.254	298.180	311.208	324.333	337.555	350.871	364.278	377.744	391.357
37	277.019	290.056	303.200	316.447	329.793	343.238	356.778	370.411	384.134	397.945
38	281.556	294.808	308.167	321.631	335.196	348.861	362.622	376.478	390.427	404.464
39	286.048	299.511	313.083	326.762	340.543	354.426	369.407	382.484	396.655	410.917
40	290.495	304.167	317.950	331.841	345.837	359.936	374.134	388.430	402.821	417.304
41	294.898	308.778	322.770	336.872	351.080	365.392	379.806	394.318	408.928	423.631
42	299.260	313.345	327.543	342.854	356.273	370.797	385.424	400.151	414.976	429.896
43	303.582	317.869	332.273	346.791	361.417	376.151	390.989	405.929	420.968	436.104
44	307.864	322.354	336.961	351.682	366.515	381.457	396.505	411.655	426.906	442.256

Cuadro A.1.continuación

*	Diámetro medio del cogollo (cm)									
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
45	312.109	326.798	341.606	356.531	371.569	386.716	401.971	417.330	432.792	448.353
46	316.317	331.203	346.212	361.338	376.578	391.930	407.390	422.957	438.627	454.398
47	320.489	335.572	350.778	366.104	381.545	397.099	412.764	428.536	444.413	460.392
48	324.626	339.905	355.307	370.831	386.471	402.226	418.093	434.068	450.150	466.335
49	328.730	344.202	359.799	375.519	391.357	407.311	423.379	439.556	455.841	472.231
50	332.802	348.465	364.255	380.170	396.204	412.356	428.622	445.000	461.487	478.080
51	336.842	352.695	368.677	384.785	401.014	417.362	433.826	450.402	467.089	483.883
52	340.851	356.893	373.065	389.364	405.797	422.329	438.989	455.763	472.648	489.642
53	344.830	361.059	377.420	393.909	410.523	427.259	444.113	461.083	478.166	495.358
54	348.779	365.195	381.743	398.422	415.225	432.153	449.200	466.364	483.643	501.032
55	352.702	369.300	386.035	402.901	419.894	437.012	454.251	471.607	489.090	506.665
56	356.594	373.377	390.296	407.348	424.529	441.836	459.265	476.814	494.479	512.258
57	360.461	377.425	394.528	411.765	429.132	446.627	464.245	481.984	499.840	517.813
58	364.301	381.446	398.731	416.152	433.704	451.384	469.190	487.118	505.165	523.329
59	368.115	385.440	402.906	420.509	438.245	456.111	474.103	492.218	510.454	528.808
60	371.904	389.407	407.053	424.838	442.756	460.805	478.983	497.285	515.709	534.251

* Longitud del cogollo en cm