



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO



## ANÁLISIS DIMENSIONAL Y TABLAS DE PRODUCCIÓN DE SOTOL (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) PARA EL ESTADO DE COAHUILA



### RECONOCIMIENTO

Se agradece a la Fundación Produce Coahuila, a la Secretaría de Fomento Agropecuario del estado de Coahuila y al Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT por las aportaciones económicas brindadas para la realización del presente trabajo.

---

**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

C. JAVIER BERNARDO USABIAGA ARROYO  
Secretario

ING. FRANCISCO LOPEZ TOSTADO  
Subsecretario de Agricultura y Ganadería

ING. ANTONIO RUIZ GARCIA  
Subsecretario de Desarrollo Rural

ING. NORBERTO DE JESÚS ROQUE DIAZ DE LEON  
Fomento a los Negocios

C. RAMON CORRAL AVILA  
Comisionado Nacional de Acuacultura y Pesca

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRICOLAS Y PECUARIAS**

Ph. D. PEDRO BRAJCICH GALLEGOS  
Director General

Ph. D. EDGAR RENDON POBLETE  
Coordinador de Investigación Innovación y Vinculación

Ph. D. SEBASTIAN ACOSTA NUÑEZ  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dra. MARIA EMILIA JANETTI DIAZ  
Coordinadora de Administración y Sistemas

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE**

Ph. D. LUIS ANGEL RODRIGUEZ DEL BOSQUE  
Director Regional

Ph. D. JORGE ELIZONDO BARRON  
Director de Investigación

C. P. JOSE CRUZ GONZÁLEZ FLORES  
Director de Administración

M. C. GUSTAVO J. LARA GUAJARDO  
Director de Coordinación y Vinculación en Coahuila

Dr. SERGIO J. GARCIA GARZA  
Jefe del Campo Experimental Saltillo

---

**GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA**

LIC. ENRIQUE MARTINEZ Y MARTINEZ  
Gobernador Constitucional del Estado

M. V. Z. ENRIQUE SALINAS AGUILERA  
Secretario de Fomento Agropecuario

M. C. JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ ESQUIVEL  
Director de Agricultura

M. V. Z. ENRIQUE GARCIA PEREZ  
Director de Ganadería

ING. JOSE LUIS NAVA MEJIA  
Director de Recursos Forestales y Medio Ambiente

**DELEGACION ESTATAL DE LA SAGARPA**

ING. EDUARDO VILLARREAL DAVILA  
Delegado en Coahuila

ING. JORGE ALBERTO FLORES BERRUETO  
Subdelegado Agropecuario

LIC. REYNOLD MALTOS ROMO  
Subdelegado de Planeación

LIC. REYNALDO PEREZ-NEGRON  
Subdelegado de Administración

**FUNDACION PRODUCE COAHUILA, A. C.**

M. Sc. IGNACIO A. GONZALEZ CEPEDA  
Presidente

ING. BERNABE IRUZUBIETA QUESADA  
Vicepresidente

ING. JOSE ANTONIO CEPEDA RUMAYOR  
Tesorero

M. C. JORGE MONTAÑEZ DE LEON  
Gerente

---

En el proceso editorial de esta publicación colaboraron:

Comité Editorial del Campo Experimental Saltillo:

M. C. Gustavo J. Lara Guajardo  
Dr. Sergio J. García Garza  
M. C. Antonio Cano Pineda  
M. C. Carlos Ríos Quiroz

Supervisión Técnica:

Ph. D. Jorge Elizondo Barrón

Captura Computacional:

M. C. Antonio Cano Pineda

Fotografía:

M. C. Antonio Cano Pineda

Edición:

M. C. Carlos Ríos Quiroz

**MAYOR INFORMACION  
INIFAP**

Campo Experimental Saltillo  
Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel. (01 844) 4 16 20 25  
Fax (01 844) 4 39 19 01

Dirección de Coordinación y Vinculación del  
INIFAP-Coahuila

Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel /Fax: (01 844) 4 39 24 36  
E-mail: dicovi\_coah@hotmail.com  
lara.gustavo@inifap.gob.mx



# ANÁLISIS DIMENSIONAL Y TABLAS DE PRODUCCIÓN DE SOTOL (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) PARA EL ESTADO DE COAHUILA

M. C. Antonio Cano Pineda

Investigador de Viveros y Plantaciones Forestales  
del Campo Experimental Saltillo

M. C. Carlos Alejandro Berlanga Reyes

Investigador de Recursos Forestales no Maderables  
del Campo Experimental Saltillo

M. C. David Castillo Quiroz.

Investigador de Recursos Forestales no Maderables  
del Campo Experimental Saltillo

M. C. Oscar Ulises Martínez Burciaga.

Investigador de Sistemas de Información Geográfica  
del Campo Experimental Saltillo

Dr. Alejandro Zárate Lupercio

Maestro Investigador del Dpto. Forestal UAAAN

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Centro de Investigación Regional del Noreste  
Campo Experimental Saltillo  
México  
Marzo 2005

**ANÁLISIS DIMENSIONAL Y TABLAS DE  
PRODUCCIÓN DE SOTOL (*Dasyllirion cedrosanum*  
Trel.) PARA EL ESTADO DE COAHUILA**

No está permitida la reproducción total o parcial de este folleto, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del derecho de autor.

Derechos reservados © 2005. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.  
Serapio Rendón No. 83  
Col. San Rafael  
Del. Cuauhtémoc  
06470 México, D. F.  
Tel. (01 55) 51 40 16 00

Primera edición  
Impreso en México  
Tiraje: 500 ejemplares  
**No. de Registro INIFAP /CIRNE /F-30**  
**ISSN 1405-1915**

Esta obra se terminó de imprimir  
en Marzo de 2005 en los talleres de:

**Imprenta Sánchez**  
**Nueva España 514**  
**Saltillo, 25020 Coah.**  
**Tel. / fax (844) 4 14 61 51**

Folleto Técnico Núm. 18, Marzo 2005  
**CAMPO EXPERIMENTAL SALTILLO**  
Blvd. Vito Alessio Robles No. 2565  
Col. Nazario S. Ortiz Garza  
Saltillo, 25100, Coah.  
Tel. (01 844) 4 16 20 25  
Fax (01 844) 4 39 19 01

La cita correcta de este folleto es:  
Cano P., A.; Berlanga R., C. A.; Castillo Q., D; Martínez B., O. U  
y Zárate L., A. 2005. Análisis dimensional y tablas de  
producción de sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel.) para el  
estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental  
Saltillo. Folleto Técnico Núm. 18. Coahuila, México. 24 p.

Solórzano, I. F.; J. G. Flores G. 1990. Metodología  
alternativa en la definición de modelos de  
estimación de peso de hoja seca de orégano.  
Memorias. 1ª Reunión Nacional sobre  
Orégano; URUZA, UACH, ANCF, SAGAR,  
INIFAP. Bermejillo, Durango, México.

Villavicencio G. E. E. y H. Franco L. 1992. Guía  
para la evaluación de existencias de palma  
samandoca (*Yucca carnerosana*) en el estado  
de Coahuila. Folleto técnico No. 2. Campo  
Exp. La Saucedá Saltillo, CIRNE-INIFAP-  
SARH. Saltillo, Coahuila, México. 18 p.

Henrickson , J y M.C Johnston.1977. A flora of the chihuahuan desert region. Edition 1.2 vol 2. L.A. U.S.A.

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.

Meza S, R. 1997. Ecuaciones para estimar la fitomasa de *Atriplex canescens*. Ciencia Forestal. México. INIFAP. (22): 27- 40.

Sáenz R., T y D. Castillo Q. 1990. Tarifa de predicción del rendimiento de orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.) para el municipio de General Cepeda, Coahuila. Memorias. 1ª Reunión Nacional sobre Orégano; URUZA, UACH, ANCF, SAGAR, INIFAP. Bermejillo, Durango, México

Sáenz R., T. y D. Castillo Q. 1992. Guía para la evaluación del cortadillo en el estado de Coahuila. Folleto técnico No. 3. Campo Exp. La Sauceda Saltillo, CIRNE-INIFAP. Saltillo, México.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2 ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.1 Taxonomía y distribución	3
2.2 Descripción	4
2.3 Análisis dimensional	4
<b>3 OBJETIVO</b>	<b>9</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>9</b>
4.1 Selección de la muestra	13
4.2 Registro de datos	15
4.3 Análisis de regresión	16
<b>5 RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>17</b>
<b>6 CONCLUSIONES</b>	<b>21</b>
<b>7 LITERATURA CITADA</b>	<b>22</b>

## INDICE DE FIGURAS

1	a) Selección, b) Extracción y c) Jimado y registro del peso de piña de sotol para cada categoría existente en la población, en diferentes localidades del estado de Coahuila. d) Individuos de sotol abarcando todas las categorías posibles dentro de la población.	10
2	Registro de datos en poblaciones naturales de sotol.	16

## INDICE DE CUADROS

1	Rangos de variación de la muestra para el análisis dimensional en sotol para el estado de Coahuila.	14
2	Coefficientes de correlación y regresión para las variables consideradas en el análisis dimensional en sotol para el estado de Coahuila.	17
3	Análisis de varianza de la regresión	18
4	Tabla de producción para sotol ( <i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.) en el estado de Coahuila*. INIFAP-Campo Experimental Saltillo.	19

**ANALISIS DIMENSIONAL Y TABLAS DE  
PRODUCCION DE SOTOL  
(*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) PARA EL  
ESTADO DE COAHUILA**

Antonio Cano Pineda<sup>1</sup>  
Carlos Alejandro Berlanga Reyes<sup>2</sup>  
David Castillo Quiroz<sup>2</sup>  
Oscar Ulises Martínez Burciaga<sup>3</sup>  
Alejandro Zárate Lupercio<sup>4</sup>

**Introducción**

Los productores que habitan las zonas áridas han desarrollado la capacidad de obtener productos de las plantas con las que tienen contacto en el medio y sus comunidades, tales como la candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*) y la lechuguilla (*Agave lechuguilla*); de ellas se obtienen cera e ixtle, que representan la fuente de ingresos más importantes y, en muchos de los casos, la única actividad, ya que la agricultura de temporal sólo les permite obtener cosechas para autoconsumo por lo errático y escaso de las lluvias.

---

<sup>1</sup>M. C Investigador de Viveros y Plantaciones Forestales del Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP.

<sup>2</sup>M. C Investigadores de Recursos Naturales de Zonas Áridas del Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP.

<sup>3</sup>M. C Investigador de Sistemas de Información Geográfica del Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP.

<sup>4</sup>Dr. Maestro Investigador del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

**7. Literatura citada**

Alarcón B., M. 1990. El orégano, una tabla de producción para el sureste del estado de Chihuahua. Memorias, 1ª Reunión Nacional sobre Orégano. URUZA, UACH, ANCF, SARH, INIFAP. Bermejillo, Durango, México.

Antúnez, R., D.; E. Castellanos P.; R. Almida y M. Valencia C. 1991. Predicción de la biomasa aérea del chamizo en la época de sequía en el noreste de Durango. Rev. Manejo de Pastizales. México 4(3):1-5

Bogler, B.J. 1994. Taxonomy and phylogeny of *Dasyliirion* (*Nolinaceae*). Ph. D. dissertation. University of Texas at Austin, U.S.A.

Flores G., J.G. 1990. Elaboración de una tarifa para evaluar rendimiento de orégano. Memorias. 1ª Reunión Nacional sobre Orégano; URUZA, UACH, ANCF, SARH, INIFAP. Bermejillo, Durango, México.

Günther, B. 1975. Dimensional analysis and theory of biological similarity. *Physiol. Rev.* 55 (4): 659-699. USA.

Gutiérrez R., E. y J. S. Sierra T. 1992. Modelos de regresión para estimar producción de forraje en cinco arbustos del desierto Chihuahuense *En: Resúmenes. Reunión Nacional de investigación pecuaria. INIFAP, SARH. Chihuahua, México. 394 p.*

## 6. Conclusiones

- El uso de las tablas de producción para sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) es una herramienta útil en la estimación de producto aprovechable de las poblaciones naturales de esta especie.
- El modelo de predicción generado mediante la técnica de análisis dimensional, permite estimar de manera sencilla y confiable, la biomasa en pie para sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) en el estado de Coahuila, a través de la medición de variables fácilmente obtenidas en campo.

El sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) es una planta nativa del Desierto Chihuahuense, la cual se desarrolla en diversos tipos de terreno, preferentemente en lomeríos de suelos someros y bien drenados, en donde convive con una gran variedad de formas de vida; es una planta muy rústica y componente del matorral desértico rosetófilo, aunque ocasionalmente forma parte del matorral desértico micrófilo. Entre algunos de sus usos se encuentran la elaboración de aguardiente, destilado conocido como sotol, además de forraje para ganado y la construcción de cercos en el medio rural.

Actualmente en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, ha crecido el interés en la elaboración de una bebida con denominación de origen. Lo anterior obliga a realizar el aprovechamiento de las poblaciones naturales de manera racional y sustentable, visualizando oportunidades en el mercado nacional e internacional y promoviendo la generación de ingresos económicos para los dueños y/ o poseedores del recurso; por ello, es necesario el conocimiento de las existencias reales, así como su ubicación, además de las características de las plantas que conforman las poblaciones naturales. El primer paso, entonces, es la aplicación de la técnica de análisis dimensional a la especie en estudio, con la finalidad de generar tablas de producción que se conviertan en una herramienta útil e importante, que facilite las labores de inventario y caracterización que realizan los técnicos en campo.

## 2. Antecedentes

### 2.1 Taxonomía y distribución

El sotol pertenece al género *Dasyilirion*, de la familia Agavaceae (Henrickson y Johnston, 1977). Este género comprende alrededor de 14 a 18 especies y se distribuye en el suroeste de los Estados Unidos y México (Henrickson y Johnston, 1977 y Bogler (1994).

De acuerdo a Bogler (1994), en México existen 14 especies de este género las cuales son: *Dasyilirion ecotrichum*; *D. glaucophyllum* (estado de México.); *D. graminifolium*; *D. inermis* (San Luis Potosí); *D. leiophyllum* (Chihuahua y oeste de Coahuila); *D. longissimum*, (México); *D. miquihuanense* (Tamaulipas); *D. parrianum* (San Luis Potosí); *D. serratifolium* (sureste de México); *D. simplex* (Durango, México); *D. texanum* (norte de Coahuila); *D. texanum* var. *Avernas* (México); *D. wheeleri* (Sonora, Chihuahua y Durango); *D. cedrosanum* (centro y sur de Coahuila); *D. heteroteca* (norte de Coahuila).

Sin embargo, Henrickson y Johnston (1977) mencionan solamente nueve especies: *Dasyilirion texanum* (Coahuila, Nuevo León y norte de San Luis Potosí); *D. parrayanum* sinonimia de *D. graminifolium* (San Luis Potosí); *D. wheeleri* (Durango); *D. cedrosanum* (Durango, Coahuila y Zacatecas); *D. leiophyllum* (Chihuahua y oeste de Coahuila); *D. stewartii* con dos variedades *D. stewartii* var. *stewartii* y *D. stewartii* var. *glaucum* (Coahuila); *D. heteracanthum* (Chihuahua y

\* Nota: Peso estimado en kg en función del diámetro de piña de la planta de sotol (cm) para el estado de Coahuila.

Ecuación de Predicción:  $y = -15.529 + 1.118 (X)$   
Límites de confianza al 95%.



Cuadro 4. Tabla de producción para sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel). en el estado de Coahuila\*. INIFAP-Campo Experimental Saltillo

Diámetro de piña (cm)	Peso estimado (Kg)	Límite inferior	Límite superior
16	2.264	0.805	3.723
17	3.382	1.989	4.775
18	4.500	3.170	5.830
19	5.619	4.348	6.889
20	6.737	5.523	7.950
21	7.855	6.694	9.016
22	8.973	7.860	10.086
23	10.091	9.021	11.162
24	11.210	10.177	12.234
25	12.328	11.325	13.331
26	13.446	12.467	14.425
27	14.564	13.601	15.528
28	15.683	14.728	16.638
29	16.801	15.846	17.757
30	17.919	16.956	18.883
31	19.038	18.057	20.018
32	20.156	19.152	21.160
33	21.274	20.239	22.309
34	22.392	21.320	23.465
35	23.511	22.395	24.626
36	24.629	23.465	25.793
37	25.747	24.531	26.964
38	26.865	25.592	28.139
39	27.984	26.650	29.317
40	29.102	27.705	30.499
41	30.320	28.758	31.683
42	31.389	29.808	32.869
43	32.457	30.856	34.057
44	33.575	31.902	35.248
45	34.693	32.947	36.439
46	35.812	33.991	37.632
47	36.930	35.033	38.826
48	38.048	36.075	40.022
49	39.166	27.115	41.218
50	40.285	38.154	42.415
51	41.403	39.193	43.612
52	42.521	40.231	44.811
53	43.639	41.269	46.010
54	44.758	42.306	47.209
55	45.876	43.343	48.409
56	46.994	44.379	49.610
57	48.112	45.414	50.810
58	49.231	46.450	52.012

noreste de Coahuila); *D. palaciosi* (San Luis Potosí); *D. longissimun* (Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo).

Las especies reportadas para Coahuila son cinco: *Dasyllirion texanum*, *D. cedrosanum*, *D. leiophyllum*, *D. stewartii* con las variedades *D. stewartii* var. *stewartii*; *D. stewartii* var. *glaucum* y *D. heterocanthum* (Henrickson y Johnston 1977; Bogler, 1994)

## 2.2 Descripción

El sotol *Dasyllirion cedrosanum* Trel. (*D. palmeri* Trel.) es una planta de tamaño medio a robusto con un tallo principal y en ocasiones dos a tres tallos secundarios, hojas regulares y extendidas, glaucas de color gris pálido a verde pálido, de 80 a 100 cm de largo, y de 2 a 3.5 cm de ancho, ascendiendo rectamente y deflexionando con la edad, plano encima, rotundamente quillado abajo, márgenes finamente denticulados, los dientes regularmente curvados hacia la punta, de 3 a 4 mm de largo, amarillo pálido a rojizo. Esta especie se desarrolla en pastizales y matorrales desérticos rosetófilos del centro y sur del estado de Coahuila, en altitudes de 1000 a 2000 msnm (Henrickson y Johnston, 1977).

## 2.3 Análisis dimensional

La teoría de los modelos utilizada en la física y en el desarrollo tecnológico, se puede aplicar exitosamente en la biología para obtener soluciones numéricas en cualquier función biológica definida en el sistema tridimensional de masa, longitud y tiempo (Günther, 1975).

El mismo autor menciona que el peso del cuerpo de un organismo es un índice de referencia adecuado, para su correlación con diferentes características fisiológicas y morfológicas, y que el análisis dimensional y los criterios de similaridad (geométrica) son un valioso procedimiento para predicción de múltiples parámetros de estas características.

El método conocido como análisis dimensional puede ser utilizado para establecer relaciones de regresión entre la biomasa de las plantas y mediciones fácilmente obtenibles de las mismas. Constituye un método rápido y no destructivo en la cuantificación de la dinámica de la biomasa de las plantas (Ludwig *et al.*, 1975)

Sin embargo, para desarrollar modelos de predicción de biomasa de las plantas, es necesaria una muestra de la población de la (s) especies de interés, constituida por un conjunto de individuos de los que se obtienen las mediciones necesarias hechas de sus atributos y las variables por relacionar.

En silvicultura, por ejemplo, las tablas de volúmenes utilizadas en los inventarios forestales constituyen una expresión de lo que es un análisis dimensional, y son ampliamente aceptadas tanto en la comunidad científica como por el sector productivo. En especies de zonas áridas se han desarrollado este tipo de herramientas para especies como lechuguilla, guayule, candelilla, mezquite, orégano y cortadillo; pero a diferencia

El modelo de predicción generado es el siguiente:

$$Y = -15.529 + 1.118 (X)$$

Donde:

Y = peso de la piña (kg)  
X = diámetro de piña (cm)

A continuación se presentan los estadísticos de la regresión y tabla de producción generada por la ecuación de predicción, haciendo mención que está realizada para los datos originalmente obtenidos, y que si en otras labores de inventario se obtienen datos que excedan a los de la tabla, será necesario realizar un ajuste de la ecuación aquí expresada.

#### Estadísticos de la Regresión

Coefficiente de correlación  $r = 0.913591555$   
 Coeficiente de determinación  $r^2 = 0.834649529$   
 $r^2$  ajustada  $= 0.833316058$   
 Error de estimación  $= 5.4122$   
 Observaciones  $= 126$

Cuadro 3. Análisis de varianza de la regresión.

F.V.	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calc	F tab 0.01
Regr.	1	18334.92	18334.92	625.98	6.84
Error	124	3632.29	29.29		
Total	125	21967.21			

## 5. Resultados y discusión

El mejor modelo o modelo predictor, se obtuvo con una regresión simple entre el peso de la piña (variable dependiente) y el diámetro de la piña (variable independiente), con un coeficiente de correlación  $r = 0.9135$  y un coeficiente de determinación  $r^2 = 0.8333$ ; la variable tomada directamente a las dimensiones de la piña, presentó el mayor grado de correlación con el peso verde de la misma que las otras variables (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación y regresión entre el peso de la piña (variable dependiente) y las variables independientes consideradas en el análisis dimensional de sotol para el estado de Coahuila.

VARIABLE	r	r <sup>2</sup>
Altura de planta	0.7203	0.5150
Diámetro de cobertura	0.7052	0.4933
Altura de piña	0.6802	0.4584
Diámetro de piña	0.9135	0.8333

De esta manera y con los datos obtenidos, se generó un modelo de predicción de peso verde de la piña a partir del diámetro de piña por su ajuste y coeficientes de correlación y determinación altos y satisfactorios, para ser utilizados en trabajos de inventario.

de aquellas, se les ha denominado "Tablas de Producción".

La obtención de mediciones de los recursos forestales de la vegetación de zonas áridas y semiáridas, presenta algún grado de dificultad debido a sus hábitos de crecimiento (formas que no se asocian fácilmente con estudios de regresión). Los análisis dimensionales son una técnica especialmente apropiada para este tipo de especies, y consisten en obtener, mediante análisis de regresión, un modelo matemático que estime la biomasa de las especies (en peso o volumen) en función del volumen de un sólido o área de una figura, construido a partir de las dimensiones tomadas de los individuos en campo.

Para el caso del orégano, por ejemplo, Solórzano y col. (1990) proponen el uso del modelaje matemático para definir la tarifa de estimación de hoja seca de orégano, en los casos en que la distribución gráfica de la variable independiente (diámetro de cobertura) sea dispersa y se tenga un coeficiente de correlación bajo; en este particular, los autores separaron a la población en sub-poblaciones las cuales a su vez fueron divididas en dos usando sus respectivas ecuaciones de regresión. Las últimas ecuaciones dividieron a la población en tres rangos de peso, para cada uno de los cuales se generó un modelo de regresión ( $R^2$  de 0.87, 0.81 y 0.87 respectivamente); con estos modelos se generó finalmente una tabla de producción de peso de hoja seca de orégano.

Para el norte de Jalisco, se han elaborado tarifas para evaluar y predecir el rendimiento en peso de hoja seca de arbustos de orégano (Flores, 1990). La tarifa fue construida a partir de un modelo logarítmico considerando como variable dependiente al peso de la hoja seca y como variable independiente al diámetro de cobertura.

Sáenz y Castillo (1990), reportan el empleo del análisis dimensional para generar un modelo de predicción, que implicó la mejor correlación entre características de las plantas fácilmente medibles, y el peso de la hoja seca, para la construcción de una tabla o tarifa de predicción del rendimiento de orégano en el sur de Coahuila. La tarifa se estructuró con base a un modelo de tipo potencial, para estimar el rendimiento de hoja seca en función del diámetro promedio de cobertura.

Por otro lado, también para orégano, pero en el sureste de Chihuahua, Alarcón (1990), mediante la ayuda de un sistema de cómputo, estructuró una tabla de producción para este recurso como herramienta para el manejo del mismo. Después de ensayar algunos modelos, el autor decidió usar, para la construcción de la tabla, la relación de peso seco de la hoja con el diámetro de cobertura, utilizando para ello categorías diamétricas de tres en tres centímetros.

En el estado de Durango, Antúnez y col. (1991) encontraron que las variables diámetro basal y volumen de las plantas fueron las más adecuadas para estimar su fitomasa aérea (brotes y ramas).



Figura. 2. Registro de datos en poblaciones naturales de sotol.

#### 4.3 Análisis de regresión

No fue necesaria la transformación o derivación de nuevas variables ni análisis de regresión potencial, exponencial y logarítmica ya que en pruebas preliminares de regresión múltiple y lineal se observó una correlación aceptable de las variables diámetro de piña con peso de piña por lo que solamente se corrieron regresiones para cada variable independiente (altura de planta, diámetro de cobertura, altura de piña y diámetro de piña) contra la variable dependiente (peso de piña).

## 4.2 Registro de datos

A los individuos que fueron considerados en la muestra, se les midieron características (Fig. 2), tales como:

- Altura de la planta, medida con cinta métrica con aproximación al cm, desde la base de la planta hasta la parte alta de la corona.
- Diámetro de cobertura, medido en la parte superior de la copa o corona con cinta métrica con aproximación al cm; obtenido como el promedio de dos medidas perpendiculares.
- Altura de la piña en pie, medida con cinta métrica desde el suelo (si no existe tallo) o desde donde termina el tallo (en su caso), hasta donde termina la cabeza o piña o se define la base del cogollo central.
- Diámetro de la piña en pie, medido en el eje central transversal (parte más ancha de la piña) con forcípula de aluminio y con aproximación al cm.
- Peso de la piña, obtenido con báscula digital con precisión de 10 g y con la cabeza o piña recién cosechada y perfectamente jimada (sin hojas).

Los coeficientes de determinación variaron de 0.50 a 0.86 y el error estándar de 0.36 a 221.3 en los modelos exponenciales, lineal simple y múltiple.

Villavicencio y Franco (1992) elaboraron una tabla de producción, para utilizarse como herramienta en la evaluación de la palma samandoca (*Yucca carnerosana*) en el estado de Coahuila. Según los autores la tabla permite estimar el peso de cogollo por planta utilizando como variable de entrada el diámetro promedio de cobertura de roseta.

Por otra parte, Sáenz y Castillo (1992) elaboraron una tarifa para facilitar la evaluación de cortadillo (*Nolina cespitifera*), en el sur del estado de Coahuila. Para su uso recomiendan calcular el diámetro promedio basal, a partir de dos mediciones perpendiculares del diámetro a una altura de 10-15 cm por arriba de la base de la planta; este promedio es la variable de entrada a la tabla, la cual tiene un rango de aplicación que va de 20 a 125 cm de diámetro basal a la categoría más cercana que presenta la tarifa.

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

Meza (1997) generó ecuaciones para estimar el peso seco de los componentes de la fitomasa aérea en pie de *Atriplex canescens*; con base en criterios estadísticos y prácticos estableció que un modelo de regresión potencial explica mejor la relación dimensión/peso de las plantas.

El mismo autor refiere que el diámetro promedio de la cobertura aérea de las plantas es la mejor variable que mejor predice el peso seco de brotes, de ramas y de la fitomasa aérea total de plantas de esta especie.

### 3. Objetivo

Generar una ecuación de predicción y una tabla de producción para *Dasyllirion cedrosanum* Trel. en el estado de Coahuila

### 4. Metodología

Para la obtención de los datos que se usaron para construir el modelo, se realizó un muestreo destructivo; es decir, se midieron y cortaron individuos, separando los componentes de interés (en este caso las piñas o cabezas de sotol). Se trató de abarcar todo el rango de variabilidad de los parámetros, tomados como dimensiones para construir el sólido a relacionar con la biomasa; en otras palabras, se midieron individuos de todos los diámetros de copa, altura y diámetro, para cubrir el rango de variabilidad, y cada uno de ellos fue cortado, medido y pesado por separado (Figura 1 a y b).

Parras de la Fuente, Ramos Arizpe y Cuatro Ciénegas, Coahuila.

Para formar el grupo muestra, es importante mencionar que la selección de individuos fue de manera “dirigida”, ya que ello permitió cubrir los rangos de variación determinados en los individuos que fueron seleccionados.

Las variables de mayor importancia para el estudio fueron: altura de la planta, diámetros de cobertura, altura de la piña y peso de la piña. No fue necesario realizar transformaciones en ninguna de las variables, excepto a los diámetros de cobertura, mismos que fueron promediados.

Los rangos de variación determinados en la muestra se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Rangos de variación de la muestra para el análisis dimensional en sotol para el estado de Coahuila.

VARIABLE	Rango mínimo	Rango máximo
Altura de planta (m)	0.70	2.60
Diámetro de cobertura (m)	0.88	2.80
Diámetro de piña (cm)	5	57
Altura de piña (cm)	56	190

Con los datos obtenidos en campo, se realizaron análisis de regresión simple de las variables involucradas. Con los resultados de estos análisis se seleccionaron las variables con mayor ajuste a la variable dependiente (peso de piña).

Con estos datos se realizó un análisis de regresión lineal, y de los modelos generados se escogió aquel de mayor ajuste a la variable de respuesta observada (peso), es decir el que proporcionó el error menor.

Con el uso del modelo que fue seleccionado, se podrá estimar el peso de un individuo, tomando en consideración las medidas de las variables independientes que se involucran en el modelo. De esta manera, se calculará el peso de la piña y/o de la materia prima del sotol sobre la base de los reportes de los datos obtenidos en los muestreos de campo (dimensiones promedio de los individuos y la densidad).

#### 4.1 Selección de la muestra

Con base a observaciones realizadas en las áreas de distribución de sotol, y conociendo la existencia de regiones en donde se ha solicitado permiso para realizar el aprovechamiento de esta planta, se procedió a medir y caracterizar las plantas que conforman las comunidades, y se determinó la amplitud de variación en las variables altura, diámetro de cobertura, altura de la piña y diámetro de la piña, con el propósito de considerar todas las clases posibles de individuos factibles de aprovechar.

Las comunidades en las que se hicieron muestreos fueron seleccionadas de acuerdo a la representatividad de las poblaciones y se ubicaron en los municipios de General Cepeda



Figura. 1. a) Selección, b) Extracción y c) Jimado y registro del peso de piña de sotol para cada categoría existente en la población, en diferentes localidades del estado de Coahuila. d) Individuos de sotol abarcando todas las categorías posibles dentro de la población.

