

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Tablas de Predicción de Biomasa y Rendimiento de Cera para *Euphorbia antispyhillitica* Zucc. en Mazapil, Zacatecas

Por:

ANA GABRIELA RAMÍREZ LUCIO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Tablas de Predicción de Biomasa y Rendimiento de Cera para *Euphorbia
antisyphilitica* Zucc. en Mazapil, Zacatecas

Por:

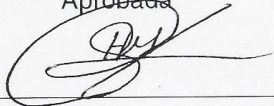
ANA GABRIELA RAMÍREZ LUCIO

TESIS

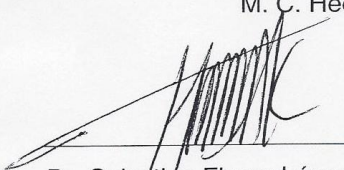
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

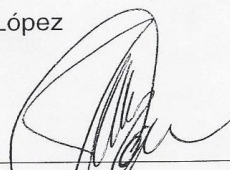
Aprobada




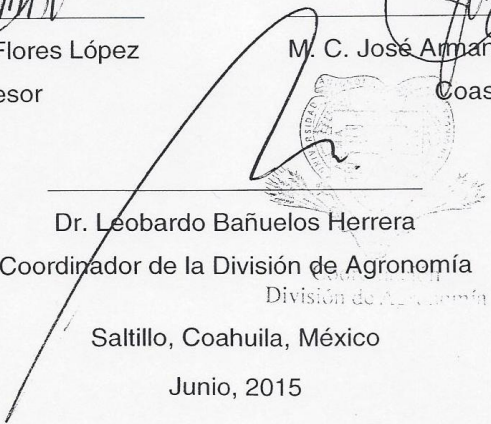
M. C. Héctor Darío González López
Asesor Principal



Dr. Celestino Flores López
Coasesor



M. C. José Armando Nájera Castro
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2015

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave No.38111-3613-01115086 , a cargo del profesor investigador M.C. Héctor Darío González López.

DEDICATORIAS

A mi Dios

Por estar viva, por ayudarme siempre, cuando he decaído siempre has estado ahí para levantarme, por esa gran bendición que me ha regalado MI FAMILIA.

A mis padres

Por ese amor que me han brindado, gracias a ustedes he logrado concluir una etapa muy hermosa en mi vida, por que han estado siempre conmigo, por esta segunda oportunidad que Dios nos dio.

A mi esposo

Eleazar Martínez Arredondo, te amo corazón gracias por haber compartido conmigo cada momento, por el apoyo que siempre me demostraste, porque a pesar de nuestro tropiezo, nos hemos levantando y hemos continuado adelante.

A mis hermanos

Gracias, por esas peleas de hermanos pero sabemos que a pesar de eso siempre estaremos juntos. Por la dicha de compartir las emociones y tristezas, por el apoyo brindado durante mi carrera, los quiero mucho: Mayra, Erika, Alex.

A mis sobrinos

Shai, Ignacio, Sebastián, Bruno, Nayla y Amaia, son todo mi querer gracias y han venido a llenar nuestra casa de alegría, por verlos crecer y sonreír, por cada muestra de cariño que me dan los amo.

A mis cuñados (as), tías, (os) y primos (as)

Porque siempre han estado apoyándome y han sido parte importante para la culminación de mi carrera, siempre alentándome a seguir adelante.

Y especialmente a la familia Martínez Arredondo por considerarme parte de su familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater

Por permitir ser parte de esta institución y formarme como una Ingeniero Forestal sé, que aún falta por aprender pero me llevo de esta mi escuela sus enseñanzas

Al M.C. Héctor Darío González López.

Por su paciencia y dedicación en las clases impartidas, por ser parte de este trabajo solo pedirle a Dios que lo siga colmando de bendiciones.

Al Dr. Celestino Flores López

Por la revisión de este trabajo y sus enseñanzas impartidas dentro del salón de clase.

Al M.C. Andrés Nájera Castro

Por los consejos recibidos y por haber apoyado en la culminación de este trabajo.

A mis amigos Erick, Leopoldo, Migdalia, Carmen, Valentín, Gerardo, Pato, Judith, Olga, Celso, Ubaldo, Omar, gracias por esos bellos momentos, por esos convivios que siempre terminaban en baile, esas prácticas de campo y sobre todo el estar siempre unidos, por ese apoyo que siempre se percibió los quiero, solo queda desearles buena suerte, no les digo adiós, sino un hasta siempre.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Descripción de la familia Euphorbiaceae	4
2.2. Generalidades de Euphorbia antispyllitica.....	4
2.2.1. Clasificación Taxonómica	4
2.2.2. Descripción Botánica	5
2.2.3. Raíz	5
2.2.4. Tallo.....	6
2.2.5. Hojas	6
2.2.6. Flores.....	6
2.2.7. Fruto	7
2.2.8. Reproducción y Propagación.....	7
2.2.9. Distribución y Hábitat.....	8
2.3. Importancia Ecológica	10
2.4. Importancia Socioeconómica	10
2.5. Plantaciones de candelilla	12
2.6. Antecedentes	12
2.7. Método de extracción de la cera	13

2.8.	Marco normativo del aprovechamiento de la planta	16
2.9.	Exportación de productos forestales	16
2.10.	Biomasa	17
2.10.1.	Métodos para estimar biomasa, destructivos o directos.....	17
2.10.2.	Métodos para estimar biomasa, no destructivo o indirectos.....	18
2.11.	Correlación y Regresión.....	18
2.11.1.	Correlación	18
2.11.2.	Regresión	19
2.12.	Método de los mínimos cuadrados	20
2.13.	Estadísticos para la selección del modelo	21
2.14.	Modelos alométricas o ecuaciones alométricas.....	21
2.15.	Validación de la ecuación	22
2.15.1.	Metodología para la validación de la ecuación.....	22
2.16.	Tablas de rendimiento	24
2.17.	Trabajos afines	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1.	Localización del área de estudio	26
3.1.1.	Orografía	27
3.1.2.	Suelos.....	27
3.1.3.	Clima	27
3.1.4.	Vegetación.....	28
3.2.	Materiales y equipo utilizado	29
3.3.	Procedimiento de campo	29
3.3.1.	Procesamiento de los datos evaluados	31
3.3.2.	Análisis estadístico	31

3.3.3. Correlación	32
3.3.4. Regresión lineal	32
3.4. Validación de la ecuación para la elaboración de la tabla de volumen	33
3.5. Construcción de las tablas de volúmenes para Euphorbia antisiphilitica.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Análisis de correlación y regresión.....	35
4.2. Elección del modelo predictor de biomasa de candelilla	36
4.3. Validación del modelo	40
4.4. Análisis de los residuales	40
4.5. Valores de cera obtenidos en el proceso de extracción	41
4.6. Elaboración de las tablas de rendimiento de biomasa y cera de candelilla	43
V. CONCLUSIONES	46
VI. RECOMENDACIONES	47
VII. LITERATURA CITADA	48
ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de candelilla.	5
Cuadro 2. Producción Forestal no Maderable 2012 -2013. Estados productores de cera de candelilla (Ton/año, Valor (Pesos)).	11
Cuadro 3. Cronología histórica de la producción de la cera de candelilla.	13
Cuadro 4. Recopilación de Trabajos Afines.	25
Cuadro 5. Ecuaciones utilizada para predecir biomasa de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>).....	32
Cuadro 6. Criterios para la asignación de calificación a los estadísticos.	33
Cuadro 7. Valores de los coeficiente de correlación de Pearson entre las variables medidas con la biomasa de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>) en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.	36
Cuadro 8. Resultados estadísticos de los modelos evaluados para estimar biomasa de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>) incluyendo raíz en poblaciones naturales del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.....	37
Cuadro 9. Estimadores de los modelos utilizados para predecir biomasa de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>) incluyendo raíz en poblaciones naturales del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.	38
Cuadro 10. Estadístico de validación del modelo $y=a + b (H*D^2)$ para <i>Euphorbia antisyphillitica</i>	40
Cuadro 11. Tabla de biomasa (kg) de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>) elaborada a partir del modelo predictor seleccionado, para el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.	44
Cuadro 12. Tabla de rendimiento de cera (kg) de candelilla (<i>Euphorbia antisyphillitica</i>) elaborada a partir del modelo seleccionado, para el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución potencial de la planta de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>) (CITES, 2009).....	9
Figura 2. Proceso para la obtención de cera de <i>Euphorbia antisyphilitica</i>	14
Figura 3. Localización del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.....	26
Figura 4. Tipo de clima presente en el ejido el Rodeo, Mazapil, Zacatecas.....	28
Figura 5. Tipos de vegetación presentes en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.....	29
Figura 6. Representación esquemática de la medición de las dimensiones de la planta de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>).	31
Figura 7. Gráfico del comportamiento de los datos, entre los valores observados (kg) y los estimados (kg) de biomasa de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>).....	39
Figura 8. Comportamiento de los residuales, a partir de los datos observados y estimados de la planta de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>).....	41

ANEXOS

Página

Anexo 1. Resultados del análisis de varianza para la ecuación seleccionada.	55
Anexo 2. Base de datos utilizada para la validación de la ecuación seleccionada.	56

RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas ocupan aproximadamente el 40% del territorio del país, de las especies con mayor concentración, se encuentra la candelilla (*Euphorbia antisyphillitica*) ocupando aproximadamente 14 millones de hectáreas. Debido que la cera de candelilla es un recurso forestal no maderable, es un producto natural de gran interés para industrias tanto farmacéuticas como alimenticias y cosméticas. El aprovechamiento de esta planta genera beneficios temporales para el sustento de los dueños, poseedores y pobladores, pero se ha observado una importante disminución en la densidad de plantas de candelilla. Destacándose la sobreexplotación del recurso, se llega a la necesidad de implementar herramientas adecuadas para la regulación de su aprovechamiento de acuerdo a las existencias, en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999. El objetivo del presente trabajo es seleccionar una ecuación alométrica para predecir el peso verde de la planta de candelilla, a partir de las variables dasométricas altura y cobertura de copa y generar una tabla de biomasa así como de rendimiento de cera. El presente estudio se realizó en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas, donde se midieron las variables dasométricas de la planta de candelilla. Se compararon ecuaciones para estimar la biomasa de la planta de candelilla incluyendo raíz. Los resultados indican que la mejor ecuación para predecir biomasa de candelilla es $Y = a + b (H \cdot D^2)$, el cual presenta un coeficiente de determinación (R^2) de 0.9708; cuadrado medio del error (C.M.E.) de 0.0096; coeficiente de variación (C.V.) de 10.79% y significancia ($Pr > F$) 0.0001. Con base a los anteriores resultados, este modelo fue el elegido para construir la tabla de biomasa para el ejido El Rodeo. Una vez obtenido el valor del porcentaje de cera se realizó la tabla de rendimiento multiplicando cada valor de la producción de biomasa por el coeficiente de cera. Es importante la utilización de modelos de predicción de biomasa para cuantificar la existencia del recurso, ya que es un método no destructivo.

Palabras clave: *Euphorbia antisyphillitica*, biomasa, modelos alométricos, tabla de rendimiento.

ABSTRACT

Arid and semi-arid zones cover approximately the 40% of the country's territory. Of the species with the biggest concentration, it is found the candelilla (*Euphorbia Antisyphillitica*) covering around 14 million of hectares since this is a no timber-yielding forestry resource; it is a natural product of a big interest for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. The use of this plant generates temporal benefits for the owners' sustenance, possessors and settlers; thus, an important reduction in the density of candelilla plants has been observed. Standing out the resource's over-exploitation, it is necessary to implement appropriate tools for the adjustment of its use according to the regulations in base with the Official Mexican Guideline NOM-018-SEMARNAT-1999. The aim of this investigation is to select an allometric equation to predict the green weight of the candelilla plant, starting with the dasometric variables height and range of top, and generate a chart of biomass as well as a wax efficiency. The present research took place in the common land El Rodeo, Mazapil, Zacatecas, where forest variables candelilla plant were measured. Equations were compared in order of estimating the candelilla plant's biomass including the root. The results show that the best model to predict candelilla's biomass is $Y=a + b (H*D^2)$, which presents a 0.9708 determination coefficient (R^2), a 0.0096 mean square error (MSE); a 10.79% variation coefficient (CV) and a 0.0001 significance ($Pr>F$). In base with the previous results, this model was the one that was selected to elaborate the biomass chart for the common land *El Rodeo*. Having obtained the wax's percentage value, the performance chart was done multiplying every production biomass value by the wax's coefficient. It is important the use of prediction biomass models in order of quantifying the resource's existence, since this is a no destructive method.

Key words: *Euphorbia Antisyphillitica*, biomass, allometric models, performance chart.

Correo Electrónico; Ana Gabriela Ramírez Lucio, ana_ramlu0390@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La riqueza florística de México obedece por lo general a varios factores; a la altitud, al clima, a la orografía y a la edafología (Rzedowski, 1981; Villarreal, 2006). Las combinaciones entre fisonomía y composición dan por resultados una amplia gama de tipos de vegetación (Villarreal, 2006).

Uno de estos tipos de vegetación es el matorral xerófilo ocupando aproximadamente el 40% de la superficie del país y por consiguiente es el más vasto de todos los tipos de vegetación en México (Rzedowski, 1981; Molina, 1983).

El habitante de las zonas áridas ha logrado subsistir bajo las condiciones más drásticas que ofrece la tierra (Velazco, 1991). El aprovechamiento de las plantas silvestre en estas zonas se concentra en especies como candelilla (*Euphorbia antispyhillitica*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), orégano (*Lippia spp*), nopal (*Opuntia spp.*), palmilla (*Nolina spp.*), yucca (*Yucca carnerosana*), sotol (*Dasylyrion spp.*) entre otras, (INIFAP s/f). Algunas áreas han sufrido algunas modificaciones en la vegetación, tal es el caso de *Euphorbia antispyhillitica* (candelilla), ocupando el tercer lugar en cuanto a su importancia de explotación (Beltrán *et al.*, 1964) y abarcando aproximadamente una superficie de 14 millones de hectáreas, siendo esta planta uno de los recursos que actualmente están desapareciendo, por su sobreexplotación cuya abundancia ha disminuido notablemente, esto a consecuencia de que se extrae con todo y raíz, es necesario esperar entre dos y cinco años para que la planta se recupere y crezcan nuevos tallos (Rzedowski, 1981; Molina, 1983; Canales *et al.*, 2006).

La recolección de productos forestales no maderables (PFNM) de clima árido y semiárido se realiza en el altiplano mexicano, e incluye a los estados de Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango, Chihuahua, Nuevo León, Coahuila así como Sonora y la península de Baja California. La producción en menor escala se concentra en los estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Estado de México y Tamaulipas (Beltrán *et al.*, 1964).

Los candelilleros requieren permisos de explotación para el aprovechamiento, sustentados en un estudio técnico donde se evalúan las posibilidades de cosecha y se plantean estrategias para realizar un manejo sustentable de la especie (Cabello *et al.*, 2013). Por lo que se requiere contar con instrumentos técnicos que permitan estimar el rendimiento de cera de candelilla a partir de la determinación de biomasa (Camacho, 1990).

Es importante la aplicación de ecuaciones alométricas para la estimación de biomasa de los recursos forestales, con la finalidad de generar tablas de rendimiento que se conviertan en una herramienta útil e importante, que facilite las labores de inventario y caracterización que realizan los técnicos en campo (Cano *et al.*, 2005).

La zona candelillera del semidesierto de Zacatecas no cuenta con instrumentos técnicos confiables que permitan predecir la biomasa de la especie en función a las dimensiones que alcanzan los individuos a la madurez de cosecha, situación que puede inducir a caer en errores al proponer posibilidades de aprovechamiento, debido a que se determinan de forma empírica o basados en material técnico diseñado para otra región, lo que puede ocasionar la sobreexplotación del recurso forestal.

1.1. Objetivos

Objetivo general.

Generar una tabla de rendimiento de cera de *Euphorbia antispyhillitica* Zucc., correspondiente al municipio de Mazapil, Zacatecas mediante una ecuación alométrica.

Objetivos específicos.

- Seleccionar y ajustar ecuaciones alométricas que estimen la biomasa de la planta de candelilla.

- Comparar y seleccionar ecuaciones alométricas para predecir biomasa de candelilla a partir de las variables dasométricas altura y cobertura de copa.

1.2. Hipótesis

Ho: Ninguna ecuación alométrica es adecuada para estimar biomasa de cera de la planta de candelilla.

Ha: Al menos una ecuación alométrica permite estimar biomasa de cera de la planta de candelilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción de la familia Euphorbiaceae

La candelilla pertenece a la familia Euphorbiaceae (Maldonado, 1979; Villarreal, 2006), esta incluye cerca de 300 géneros y aproximadamente 2,500 especies que se distribuyen en todo el mundo pero que son particularmente abundantes en los trópicos. Las euforbiáceas se distinguen por su savia lechosa, presente en algunas de sus especies y las flores unisexuales con ovario supero tricarpelar (Villarreal, 2006). Se calcula que en México está representada por 43 género y 782 especies, más 32 taxas infraespecíficas: 8 subespecies y 24 variedades (Rojas *et al.*, 2011)

Esta familia contiene árboles, arbustos o hierbas monoicas o dioicas, frecuentemente con savia lechosa; las hojas son alternas u opuestas, simples o compuestas, algunas veces ausentes o reducidas a espinas; sus flores son unisexuales, actinomorfas y en cimas (en *Euphorbia*, la inflorescencia muy especializada es denominada ciatio y simula una flor simple); el cáliz tiene cinco sépalos parcialmente fusionados; su corola consta de cinco pétalos libres, ocasionalmente ausentes, presenta de uno a varios estambres libres o soldados, un pistilo, ovario súpero de tres carpelos y tres cavidades, su fruto es una cápsula (Villarreal, 2006).

2.2. Generalidades de *Euphorbia antispyhillitica*

2.2.1. Clasificación Taxonómica

En el Cuadro 1. Se presenta la clasificación taxonómica de la planta de candelilla, tomado del Apéndice de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la planta de candelilla.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Plantae
Phyllum	Magnoliophyta
Clase	Magnolipsida
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Euphorbioideae
Genero	<i>Euphorbia</i>
Especie	<i>Antisyphillitica</i> Zucc.
Sinónimos científicos.	<i>Euphorbia cerífera</i> , <i>Tirucallia antisyphillitica</i> .

2.2.2. Descripción Botánica

La Candelilla (*Euphorbia antisyphillitica* Zucc), es una dicotiledónea característica de las zonas áridas de México (CONACYT-CONAFOR, 2010), que como medio de defensa, está casi desprovista de hojas, se reviste de una exudación cerosa que protege a la planta de la desecación que está expuesta, debido a la aridez del clima en que se desarrolla (Romahn, 1992; Canales *et al.*, 2005; CONABIO, 2008). Es un arbusto perenne de entre 20 a 110 cm de altura (CONABIO, 2008; Canales *et al.*, 2005).

2.2.3. Raíz

Las raíces que se observan en las planta adultas son adventicias, muy numerosas, de color café muy claro, tomando el aspecto de las verdaderas raíces fasciculadas. Las raíces nacen sobre la parte inferior del rizoma en forma de círculo. Algunas de las raíces presentan ramificaciones y están cubiertas de una

cutícula que se desprenda fácilmente al deslizar una de ella entre los dedos (en toda su longitud tienen yemas cubiertas de escamas) (De la Cruz, 1958).

2.2.4. Tallo

La planta posee tallos aéreos y tallos subterráneos (rizomas), siendo los primeros de ramificación simpódica, posee numerosos tallos dando un aspecto de simples varas de color verde glauco (Maldonado, 1979; Romahn, 1992; Cervantes, 2005), cuando son jóvenes y blanquecinos cuando son adultos, como consecuencia de la delgada capa de cera que los cubre, exudado por las células. En los tallos ocurren pequeñas hojas caedizas y a lo largo de ellos aparecen nudos, a distancias variables según las plantas (De la Cruz, 1958).

Con un tallo principal subterráneo; paralelo al suelo, cilíndrico y grueso, generalmente más oscuro que el resto de la planta y con un aspecto de un simple leño con corteza agrietada, del cual nacen grupos de abundantes raicillas adventicias en diferentes partes del rizoma (Cervantes, 2005). Tanto el rizoma principal como los demás presentan yemas que posteriormente producen tallos aéreos (De la Cruz, 1958).

2.2.5. Hojas

Las hojas, muy pequeñas y caducas, presentan una forma desde puramente lineal, casi aciculada, en algunos casos, hasta elíptico y lanceolada. Al principio la hoja es de color verde pálido, con el ápice y la base de tinte rojizo, cuyo color se entienda a medida que pasa el tiempo primero hacia los borde y finamente a todo el limbo (De la Cruz, 1958); su inflorescencia es una espiga de cabezuelas (Maldonado, 1979).

2.2.6. Flores

La inflorescencia es una cima unípara cubierta por un involucre cuyo color varía del blanco al rojo, según la época, presentando en conjunto la forma de una copa, es decir, crateriforme, por lo que algunos autores dan al involucre el nombre de "ciato". Las piezas de esta son de dos clases: una son de consistencia

membranosa pubescente, blanquecinas pero con tinte rojizo y que tiene en el ápice una depresión que les da un aspecto bidentado (De la Cruz, 1958).

La inflorescencia comprende numerosos estambres, de 33 a 42, con un promedio de 38, representando cada uno de ellos una forma masculina, y los cuales rodea en algunos casos a una flor femenina (De la Cruz, 1958), sin embargo Maldonado 1979, indica que se encuentran de 45 a 47 flores masculinas y una femenina al centro.

2.2.7. Fruto

El fruto de la candelilla es un campuso de 2 a 4 lóculos, generalmente trilocular, de 5 a 6 mm de diámetro con un pedicelo de 10 mm de longitud dehiscencia explosiva (Romahn, 1992).

La semilla es de color café claro variando su forma entre elíptica y ovoide, con sus dos extremos achatados, presentando en ambos una depresión circular (Marroquín et al, 1964; Romahn, 1992). De la región micropilar nace un rafe de color café un poco más oscuro que el resto de la superficie y que viene a terminar en el centro de la fose que presenta a la región basal (De la Cruz, 1958).

2.2.8. Reproducción y Propagación

La planta de candelilla puede reproducirse tanto sexualmente como asexualmente, siendo el primer caso por medio de semilla, o bien por medio de los tallos o fragmentos de los macollos, también puede presentarse por parte de tallos subterráneos o rizomas, lo que les confiere un elevado potencial regenerativo (Romahn, 1992; Cervantes, 2005).

En la propagación de la candelilla por semilla, lo difícil es la recolección de estas pues el fruto una vez madura revienta, dejando escapar las semillas por todos lados y como éstas son muy pequeñas es difícil localizarse en el suelo (Villa *et al.*, 2010).

La propagación de la planta de candelilla no es difícil; bastan simples tallos o rizomas para lograr una buena propagación. Podría recurrirse al sembré de

semillas pero este método resulta fatigoso y requiere demasiado tiempo para lograr tallos ceríferos (De la Cruz, 1958).

2.2.9. Distribución y Hábitat

La planta se distribuye desde el meridiano 99°25'W hasta los 105°50'W y desde los 22°00'N a los 30°40'N, aproximadamente (Figura 1). Las mayores concentraciones se encuentran en una faja que se extiende en los meridianos 102° y 104°. La altitud en que se encuentra varía desde 460 a 2,400 M.S.N.M. (Marroquín *et al.*, 1964; De la Garza y Berlanga, 1993). Los estados de la República Mexicana que cuenta con mayor superficie de candelilla son: Durango, Chihuahua, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila (Beltrán *et al.*, 1964; Romahn, 1992; Cano *et al.*, 2005, CONABIO, 2008). El estado de Coahuila es el más importante en cuanto a superficie y volumen de producción de la cera de candelilla (Romahn, 1992).

La planta de candelilla es característica del matorral xerófilo (rosetófilo, micrófilo) de las zonas áridas del norte de México principalmente, en áreas con precipitación pluvial promedio que varían en 120 a 200 mm al año; temperatura media anual de 18 a 22°C, resisten temperaturas máximas de 47°C y mínimas de -14° (Marroquín *et al.*, 1964; Maldonado, 1979; CONACYT-CONAFOR, 2010). Los suelos son variables, entre los que se destacan los arcillosos de las áreas bajas de las llanuras desérticas y los arenosos pobres la planta se encuentran en terrenos de origen calizo, en lomeríos, abanicos aluviales, riscos de difícil acceso, llanura con alto contenido de arcilla y terrenos arenosos. Su rango altitudinal oscila entre los 1,000 y 2,800 msnm. (Cervantes, 2005). Las plantas con mayor cantidad de cera, son aquellas que se localizan en áreas más calientes y secas, raramente la candelilla vive sola (Romahn, 1992). En rara ocasión se le encuentra aislada, ya que por lo general se asocia con un gran número de plantas de las zonas áridas tales como; cactáceas, magueyes, izotes, mezquites, huizache y gobernadora (Cervantes, 2005), así también asociadas con lechuguilla, guapilla, guayule, espadín y sotol así como gobernadora y palma (*Yucca carnerosana*) (Marroquín *et al.*, 1964; Maldonado 1979; CONACYT-CONAFOR. 2010).

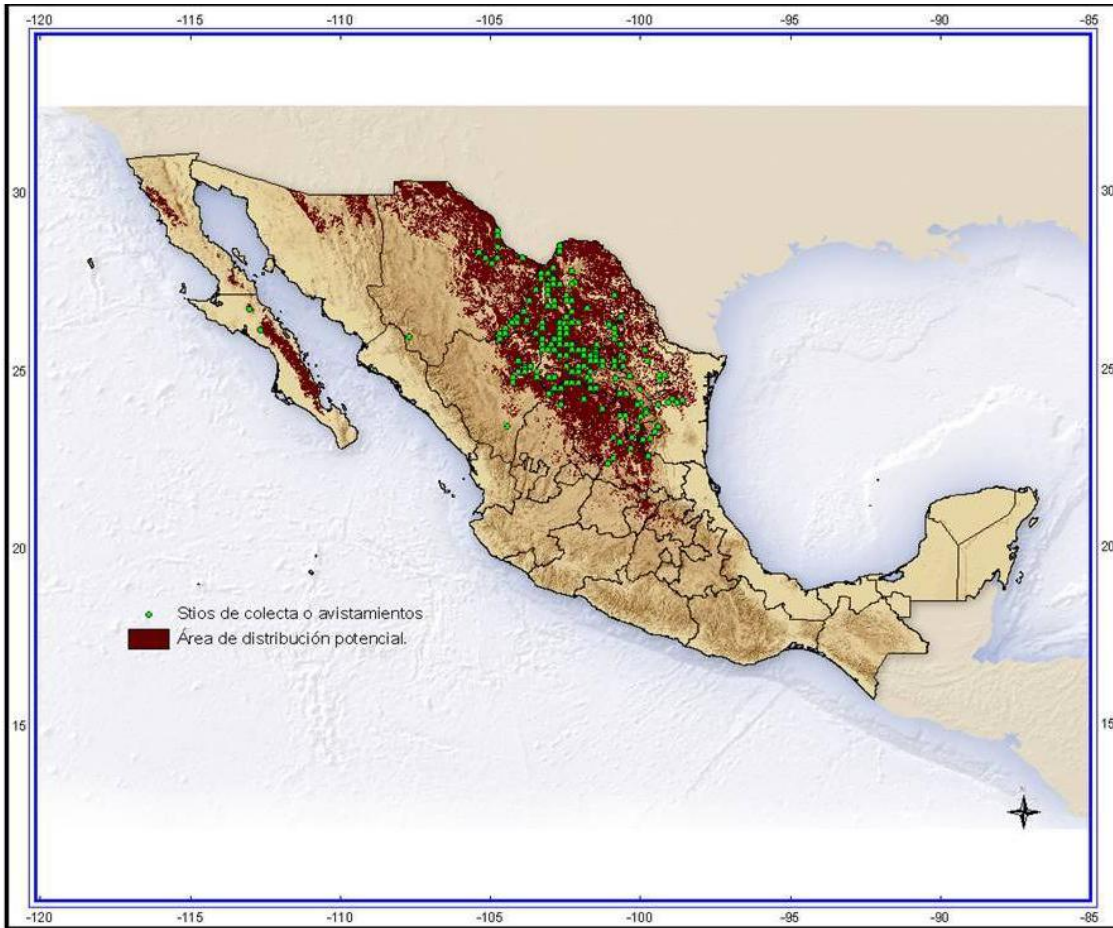


Figura 1. Distribución potencial de la planta de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) (CITES, 2009).

En el país existen 630,500 has susceptibles de aprovechamiento, de las cuales 81,497 ha corresponden al estado de zacatecas de donde se extraen cerca de 64,182 kg. De cera por año en 18 ejidos de solo tres municipios (Ávila, 2007).

En virtud que la hierba crece de manera espontánea, anárquicamente, sin que pueda situarse cada planta a una distancia igual, como otros productos agrícolas, no es posible calcular el rendimiento por hectárea ni tampoco la extensión exacta de la zona candelillera (BANCOMEX, 1959).

De acuerdo con CENAMEX (2005), citado por Ávila (2007) indica que existen varios factores que afectan a los volúmenes de producción de la cera de

Candelilla, así como a los indicadores de rendimiento en la extracción y calidad final de la cera, entre ellos:

- La época del año
- Las condiciones climáticas
- La incidencia de lluvias
- La composición del suelo
- La frecuencia de explotación
- La altura de la zona
- Los procesos de recolección, extracción y refinación.

2.3. Importancia Ecológica

La candelilla cumple funciones importantes en los ecosistemas desérticos en donde habita. A través el crecimiento de sus macollos, retiene la humedad y partículas del suelo, lo cual favorece el establecimiento de otras especies. Esta función es particularmente importante al considerar que se trata de una especie altamente tolerante a la sequía. Además, protege al suelo de la radiación solar y del efecto del viento, evitando la erosión particularmente en sitios con pendiente (CITES, 2009; Barbosa *et al.*, 2011).

2.4. Importancia Socioeconómica

La candelilla es uno de los 10 productos forestales no maderables de mayor importancia económica en México. Su recolecta es una actividad económica relevante para los productores forestales de las zonas áridas (CONACYT-CONAFOR, 2010). Campos y Chávez (1981) mencionan que la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) representa en la actualidad la base de las actividades económicas características de las regiones semidesérticas del centro norte de México. En el aprovechamiento de la candelilla, participan alrededor de 20,000 campesinos distribuidos en 229 ejidos de la región candelillera (CONABIO, 2008; CONABIO, 2010).

La cera de candelilla es un producto natural de gran interés para industrias tanto farmacéuticas como alimenticias y cosméticas en donde se pueden emplear

como recubrimiento de fármacos, formulación de películas comestibles que ayuden a prolongar la vida de anaquel de frutas y verduras y como formulación de maquillaje y labiales de gran calidad (Aguilar, 2012)

Es importante mencionar que México es el único país en el mundo productor de cera de candelilla y exporta alrededor de 1,500 toneladas al año a Europa (Barbosa *et al.*, 2011). Cerca del 90 por ciento de la producción se exporta principalmente hacia Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Holanda (CONABIO, 2008).

La SEMARNAT a través en la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS), presentan en anuarios la información sistematizada referente a la producción forestal maderable y no maderable en México. Anuario Forestal 2000-2012 y 2013 (Cuadro 2) Estados productores de cera de candelilla (SEMARNAT, .2012; SEMARNAT, 2013).

Cuadro 2. Producción Forestal no Maderable 2012 -2013. Estados productores de cera de candelilla (Ton/año, Valor (Pesos)).

Estado	Cera (Ton/año)	Valor (pesos)	Cera (Ton/año)	Valor (pesos)
Coahuila	1,157	46,260,120	991	39,652,800
Chihuahua	68	2,565,152	19	7,190,474
Durango	30	1,180,000	189	727,776
Nuevo León	58	2,037,000		
Zacatecas	29	695,112	72	2,871,680
TOTAL	1,342	52,737,384	1,271	50,442,730

En el Cuadro 2 se observa que el estado de Coahuila es el principal productor de cera de candelilla con un producción en toneladas del año 2012 de 1,157 y para el año 2013 esta producción decreció por una disminución de 166 toneladas de cera, ocupado el estado de Zacatecas el último lugar de la lista como

productores de la cera de candelilla, con aproximadamente 29 toneladas por año de producción en el año 2012 sin embargo en el año 2013 el estado de Zacatecas reporta el valor de 71 toneladas de cera y sube de lugar al mostrarse como el tercer estado productor de cera en el País.

2.5. Plantaciones de candelilla

Una plantación forestal comercial es el establecimiento y manejo de especies forestales en terrenos de uso agropecuario o terrenos que han perdido su vegetación forestal natural, con el objeto de producir materias primas maderables y no maderables, para su industrialización y/o comercialización.

Por parte de la SEMARNAT se otorgan recursos económicos a las personas que realizan aprovechamientos (maderables, no maderables y de vida silvestre) para que lleven a cabo las prácticas que permitan el establecimiento de la regeneración natural y la recuperación de las poblaciones en aquellas áreas sujetas de aprovechamiento, así como, también para mejorar la infraestructura de caminos y modernizar los equipos utilizados en el proceso de obtención de materias primas (CONAFOR, 2015).

2.6. Antecedentes

En el Cuadro 3. Se presente la cronología histórica de la producción de cera de candelilla (Beltrán *et al.*, 1964; Maldonado, 1979).

Cuadro 3. Cronología histórica de la producción de la cera de candelilla.

Año	Acontecimiento
1905	McConnell y Landers realizaron algunos trabajos sobre la composición, blanqueo y propiedades físicas y químicas de la cera
1910	Apareció la primera nota a nivel científico en la que destacan sus propiedades medicinales, en especial para el tratamiento de enfermedades venéreas.
1910	En Nuevo México, se instala una planta piloto para extraer cera empleando agua caliente.
1913	Se inició la industria de la cera de candelilla en las ciudades de Monterrey, N.L. y Torreón, Coah. El método que se utilizaba era en base a vapor de agua a presión para disolver la cera, separando esta de los tallos e impurezas por decantación.
1914	Los señores Borrego y Flores diseñaron el método que actualmente se emplea, el cual consiste en sumergir la hierba de candelilla en agua en ebullición, añadiéndole ácido sulfúrico.

2.7. Método de extracción de la cera

La obtención de la cera de candelilla requiere dos procesos claramente diferenciados; el primero es la obtención de la cera bruta o cerote (Figura 2), el cual se realiza en las comunidades de los mismos campesinos que recolectan la planta arrancándola con todo y raíz formando atados de 20 a 30 kg (A), (Marroquín, 1964; Romahn, 1992; CONACYT-CONAFOR, 2010.), en el proceso de extracción la planta es depositada en recipientes de hierro denominadas pailas con agua en ebullición (B), se prensa y se añade aproximadamente 1 Litro de ácido sulfúrico al 80 por ciento (C). Después se retira el material (cera en forma de espuma) que flota en la superficie por medio de una pequeña pala cribada llamada espumador, lo que permite eliminar el exceso de agua (D), se lleva al enfriamiento, depositándola en un recipiente denominado cortador (E), por último paso la cera es depositada en el cortador, esta es alimentada con fuego, para que con la ebullición, se sedimenten las impurezas como raicillas, tallos tierra, en esta etapa

también se agrega ácido sulfúrico pero en menor proporción que en la paila, dejándose enfriar y la cera salga a flote (Maldonado, 1979; CONACYT-CONAFOR, 2010); el segundo proceso, es la refinación del cerote para la obtención de la cera, se lleva a cabo en plantas especialmente diseñadas para su procesado. Esta industria comenzó en 1913 en los alrededores de Monterrey, México donde la cera se funde con agua y se lava con ácido fosfórico (Cabello *et al.*, 2013).

Figura 2. Proceso para la obtención de cera de *Euphorbia antispyhillitica*.



(A) Los campesinos recolectan la planta, forman atados de 20 a 30 kg.



(B) La planta es depositada en recipientes de hierro denominadas pailas con agua en ebullición.



(C) La planta se prensa y se le añade aproximadamente 1 Litro de ácido sulfúrico al 80 por ciento.



(D) Posteriormente se retira el material (cera en forma de espuma) que flota en la superficie.



(E) El cortador se lleva al enfriamiento



(F) Es nuevamente puesto en fuego para que salgan las impurezas como raicillas, tierra, etc.

Quando la planta dispone de mayor humedad por precipitaciones o captación de escurrimientos o por tener mejores suelos, esta desarrolla una mayor cantidad de materia verde, sin embargo, disminuye el contenido de cera, siendo las condiciones de baja humedad y épocas frías cuando produce mayor cantidad de cera como un mecanismo de protección (SEMARNAT, s/f). La producción de cera es óptima en los meses secos que comprende de octubre a junio (CONACYT-CONAFOR, 2010).

2.8. Marco normativo del aprovechamiento de la planta

La ley forestal y su reglamento establecen que el aprovechamiento con fines comerciales de los recursos forestales no maderables, se sujetará a las normas oficiales que expida la secretaria de medio ambiente, recursos naturales y pesca.

Le corresponde a la SEMARNAT otorgar las autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables y no maderables, para los recursos no maderables únicamente requerirá de un aviso por escrito a la autoridad competente. El reglamento de LGDFS o las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) establecerán los requisitos que se requerirá para la autorización.

La NOM-018-SEMARNAT-1999, establece los procedimientos, criterios, especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, transporte y almacenamiento de cerote.

Toda la cera de candelilla que se extrae en las zonas desérticas de México, requieren para su transporte el amparo mediante remisiones forestales que sirven además para demostrar la legal procedencia de las materias primas forestales sujetas a control (Diario Oficial de la Federación, 2012).

Los criterios para la selección de la planta se fundamentan en la madurez de cosecha, que según la Norma Oficial Mexicana para esta especie (NOM-018-SEMARNAT-1999) estipula esta cuando los macollos o plantas han alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm. Otras características importantes es el dejar distribuido en el área de aprovechamiento, sin intervenir como mínimo el 20% de la población en la etapa de madurez reproductiva para propiciar su regeneración.

2.9. Exportación de productos forestales

La familia Euphorbiaceae se encuentra enlistada en el Apéndice II del Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre por sus siglas en inglés CITES, desde 1975, este apéndice incluye especies no

necesariamente amenazadas de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse para evitar tal amenaza o que necesitan regularse por similitud.

Para poder exportar la planta sus partes o derivados, se necesita un permiso de exportación, un dictamen de extracción no perjudicial emitida por la Autoridad científica en nuestro país, esta autoridad es la CONABIO así como su legal procedencia y su transporte adecuado (CONABIO, 2008), para el caso de la exportación de productos terminados y empacados que contengan cera de candelilla no se necesitarán permisos.

2.10. Biomasa

Se puede definir la biomasa como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica, pudiéndose distinguir así dos grandes tipos: biomasa vegetal y biomasa animal (Nájera, 1999). El material vivo total se puede separar en parte aérea y parte subterránea, y a su vez cada uno de estos compartimiento se puede subdividir en distintas categorías (Montani y Busso, 2004). Nájera (1999) indica que aproximadamente el 90% de la biomasa en la tierra se encuentra en los bosques en forma de fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica.

Las estimaciones de biomasa forestal basada en los inventarios forestales exigen que se disponga de modelos para evaluar las reservas a partir de las dimensiones de los individuos medidos (Picard *et al.*, 2012).

2.10.1. Métodos para estimar biomasa, destructivos o directos

La estimación directa de la biomasa consiste en cosechar el material vegetal dentro de unidades muestrales y separar las partes correspondientes a cada categoría. Luego se secan a peso constante en estufa y se pesa. Se obtiene así el peso seco por categoría, que expresado por unidad de área, de la biomasa (Montani y Busso, 2004).

2.10.2. Métodos para estimar biomasa, no destructivo o indirectos

Las estimaciones indirectas de la biomasa consisten en encontrar correlaciones entre la biomasa y alguna variable de fácil y precisa medición. La relación se expresa por medio de una ecuación de predicción o gráficos de correlación. Entre las variables que pueden tener buena relación con la biomasa figuran las alturas, el diámetro medio de cobertura, los diámetros, número de individuos, área foliar, etc. La ventaja de los métodos indirectos es que son rápidos y no destruyen la vegetación (Montani y Busso, 2004).

2.11. Correlación y Regresión

Cuando se cuenta con información acerca de dos o más variables relacionadas, es natural buscar un método de expresar la forma de la relación funcional, además de conocer la consistencia de la misma. Esto es, no se busca únicamente una función matemática que defina de qué manera están relacionadas las variables, sino que exprese también con qué precisión se puede predecir el valor de una variable si se conocen las variables con que esta se relaciona. Las técnicas asociadas para lograr estos objetivos son los métodos de regresión y lo de correlación (Romahn, 1992). Los métodos de regresión se usan para determinar la mejor relación funcional entre las variables, mientras que los métodos de correlación se utilizan para medir el grado de asociación entre dos variables. El análisis estadístico (Regresión y/o correlación) es solamente un instrumento de ayuda en el análisis de interpretación de los datos (Ostle, 1981).

2.11.1. Correlación

Son técnicas que se han desarrollado para medir el grado de asociación entre variables, cuando se efectúa un análisis para determinar la cantidad de correlación, se dice que se ha efectuado un análisis de correlación (Infante y Zárate, 1991; Caballero, 1985).

La correlación mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Se simboliza con la letra "r". Toma valores exclusivamente entre -1 y 1. Los valores cercanos a 1 indican fuerte asociación positiva entre las

variables, y valores cercanos a -1 indican fuerte asociación negativa entre ellas. Valores próximas a cero indican que no existen relación lineal entre ellas. Los valores extremos -1 a 1 alcanzan cuando los valores de “X” y “Y” se encuentren sobre una línea recta, con pendiente positiva y negativa, respectivamente (Mendenhall, 1987; Infante y Zárata, 1991; Moore, 2000).

2.11.1.1. Coeficiente de Correlación

La medida de correlación usualmente es conocida como coeficiente de correlación. (Ostle, 1981). Por lo tanto el coeficiente de determinación, que se calcula como SSR/SS_{total} , es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación r . este es el elemento marcado como “Rsq” (Mendenhall *et al.*, 2002).

El coeficiente de correlación de la muestra, simbolizado por r , es una estadística que mide el grado de asociación entre dos variables. Es una medida relativa y no está dado en las unidades de medida de “X” o de “Y”, puede ser positivo o negativo, cuando r es igual a +1 indica una perfecta asociación positiva aumentando “Y” al aumentar “X”. Cuando r es igual a -1, indica una perfecta asociación negativo, al aumentar “Y” al disminuir “X” o viceversa, disminuyendo “Y” al aumentar “X”. Cuando r es igual a cero, indica que no hay asociación; es decir que existen independencia entre las dos variables (Caballero, 1985).

2.11.2. Regresión

El conjunto de técnicas que se utiliza para construir y evaluar modelos que describen la relación entre variables “Y” para formular inferencias basas en los modelos obtenidos se conocen colectivamente como técnicas de regresión, y al análisis estadístico que resulta de aplicarlas se lo denomina análisis de regresión (Infante y Zárata, 1991).

El análisis de regresión permite estudiar la influencia de una o más variables que llamamos independientes sobre otra que llamamos dependiente determinando la mejor relación entre estas (Ostle, 1981; Infante y Zarate, 1991).

La relación funcional se representara, en general, matemáticamente por la siguiente ecuación (Ostle, 1981).

$$n = \emptyset (X_1 \dots X_p)(\emptyset_1 \dots \emptyset_p)$$

Donde:

n = la variable respuesta (o dependiente)

X_i = la i ésima variable independiente ($i= 1 \dots p$)

\emptyset_j = el j ésimo parámetro en la función ($j= 1 \dots p$).

En análisis de regresión permite al experimentador evaluar cuanto cambio se puede esperar en una variable Y como resultados de un cambio en una o más variables X . Cuando hay sólo una variable independiente, se le llama regresión simple, pero si se tiene dos o más variables independientes se trata de una regresión múltiple (Rebolledo, 2002).

La regresión simple se reserva para designar la regresión estadística entre dos caracteres, cuando el valor del otro en el mismo individuo y que es expresado por la siguiente ecuación: $Y = \beta_0 + \beta_1 X$ (Ostle, 1981). Es el más simple de los modelos lineales. Supone (i) que no hay más que una sola variables explicativa X , (ii) que la relaciones entre la variable de respuesta “ Y ” y “ X ” tiene la forma de una recta (Picard *et al.*, 2012).

En la regresión múltiple se utiliza para denominar la regresión estadística entre más de dos variables. La regresión múltiple puede aumentar la precisión cuando se aumenten dos o más variables para predecir “ Y ”. (Ostle, 1981; Infante y Zárate, 1991).

2.12. Método de los mínimos cuadrados

Es un procedimiento para estimar los parámetros de cualquier modelo lineal, este método, se puede ilustrar con solo ajustar una recta a un conjunto de puntos (Wackerly *et al.*, 2011).

El método de mínimos cuadrados fue empleado para obtener los valores de $\beta_0 + \beta_1$, los cuales se determinaron a minimizar la suma de cuadrados de las desviaciones de los valores observados (Y_1) y de las desviaciones estimados (\bar{Y}_1)

donde $\sum (Y_1 - \bar{Y}_1)^2$ son los mínimos cuadrados de la ecuación (Ostle 1981; Mendehall, 1987; Infante y Zárate, 1991).

2.13. Estadísticos para la selección del modelo

Si se ajusta una regresión lineal simple, hay que analizar varias salidas. El coeficiente de determinación, en general llamado R^2 , mide la calidad de ajuste. El R^2 está directamente vinculado a la varianza residual. El coeficiente de determinación R^2 se interpreta como la razón entre la varianza explicada o por el modelo y la varianza total. Esta comprendido entre 0 y 1, y cuanto más próximo de uno es, mejor es la calidad de ajuste (Picard *et al.*, 2012).

Los criterios que se usarán para seleccionar la ecuación alométrica serán las siguientes:

1. Que las variables relacionadas con el modelo de regresión tengan un coeficiente de correlación máximo.
2. Que el valor de coeficiente de determinación sea máximo.
3. Que el cuadrado medio del error (C.M.E.), resultante del análisis de varianza para las variables involucradas sea mínimo.
4. Que el coeficiente de variación sea mínimo.

2.14. Modelos alométricas o ecuaciones alométricas

Una ecuación alométrica es una fórmula que determina de forma cuantitativa dicha relación, en el caso de la predicción del volumen, de la biomasa (Picard *et al.*, 2012).

Los modelos de biomasa se parecen mucho a los de volumen, modelos que se han venido estudiando comúnmente desde hace casi dos siglos. El principio es vincular una magnitud difícil de medir (como el volumen del árbol, su masa o su contenido de nutrimento) a magnitudes más fáciles de determinar como el diámetro o la altura. Si se utilizan ambas características, se habla un modelo de dos entradas; si sólo se utiliza el diámetro, se habla entonces un modelo de una entrada. En general las correlaciones son buenas y las funciones más usadas son de tipo polinomio, logarítmico o de potencia (Picard *et al.*, 2012).

2.15. Validación de la ecuación

Después del desarrollo de un modelo de regresión para el que se han evaluado buenas medidas de ajuste, y antes que los modelos sean utilizados, deben hacerse pruebas y controles sobre su validez y calidad de sus predicciones para así establecer la confianza en la ecuación desarrollada (Prodan *et al.*, 1997).

2.15.1. Metodología para la validación de la ecuación

Para la validación de la ecuación se procede a seleccionar una nueva muestra, cumpliendo con las mismas condiciones trazadas en el muestreo inicial.

Según varios autores el número de plantas que se utilizan para la validación es variado, por ejemplo, Prestegui (2014), utilizó 13, 16 y 15 árboles para especies de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*, para la validación de cada una de las especies, obteniendo una muestra aleatoria por categoría diamétrica; ésta se realizó en base a medidas de error absoluto, de exactitud y sesgo; Santiago (2013) separó el 25% de los datos observados de la especie de *Pinus rudis* para la validación de la tabla de volumen; Hernández (2013) excluyó 20 árboles de los 122 árboles medidos en campo para la validación de las tablas.

Después de fijar la nueva muestra, es necesario recurrir nuevamente al área de estudio y realizar las mediciones correspondientes, o bien excluir las plantas desde un principio, para que estas no sean parte del ajuste como lo forjó (Hernández, 2013).

La medición en campo consiste en medir las alturas y los diámetros de la planta de candelilla, posteriormente son pesados para obtener el resultado de la biomasa. Una vez obtenido los datos reales estos se compararan, con la ecuación ajustada para predecir la biomasa de la planta.

Retomando a Prodan *et al.* (1997) recomiendan que, para comparar los modelos, deben utilizarse medida de exactitud y sesgo de las estimaciones. Para el primer caso se recomienda el Error Medio Absoluto (a), Error medio absoluto porcentual (b), Desviación global (c), para el segundo caso se recomienda utilizar

la media de los residuales, denominada frecuentemente diferencia agregada (d), los cuales deben presentar valores bajos. Si el modelo es insesgado, se espera que esta suma sea cercana a cero. Sin embargo, si el modelo resulta sesgado, la suma de los residuales será diferente de cero. Además los signos negativos están asociados con sobreestimaciones, en tanto que los valores positivos de la DA indican una subestimación.

a) El error medio absoluto.

$$EM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v}_i)$$

b) Error medio absoluto porcentual

$$EMa\% = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| 100 \left(\frac{v_i - \bar{v}_i}{\bar{v}_i} \right) \right|$$

c) Desviación global

$$DG \% = \frac{\sum_{i=1}^n v_i - \sum_{i=1}^n \bar{v}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{v}_i}$$

Donde:

v_i = Valor individual de cada planta de la muestra

\bar{v}_i = Valor medio estimado de la planta

n= número total de observaciones.

d) Diferencia agregada

$$DA = \frac{\sum(O_i - E_i)}{n}$$

Donde:

O_i= Valor observado

E_i= valor estimado

n= Número total de observaciones.

Además Moret *et al.* (1998) citado por Hernández 2013, utilizó el análisis de varianza para probar si existían o no diferencias significativas entre los volúmenes utilizando un nivel de significancia del 99%, así mismo utilizaron la gráfica de residuales para observar el comportamiento de los mismos.

2.16. Tablas de rendimiento

En silvicultura, 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 de aquellas, se les ha denominado “Tablas de Producción”. Esto se justifica ya que 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 (Cano *et al.*, 2005).

Estas tablas de rendimiento deben ser usados solo en la región donde se han construido, son muy valiosas en la preparación de planes de trabajo o un plan de gestión para el futuro (Courtland, 1935).

2.17. Trabajos afines

En el Cuadro 4 se presentan la recopilación de trabajos afines realizados para la determinación de biomasa utilizando ecuaciones, mostrando en ellas la ecuación potencial la que más se utiliza para la determinación de biomasa.

Cuadro 4. Recopilación de Trabajos Afines para Estimar Biomasa.

Año	Autor	Aportación
1981	Gutiérrez	Estableció una ecuación de regresión para predecir dos componente de la biomasa: la producción anual y leña, en base a la corona de los arbusto del genero <i>Artemisia</i> .
1990	Camacho	Realizó tablas de rendimiento para <i>Euphorbia antisyphilitica</i> , probó el modelo potencial para estimarla, utilizando el volumen de un cilindro elíptico recto como variable independiente.
1997	Meza	Realizó un trabajo para estimar la fitomasa de <i>Atriplex canescens</i> y probó el modelo potencial para estimarla, con el diámetro de copa promedio como variable independiente
2005	Castillo y Sáenz	Realizaron tablas de rendimiento de <i>Nolina cespitifera</i> Trel., a partir del diámetro promedio basal lo que arrojaría la estimación en peso verde de las hojas de esta planta.
2012	Roblero	Se determinó el rendimiento de cera de candelilla, donde se arrojó que el mejor modelo para predecir biomasa de esta planta es el potencial, utilizándola cobertura de copa y la altura promedio como variables independientes.
2013	Rueda	Efectuó regresiones lineales y no lineales, con la finalidad de definir el mejor modelo para elaborar tablas de predicción de volumen para <i>Prosopis glandulosa</i> Torr., en el norte de Coahuila.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el ejido El Rodeo perteneciente al municipio de Mazapil (Figura 3), ubicado en las coordenadas $102^{\circ}11'$ longitud oeste y $24^{\circ}54'$ latitud norte, se encuentra en una altitud de 1,990 metros sobre el nivel del mar (CETENAL, 1972b), sin embargo, la ubicación del ejido se encuentra en dos municipios Mazapil y Melchor Ocampo, pertenecientes al estado de Zacatecas.

El ejido cuenta con una superficie de 10,317.553 has.

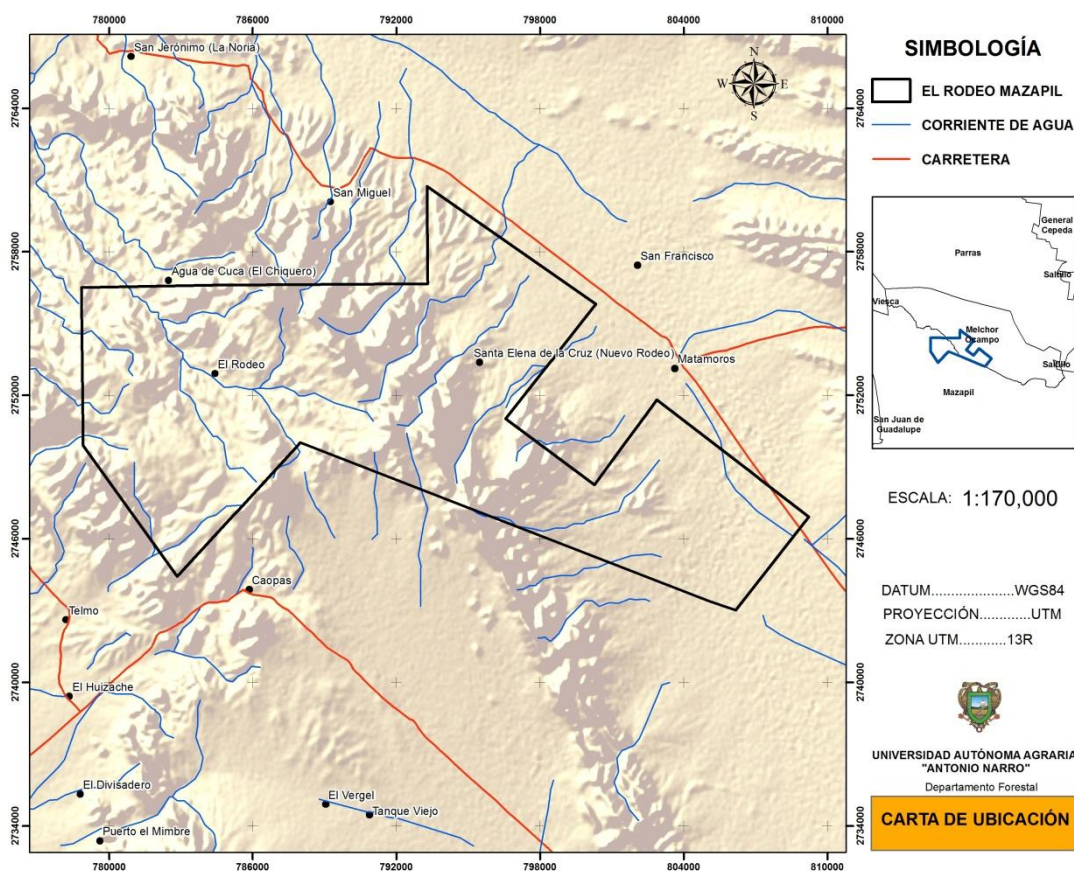


Figura 3. Localización del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

3.1.1. Orografía

Mazapil se encuentra en una cuenca custodiado por el norte con la sierra el cajón y el cerro del carnero, al oriente por el temeroso, al sur con el cerro alto con una altura de 3.040 metros sobre el nivel del mar, así como la sierra de san Julián. El ejido El Rodeo se encuentra entre los cerros la coja, las golondrinas, la viga (CETENAL, 1972b).

3.1.2. Suelos

Encontrándose en el area de estudio los tipo de suelo como: Litosol eutrico, Fluvisol con textura media, la topografía se encuentra distribuida en su mayor parte por terrenos ligeramente ondulados, en algunas partes se encuentra de tipo terreno con disección severa, terreno montañoso mayor a un 20% de terreno (CETENAL, 1972a).

La candelilla generalmente se encuentra en suelos calcaeros, de origen coluvial, de profundidad somera (menor de 25 cm), de textura franco-arenosa, estructura granular, de consistencia friable, con presencia de pedregosidad y recosidad y con un pH que fluctúa entre 7.0 y 7.4 (Padilla, 1959).

3.1.3. Clima

El estado de Zacatecas se considera una clima semiseco a excepción del noreste cuyo clima es seco y árido, su temperatura media anual es de 16° y su precipitación pluvial, es de aprox. 510 mm anuales (Sistema Geológico Mexicano, 2013).

La ubicación del ejido El Rodeo perteneciente al municipio de Mazapil, Zacatecas, se encuentra dentro del área climática denominada Desierto Chihuahuense, presentando climas de tipo muy seco semicálido (BWhw), semiseco templado (BS1kw) y seco semicálido BSOhw. Encontrándose en la mayor parte de la superficie cubierto por el clima semiseco templado (Figura 4).

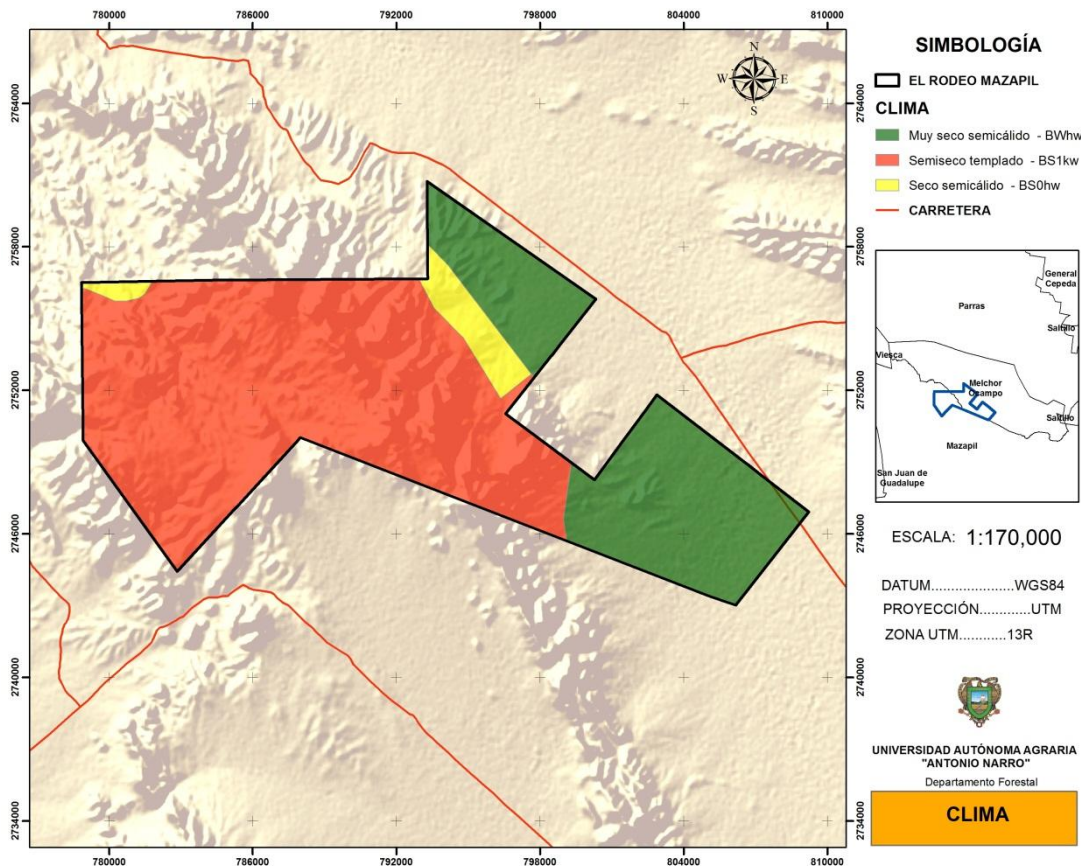


Figura 4. Tipo de clima presente en el ejido el Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

3.1.4. Vegetación

El ejido se encuentra cubierto mayormente por el matorral desértico rosetófilo (Figura 5). De acuerdo con Villa (1981), mencionan que las especies asociadas con este tipo de vegetación son lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guapilla (*Hechtia glomerata*), sotol (*Dasyilirion cedrosanum*), espadín (*Agave stricta*) principalmente; en ocasiones forma parte del matorral inerme parvifolio asociado con gobernadoras (*Larrea tridentata*) y del bosque oligocilindrocaulescente rosulifolio asociado con *Yucca carnerosana*.

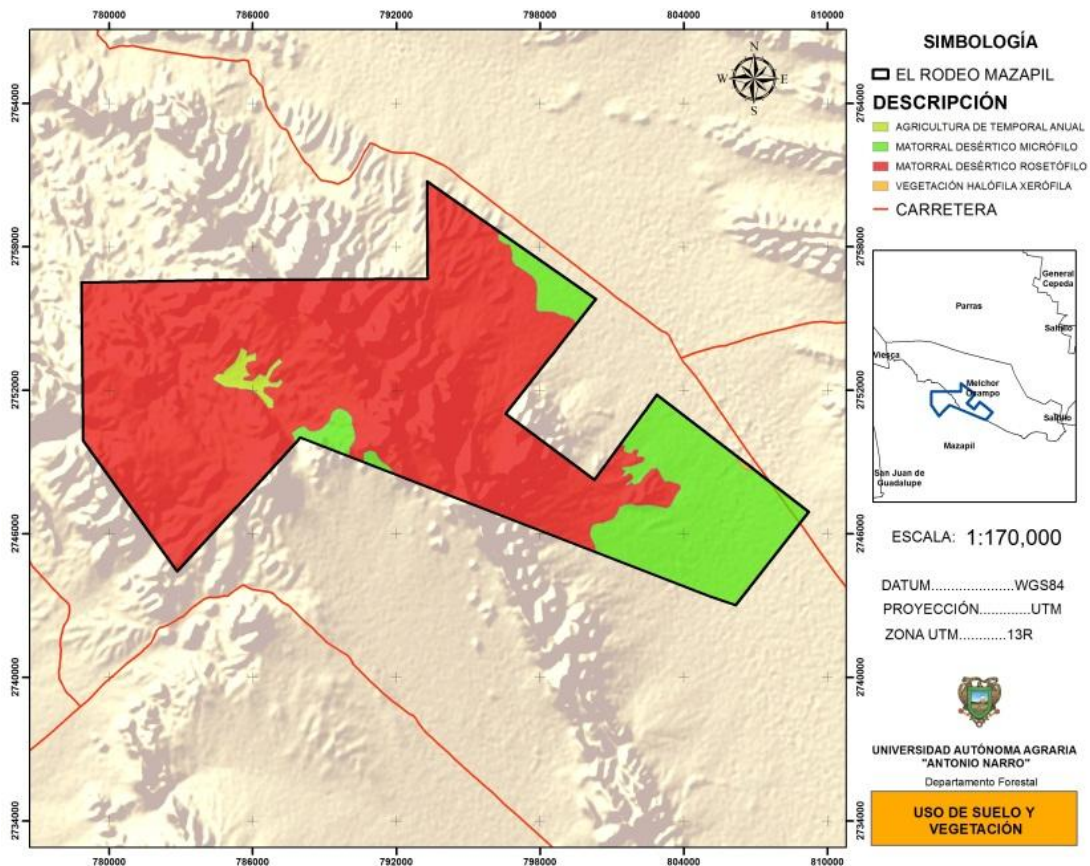


Figura 5. Tipos de vegetación presentes en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

3.2. Materiales y equipo utilizado

El material y el equipo empleado para llevar a cabo el presente trabajo es 1 flexómetro y 2 reglas graduadas a un metro utilizados para medir los diámetros mayor y menor así como las diferentes alturas. El GPS para ubicar los sitios de muestreo, balanza digital modelo TOR-REY L-EQ 5/10 con capacidad de 20 kg para pesar las muestras obtenidas en campo.

3.3. Procedimiento de campo

El presente estudio se llevó a cabo en los meses de julio-agosto y diciembre. Se procedió primero a realizar un recorrido por el campo para la localización y ubicación de las poblaciones naturales para la obtención de una primera muestra.

Obteniendo las siguientes características (Figura 6):

- 1.- Alturas. Se obtuvo colocando el metro de forma vertical en el centro de la planta y tomando las diferentes alturas (máxima, mínima, media).
- 2.- El diámetro mayor (cm). Se obtuvo sobreponiendo el flexómetro en la parte más ancha de la cobertura de la planta.
- 3.- El diámetro menor (cm). Se midió sobreponiendo el flexómetro en la parte más angosta de la planta.
- 4.- Diámetro promedio de cobertura (cm). Promediando los diámetros mayor y menor de la planta de candelilla.

Todas estas variables fueron medidas con aproximación al centímetro.

5.- Peso verde (gramos). Una vez tomadas todas las mediciones anteriormente descritas, se procedió a extraer en su totalidad la planta de candelilla (incluyendo la raíz), se sacudió cada muestra con la finalidad de disminuir las impurezas. Se realizaron manojos de cada ejemplar colectado, fueron atadas con cintas y etiquetadas, posteriormente se trasladaron a los centros de almacenamiento, donde se pesaron las muestras empleando la báscula digital.

Una vez obtenida esta parte de la muestra se procedió a realizar un diagrama de dispersión, asociando el peso de la planta (variable dependiente) con las diferentes altura y diámetros (como variable independiente), con la finalidad de observar la distribución de los datos y así definir los valores de "X" a recoger mediante un muestro seleccionado, obteniendo todo el rango de variación posible de la variable independiente.

La segunda visita al campo, se seleccionaron plantas individuales de candelilla realizándose en áreas donde los recolectores estaban efectuando la extracción de la planta en estudio, además de tomarse muestras en las áreas próximas a ser aprovechadas y en aquella donde por lo lejano del lugar hace difícil su extracción abarcando todo el rango de variabilidad dimensional.

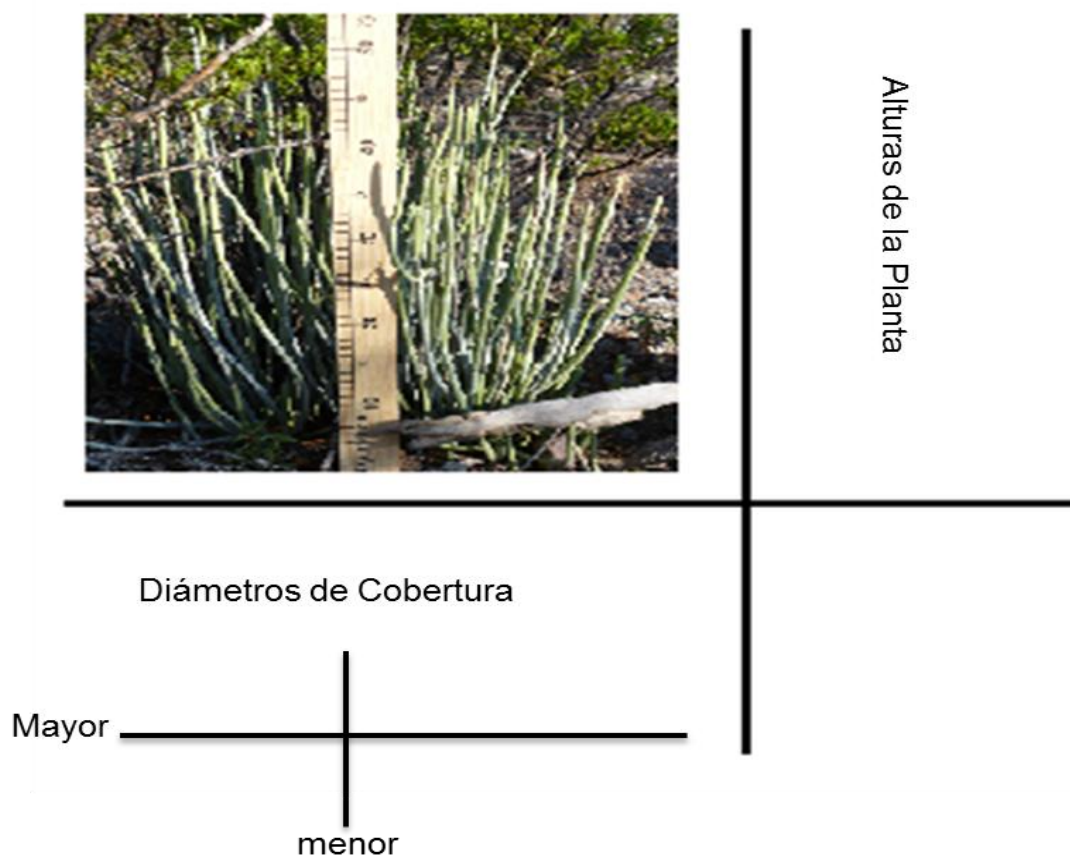


Figura 6. Representación esquemática de la medición de las dimensiones de la planta de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).

3.3.1. Procesamiento de los datos evaluados

Los datos recabados en campo se capturaron en hoja de cálculo EXCEL, para facilitar el manejo de la información al momento de la ordenación.

3.3.2. Análisis estadístico

El análisis de los datos relacionando el peso verde de la planta con cada una de las variables, se realizó mediante el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1.

Los datos recabados en campo mediante un diagrama de dispersión, tomando como variable de respuesta el peso verde de la planta (Y) y la altura media, con diámetro de cobertura en (X). En este diagrama se revisó la disposición de los puntos, con el fin de detectar si existían algunos valores

alejados denominados puntos aberrantes de la distribución. Y corroborar si los errores son causa durante la captura y procesamiento de los datos.

3.3.3. Correlación

Se determinara con el método de correlación de Pearson, las variables (altura media y el diámetro medio cobertura) a utilizar en la ecuación de acuerdo a los resultados que presenten valores altos en el coeficiente de correlación y su significancia.

3.3.4. Regresión lineal

Con el procedimiento de PROC REG de forma lineal se realizaron las regresiones con la variable de respuesta.

A partir de las variables de la altura media de la planta de candelilla (cm), y diámetro medio de cobertura de la planta de candelilla (cm), contra el peso verde de la planta se probaran 4 ecuaciones lineales (Cuadro 5), a los cuales se les realizó un análisis de varianza (significancia) por obtener los parámetros para la selección del modelo (R^2 , C.M.E., C.V., $Pr>F$).

Cuadro 5. Ecuaciones utilizada para predecir biomasa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).

Modelo	Ecuación
1	$Y = a + b (H \cdot D) + c (H)$
2	$Y = a + b (H \cdot D) + c (H) + d (D \cdot H^2)$
3	$Y = a + b (D) + c (H)$
4	$Y = a + b (H \cdot D^2)$

Y= Biomasa de candelilla incluyendo raíz (kg); a, b, c, d = Parámetros estadísticos; H= alturas de la planta de candelilla; altura máxima (HM), altura mínima (Hm), altura media (H) y altura promedio (Hp), D = Diámetro medio de cobertura de la planta de candelilla (cm).

Con los resultados de los diversos criterios se prosiguió a la calificación de las ecuaciones (Cuadro 6) asignándoles valores a los diversos estadísticos. El criterio para la asignación de valores fue el siguiente:

Cuadro 6. Criterios para la asignación de calificación a los estadísticos.

Estadístico	Criterio
R^2 .	R^2 = Coeficiente de determinación alto = valor más alto (1), sucesivamente en orden descendente.
CME	CME= Cuadrado Medio del Error = Valor más bajo al menor (1), sucesivamente en orden ascendente.
C.V.	C.V.= Coeficiente de Variación = Valor más bajo al menor (1), sucesivamente en orden ascendente.
Pr<F	Significancia del modelo. Valores: 0.0001 Altamente significativo

3.4. Validación de la ecuación para la elaboración de la tabla de volumen

En campo se evaluaron 200 plantas, pero al momento de realizar el ajuste de modelos solo se consideró 162 plantas, es decir, se excluyeron 38 plantas. Los datos excluidos sirvieron para la validación de la ecuación.

Comparando el peso obtenido por el método tradicional con el volumen estimado por la ecuación, se utilizaron dos estadísticos para realizar la validación de la ecuación, el primero fue el resultado del valor de la diferencia agregada y el último, el análisis de los residuales.

El primero caso se trata del estadístico de la diferencia agregada (DA) este se utilizó para conocer las diferencias entre el volumen real y el estimado por los modelos, considerando una diferencia menor al 10% para confirmar la viabilidad de las tablas. Este estadístico se obtienen mediante la diferencia del volumen

observado menor el volumen estimado, la sumatoria de este es dividida por el número total de las observaciones (Prodan *et al.*, 1997).

Como último criterio se utilizó la gráfica de los residuales para presenciar gráficamente la dispersión de las diferencias.

3.5. Construcción de las tablas de volúmenes para *Euphorbia antisyphilitica*

Con los criterios anteriormente mencionados se seleccionó el mejor modelo que predice biomasa de la planta de candelilla y se realizó la tabla de biomasa y tabla de rendimiento de cera de *Euphorbia antisyphilitica*.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de correlación y regresión

En el resultado del análisis de correlación de las variables, se puede observar que la asociación de una sola variable directamente con el peso de la planta de candelilla presentó un coeficiente de correlación (r) menor en relación a las combinaciones generadas, tal es el caso de la altura media de la planta (H) cuyo resultado fue de 0.487; en el diámetro medio de la planta (D) el valor obtenido fue de 0.890. En cambio la combinación entre diámetro medio (D) y la altura media (H) arrojó un coeficiente de correlación (r) de 0.941 y considerando en cuanto a la altura media (H) y el diámetro medio al cuadrado (D^2) se obtuvo un valor de 0.982; este último fue el que presentó el coeficiente de correlación más alto comparando con las demás interacciones. Por la buena asociación entre estas variables y una significancia de 0.0001 (0.01%) lo que quiere decir que existe una correlación entre estas variables (altura media (H) y diámetro medio de la planta al cuadrado (D^2) con el peso verde de la planta (Peso)), fueron consideradas para realizar el análisis de regresión para el ajuste de las ecuaciones utilizadas (Cuadro 7).

Roblero (2012) realizó un análisis de correlación, para determinar las variables adecuadas en la predicción de biomasa de la planta de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), determinando el grado de asociación entre las variables diámetro medio y altura media con el peso de la planta, presentando valores de “ r ” entre 0.837 y 0.969.

De igual manera Cano *et al.* (2005) utilizaron el diámetro de cobertura, la altura de la planta, la altura de piña y el diámetro de piña, esta última se consideró como la mejor para la creación de una tabla de producción de *Dasyllirion cedrosanum*.

Cuadro 7. Valores de los coeficiente de correlación de Pearson entre las variables medidas con la biomasa de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Coefficiente de Correlación de Pearson					
Variable (s)	D	H	H*D	H*D²	P
D	1.000	0.31952	0.89910	0.93558	0.89083
	0.0	0.0367	<0.0001	<0.0001	<0.0001
H	0.31952	1.000	0.66167	0.48869	0.48738
	0.0367	0.0	<0.0001	0.0009	0.0009
H*D	0.89910	0.66167	1.000	0.96478	0.94126
	<0.0001	<0.0001	0.0	<0.0001	<0.0001
H+D²	0.93558	0.48869	0.96478	1.000	0.98212
	<0.0001	0.0009	<0.0001	0.0	<0.0001
P	0.89083	0.48738	0.94126	0.98212	1.000
	<0.0001	0.0009	<0.0001	<0.0001	0.0

H= Altura media de la planta (cm), D= Diámetro medio de cobertura (cm) y D² = Diámetro medio de cobertura al cuadrado (cm).

4.2. Elección del modelo predictor de biomasa de candelilla

En el Cuadro 8 se muestran los valores de los estadísticos con sus respectivas calificaciones, que se evaluaron para hacer la elección del modelo, en el Cuadro 9 se muestran los estimadores que se utilizaran para el modelo. El modelo 4 fue elegido para predecir biomasa de candelilla cuya ecuación es **Y= a + b (H*D²)**, el valor de la función es $Y = 0.338257 + 0.000002 (X)$, el cual tiene un coeficiente de determinación de 0.9708, menor valor del cuadrado medio del error de 0.0096 y con una alta significancia de <0.0001. Para la elección del modelo se tomó en cuenta un valor máximo en el coeficiente de determinación, valor mínimo en el cuadrado medio del error así como un valor en el coeficiente de variación mínimo y la significancia del modelo, en esta ecuación se tomaron en cuenta las variables dasométricas obtenidas en campo de las plantas de candelilla, las cuales

fueron; altura media (cm) y diámetro medio de la cobertura (cm) como independientes contra la biomasa de la planta como variable dependiente.

Cuadro 8. Resultados estadísticos de los modelos evaluados para estimar biomasa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) incluyendo raíz en poblaciones naturales del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Modelo	Ecuación	R ² .	Cal.	C.M.E.	Cal.	C.V.	Cal.	Pr>F	Cal. Total
1	Y= a + b (H*D) + c (H)	0.9244	3	0.0256	3	17.57	3	<0.0001	9
2	Y= a + b (H*D) + c (H) + d (D*H ²)	0.9331	2	0.0232	2	16.73	2	<0.0001	6
3	Y= a + b (D) + c (H)	0.8484	4	0.0514	4	24.87	4	<0.0001	12
4	Y= a + b (H*D²)	0.9708	1	0.0096	1	10.79	1	<0.0001	4

R= Coeficiente de correlación, R² =Coeficiente de determinación ajustado, C.M.E. = Cuadrado medio del error, C.V. = Coeficiente de Variación (%), Pr>F= Significancia del modelo. Valores en negrita corresponden al modelo elegido.

Camacho (1990) realizó un estudio sobre el análisis dimensional en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en La Sauceda, Ramos Arizpe, Coahuila, determinó para la elección del modelo predictor de biomasa de candelilla valores mínimos de cuadrado medio del error de 0.1922 kg, coeficiente de variación de 59.39%, mayor coeficiente de correlación de 0.9303 y coeficiente de determinación 0.8655.

Roblero (2012) realizó un estudio sobre modelos de predicción para estimar biomasa en candelilla en poblaciones naturales de Cuatrociénegas, Coahuila, determinando como el modelo predictor de biomasa de candelilla el modelo potencial, obteniendo valores de coeficiente de determinación de 0.9414, cuadrado medio del error de 0.701 coeficiente de variación de 17.54%.

A comparación del presente estudio donde se determinó el modelo lineal 4 presentando valor alto en el coeficiente de determinación, así como valores mínimos en el cuadrado medio del error y el coeficiente de variación, se da por aceptada la hipótesis alterna al comprobar que al menos una ecuación alométrica permite estimar la biomasa de la planta de candelilla.

Cuadro 9. Estimadores de los modelos utilizados para predecir biomasa de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) incluyendo raíz en poblaciones naturales del ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Modelo	Ecuación	a	b	c	d
1	$Y = a + b (H \cdot D) + c (H)$	0.327390	0.000335	-0.007487	
2	$Y = a + b (H \cdot D) + c (H) + d (D \cdot H^2)$	0.053539	0.000204	-0.010872	0.0000008
3	$Y = a + b (D) + c (H)$	-0.468140	0.0199622	0.006529	
4	$Y = a + b (H \cdot D^2)$	0.338257	0.000002		

Y= Biomasa de candelilla (kg); a, b, c, d,= Parámetros estadísticos; H= Altura media de la planta (cm) y D = Diámetro medio de cobertura de la planta (cm). Los valores marcados en negrita corresponde al modelo elegido en el presente trabajo.

El modelo lineal numero 4 fue el elegido, a comparación de Camacho (1990) quien eligió el modelo potencial para predecir biomasa de candelilla, este relacionando el peso verde de la planta con el volumen de un cilindro elíptico recto con diámetro mayor y menor de cobertura de la planta por la altura media del mismo.

Roblero (2012), eligió el modelo potencial a diferencia de Camacho (1990), él tomo en cuenta las variables dasométricas del altura media con diámetro medio por el peso verde de la planta de candelilla.

La ecuación que representa el modelo seleccionado en este trabajo es la siguiente:

$$Y = a + b (H \cdot D^2)$$

Donde:

Y= Peso de la planta de candelilla con todo y raíz

a + b = Parámetros estimadores

$H \cdot D^2$ = H=altura media de la planta por el D^2 = Diámetro medio de la planta al cuadrado

La ecuación final para la estimación de biomasa queda de la siguiente manera:

$$Y = 0.338257 + 0.000002 (H \cdot D^2)$$

En la Figura 7 se observan las tendencias de valores observados y los valores estimados con el modelo elegido de biomasa de candelilla en condiciones naturales.

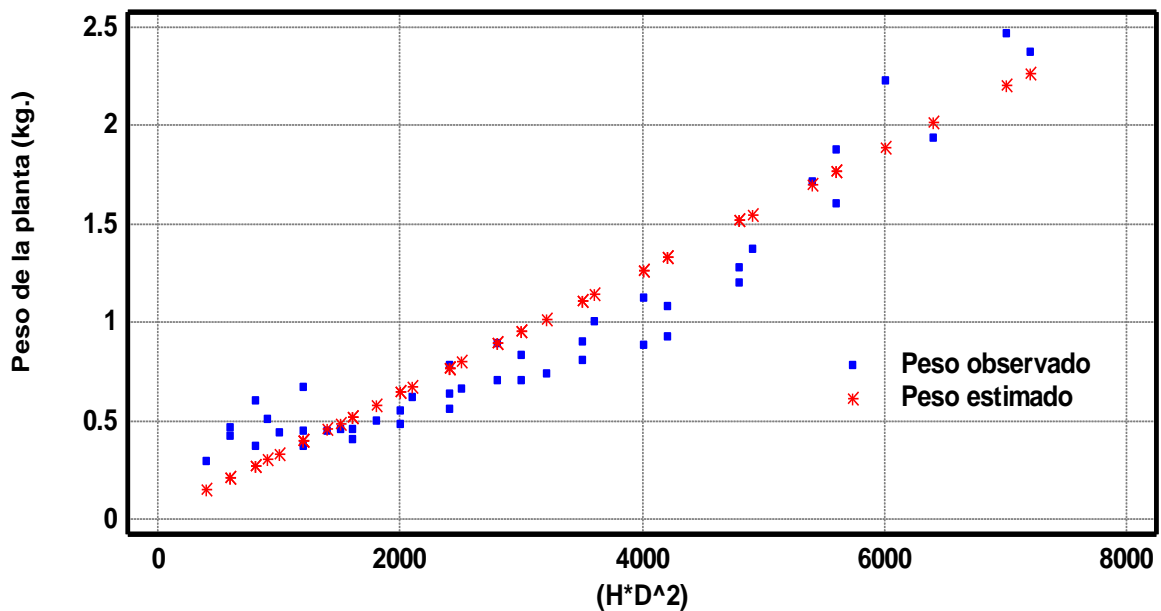


Figura 7. Gráfico del comportamiento de los datos, entre los valores observados (kg) y los estimados (kg) de biomasa de candelilla (*Euphorbia antispyhillitica* Zucc.).

Comparando este estudio, presentó mejores estadísticos en su ecuación lineal, que los reportados por Roblero 2012 y Camacho 1990, donde utilizaron la

ecuación potencial para calcular la biomasa en la especie de *Euphorbia antisyphillitica*.

4.3. Validación del modelo

En el Cuadro 10, se muestran los valores de Diferencia Agregada (DA) para *Euphorbia antisyphillitica*, en el cual se puede notar que los valores de DA son muy bajos según Prodan *et al.*, (1997) ya que son cercanos a cero y no sobrepasan ni se igualan a uno, lo cual significa que los valores de los volumen estimados son muy cercanos a los valores de los volumen reales. En cuanto a la DA, Prodan *et al.*, (1997) afirma que los signos negativos están asociados con sobrestimaciones y por ende los valores positivos indican subestimación, con lo anterior se puede precisar que la ecuación del modelo 4 para *Euphorbia antisyphillitica* subestima en un porcentaje menor al 10% el cual es bajo.

Cuadro 10. Estadístico de validación del modelo $y=a + b (H \cdot D^2)$ para *Euphorbia antisyphillitica*.

Especie	Muestra	DA
<i>Euphorbia antisyphillitica</i>	15	0.0227

Dónde: DA= Diferencia agregada, REM = Raíz cuadrada del error medio.

Los valores obtenidos por Hernández (2013) así como los obtenidos por Prestegui (2014), los cuales son de 0.0507 y 0.0529 para el primero y de 0.003750 a 0.073270 para el segundo y los presentados en este estudio cuyo valor es de 0.0227 estos valores se encuentran por debajo de uno, lo cual indica que la diferencia entre los valores reales y estimados son mínimos.

4.4. Análisis de los residuales

En el caso de los residuales, se refiere a la diferencia entre los valores reales y estimados para después demostrar gráficamente su dispersión con respecto a la línea cero. En la figura 8 se puede visualizar la dispersión de los datos.

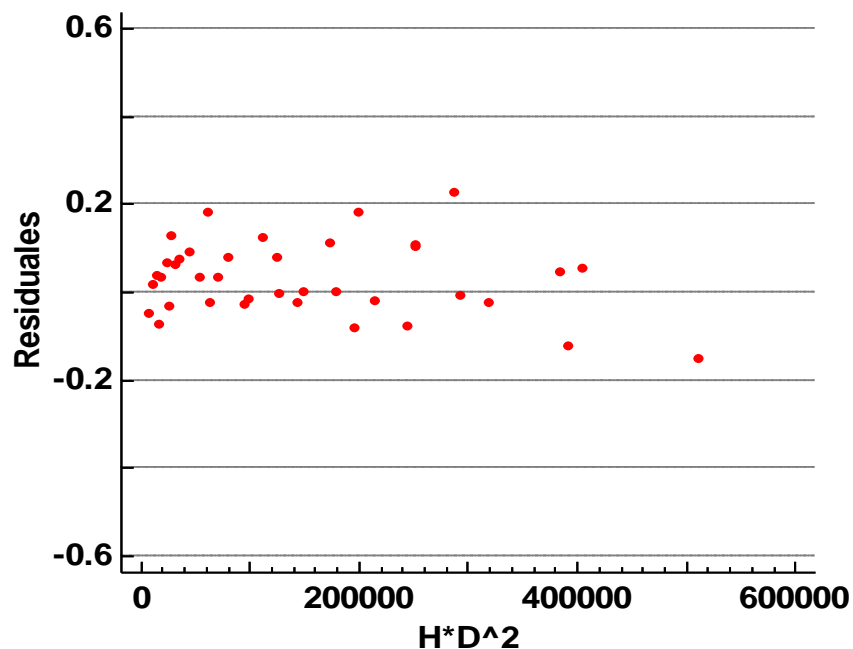


Figura 8. Comportamiento de los residuales, a partir de los datos observados y estimados de la planta de candelilla (*Euphorbia antispyhillitica* Zucc.).

Con los 38 datos usados para la validación, se observa que estos se muestran cercanos a cero oscilando los valores entre 0.2 y -0.2 dándose entender que existe un error de estimación mínimo.

Estas diferencias se muestran similares a las obtenidas por Hernández (2013) y Santiago (2013) además de que, considerando lo expuesto por Prodan *et al.* (1997) estos datos presentan homocedasticidad, entendiéndose que la distribución fue uniforme, lo que significa que la sobrestimación y subestimación entre los valores reales y estimados se encuentran balaceados.

Considerando los dos anteriores estadísticos se afirma que es confiable utilizar el modelo para estimar la biomasa para la especie de *Euphorbia antispyhillitica*.

4.5. Valores de cera obtenidos en el proceso de extracción

Se obtuvo una biomasa en verde de candelilla de 167.300 kg en el ejido el Rodeo perteneciente al municipio de Mazapil, Zacatecas. El total del cerote

resultante fue de 3.800 kg, por lo que se obtuvo un 2.271% de rendimiento de cera.

Padilla (1959), llevó a cabo un trabajo, estudiando las seis zonas candelilleras del norte de México comprendidas entre los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua, Nuevo León y Zacatecas, determinó que el contenido de cera y tomando en consideración el peso de la planta, es variable en las diferentes zonas, es decir, que en unas el contenido de cera por peso de la planta es mayor que otras. Mostrando los resultados de un mayor rendimiento de cera de 2.72 por ciento en la zona III Cuatro Ciénegas, Coahuila y un menor rendimiento para la zona VI perteneciente a la parte de Concepción de Oro, Zacatecas con un valor promedio de 1.69 por ciento. En cuanto a los ejidos estudiados dentro de la zona VI el mayor valor de rendimiento de cera lo tiene el ejido la Pendencia con 2.45 por ciento y un 2.10 por ciento para el ejido el Jaguey.

A diferencia de los datos obtenidos por Padilla (1959), en este trabajo la obtención de cera aumenta, presentando un incremento de 0.171 por ciento esto se debe al empleo de éter de petróleo, sustancia que utilizo para la obtención de la cera.

De las diferencias en la obtención de cera como lo menciona Padilla (1959) y lo confirma Roblero (2012) en un estudio que realizó en dos ejidos pertenecientes al estado de Coahuila se obtuvo un rendimiento de cera de 3.551 y 4.067%, este segundo mostro un mayor valor en la obtención de cera obtenido, a diferencia del presente trabajo. Las diferencias obtenidas en la producción de cera, se debe a la variabilidad de condiciones o factores que se encuentran presentes en las zonas; como lo es el clima, la altitud, la exposición, la precipitación, el tipo de suelo, la temperatura, la humedad atmosférica, la época del año (Padilla, 1959).Que da por resultado los diferentes Ecotipos presentes en la planta de Candelilla (De la Cruz, 1958).

A pesar de los resultados adquiridos en este trabajo, los valores obtenidos de cera de la planta de candelilla, se presentan dentro de los rangos que se tiene

contemplado para el contenido de cera de candelilla que va del 2 al 4% de su peso como hierba verde (CONACYT - CONAFOR 2010).

4.6. Elaboración de las tablas de rendimiento de biomasa y cera de candelilla

Una vez elegido el modelo predictor, se procedió a construir la tabla de doble entrada obteniendo los valores de biomasa de candelilla con raíz (kg) en la intersección de las variables de altura media y diámetro medio de cobertura (Cuadro 11).

Posteriormente para la elaboración de la tabla de rendimiento de cera se tomó en cuenta el coeficiente de rendimiento de cera esta cantidad se multiplica por el valor obtenido en la tabla de biomasa, obteniéndose así el valor en cera (kg) (Cuadro 12).

De la misma forma Roblero (2012), generó una tabla de doble entrada para predecir la biomasa de candelilla esto para los ejidos N.C.P.A. San Lorenzo y La Reforma en el Estado de Coahuila. Utilizando la intersección de altura media y diámetro medio de cobertura.

De la tabla generada en este trabajo y a diferencia de la generada por Camacho (1990) la tabla se presenta de doble entrada utilizando el diámetro mayor, diámetro menor pero a diferentes alturas (en un rango de 5 en 5). Obteniendo así el total de 14 tablas de rendimiento de biomasa para *Euphorbia antisyphilitica*.

Se concluye que a pesar de que se utilizan las mismas variables en los trabajos expuestos con anterioridad, estos presentan diferencias, ya que las variables dentro de la ecuación son acomodadas en diferente función.

Los resultados obtenidos en la tabla de rendimiento del presente trabajo demuestran que en base a la ecuación y de ser una ecuación lineal esta es confiable para la generación de la tabla de biomasa y rendimiento de cera de la planta de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).

Cuadro 11. Tabla de biomasa (kg) de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) elaborada a partir del modelo predictor seleccionado, para el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Diámetro medio (cm)	Altura media (cm)						
	20	30	40	50	60	70	80
20	0.354	0.362	0.370	0.378	0.386	0.394	0.402
25	0.363	0.376	0.388	0.401	0.413	0.426	0.438
30	0.374	0.392	0.410	0.428	0.446	0.464	0.482
35	0.387	0.412	0.436	0.461	0.485	0.510	0.534
40	0.402	0.434	0.466	0.298	0.530	0.562	0.594
45	0.419	0.460	0.500	0.541	0.581	0.622	0.662
50	0.438	0.488	0.538	0.588	0.638	0.688	0.738
55	0.459	0.520	0.580	0.641	0.701	0.762	0.822
60	0.482	0.554	0.626	0.698	0.770	0.842	0.914
65	0.507	0.592	0.676	0.761	0.845	0.930	1.014
70	0.534	0.633	0.730	0.828	0.926	1.024	1.122
75	0.563	0.676	0.788	0.901	1.013	1.126	1.238
80	0.594	0.722	0.850	0.978	1.106	1.234	1.362

Los valores (kg) correspondientes a las intersección en altura media y diámetro medio, fueron obtenidos con el modelo elegido, los valores marcados en negrita corresponden a los ejemplares evaluados en campo.

Cuadro 12. Tabla de rendimiento de cera (kg) de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) elaborada a partir del modelo seleccionado, para el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas.

Diámetro medio (cm)	Altura media (cm)						
	20	30	40	50	60	70	80
20	0.0080	0.0082	0.0084	0.0086	0.0088	0.0090	0.0091
25	0.0082	0.0085	0.0088	0.0091	0.0094	0.0097	0.0100
30	0.0085	0.0089	0.0093	0.0097	0.0101	0.0105	0.0110
35	0.0088	0.0094	0.0099	0.0105	0.0110	0.0116	0.0121
40	0.0091	0.0099	0.0106	0.0113	0.0120	0.0128	0.0135
45	0.0095	0.0104	0.0114	0.0123	0.0132	0.0141	0.0150
50	0.0100	0.0111	0.0122	0.0134	0.0145	0.0156	0.0168
55	0.0104	0.0118	0.0132	0.0146	0.0159	0.0173	0.0187
60	0.0110	0.0126	0.0142	0.0159	0.0175	0.0191	0.0208
65	0.0115	0.0134	0.0154	0.0173	0.0192	0.0211	0.0230
70	0.0121	0.0144	0.0166	0.0188	0.0210	0.0233	0.0255
75	0.0128	0.0153	0.0179	0.0205	0.0230	0.0256	0.0281
80	0.0135	0.0164	0.0193	0.0222	0.0251	0.0280	0.0309

Los valores (kg) correspondientes a las intersección en altura media y diámetro medio, fueron obtenidos con el modelo elegido, los valores marcados en negrita corresponden a las categorías evaluadas en campo.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos con respecto al proceso estadístico realizado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna; dado que más de un ecuación alométrica presentó buen ajuste para la estimación de biomasa de la planta de candelilla.

Se logró generar una tabla de rendimiento de cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. para el municipio de Mazapil, Zacatecas, esto debido a la generación de una ecuación alométrica en la cual influyo las variables medidas en campo

Es factible predecir la biomasa de la planta de candelilla a partir de las variables dasométricas como altura media (cm) y diámetro medio de cobertura (cm), utilizando el modelo seleccionado.

Se eligió la ecuación lineal $Y = a + b(H \cdot D^2)$, por presentar mejor ajuste de acuerdo a los indicadores estadísticos R , R^2 , C.V. CME.

En la validación del modelo de acuerdo a los resultados obtenidos en la diferencia agregada, se considera que dicha ecuación es confiable para estimar biomasa de la especie.

El rendimiento de cera en el ejido El Rodeo, Mazapil, Zacatecas se encuentra dentro de los rangos establecidos para la zona candelillera de México.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda utilizar el modelo elegido para estimar biomasa de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en condiciones naturales y características ambientales semejantes al predio de estudio.

Se recomienda utilizar la tabla de rendimiento en biomasa de la planta de candelilla para el ejido El Rodeo o regiones con características ecológicas-ambientales similares a este.

Se sugiere utilizar las ecuaciones de predicción de rendimiento de biomasa para cuantificar la existencia de este recurso por ser un método no destructivo.

Se recomienda probar las ecuaciones de predicción de biomasa en otras áreas candelilleras, sin olvidar los valores dados para el rendimiento de cera de cada lugar en específico.

Se sugiere utilizar la ecuación 2 considerando que contiene más interacción de variables, sin embargo presente un coeficiente de determinación alto.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar G., C. 2012. Estudio de factibilidad de la implementación del nuevo proceso de extracción de cera de candelilla a base de ácido cítrico y factores que influyen en su apropiación. Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 24 p.
- Ávila R, F. 2007. La candelilla en el norte de Zacatecas. Tesis monográfica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 67 p.
- BANCOMEX 1959. Mercados y productores. Departamento de Estudios Económicos. Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A. 4 p.
- Barbosa M, L.G.; Ceja T, H.; Suarez H, G. Salinas M, C.V. 2011. Candelilla, de México para el Mundo. ExpoCiencias Nacional 2011, Colegio México de Tehuacán, México Distrito Federal. 6 p.
- Beltrán E.; Miranda F; Hernández E.; González C, A.; Scheffey W.; Hernández X E. Rzedowski J. 1964. Las Zonas Áridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A.C. 38 p.
- Caballero, V. 1985. Introducción a la estadística. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Editorial IICA. San José, Costa Rica. pp. 278 - 279.
- Cabello, A. C. J., A. Sáenz G., L. Barajas B., C. Pérez B., C. Ávila O., J. A. Valdés G. 2013. Cera de Candelilla y sus aplicaciones. Avances en Química. 8: 105 – 110.
- Camacho O., M. 1990. Análisis dimensional en candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en el C.E.F. "La Saucedá" Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 37 – 39.
- Campos L., E. y Chávez P., O. 1981. Candelilla, México. Centro de investigación de química aplicada. México, D.F. 102 p.

- Canales, E. Canales V. y Zamarrón E. M. 2005. La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera. *In* Candelilla: gotas de cera del desierto mexicano alrededor del mundo López C., S. Chanfón y G. Segura (Eds.). México, D. F. pp. 100-106.
- Canales E.; Canales M. y E.M. Zamarrón. 2006. Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo CONABIO. *Biodiversitas* 69: 1- 5.
- 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 (*Dasyliirion cedrosanum* Trel.) para el estado de Coahuila. INIFAP – CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 18. Coahuila, México 24 p.
- Castillo Q, D. y Sáenz R, J.T. 2005. Tarifa de Rendimiento de Cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para el sur de Coahuila. INIFAP – CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 19. Coahuila, México 16 p.
- Cervantes, R. M. C. 2005. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. *In*: Plantas productoras de cera. Pp. 125-142.
- CETENAL. 1972a. Carta geológica. G13D59. CAOPAS. Escala 1:50 000. México.
- CETENAL. 1972b. Carta topográfica. G13D59. Escala 1:50 000. México.
- Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES). 2009. Evaluación del estatus de *Euphorbia antisyphillitica* en México dentro de los apéndices de la citas. Decimoctava reunión del Comité de Flora Buenos Aires, Argentina realizado del 17-21 de marzo de 2009.13 p.
- CONABIO. 2008. Conservación uso y comercio de la candelilla. Taller nacional. México D. F. 3 p.
- CONABIO. 2010. Los productos con cera de candelilla podrán exportarse sin permiso citas. Boletín de prensa. México, D. F.3 p.

- CONACYT-CONAFOR. 2010. *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., RFNM de importancia socioeconómica foro temático. SEMARNAT, CONAFOR, CONACYT e Instituto de la Candelilla. 14 p.
- CONAFOR – CONACYT. 2006. Investigación y Desarrollo Tecnológico. Investigación para los proyectos de Apoyo directo y del Fondo Sectorial, México. 15 p.
- CONAFOR. 2015. Silvicultura y Manejo Forestal. Consultado el 4 de febrero de 2015 Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/silvicultura-y-manejo-forestal/>
- Courtland B, N. 1935. A general introduction to forestry in the United State. 2da. Ed. Johan Wiley y Sons Inc. Ney York: pp: 95- 96.
- De la Cruz C., J. A. 1958. Contribución al estudio de la candelilla. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 63 p.
- De la Garza de la P., F.E.; Berlanga R, C.A. 1993. Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. INIFAP – CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 5. Coahuila, México. 46 p.
- Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 04 de junio de 2012. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable 2003. Sección Tercera. Del Aprovechamiento de los recursos forestales no maderables. Artículo 97-100 pp 42 -43.
- Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 24 de febrero de 2014. Reglamento De La Ley General De Desarrollo Forestal Sustentable Sección Tercera. Del Aprovechamiento de los recursos forestales no maderables. Artículos del 53 - 70. pp 20-28
- 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.

- Hernández S., N. 2013. Tablas de volúmenes para cedro rojo (*Cedrella odorata* L.) en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Tesis Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México 69 p.
- INIFAP (s/f). Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. 54 p.
- Infante, G. y Zarate, De Lara. 1991. Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Trillas. México: pp.463-524.
- Maldonado A, L.J. 1979. La investigación desarrollada sobre candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) Ciencia Forestal.4 (18) México 6 p.
- Marroquín J, S., Borja, R. Velázquez, 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.
- Mendenhall, W. 1987. Introducción a la probabilidad y la estadística. THOMPSON – XIII. pp. 341-381.
- Mendenhall, W; Beaver R., J.; Beaven B, M. 2002. Introducción a la probabilidad y la estadística 1er. Edición. IBEROAMERICANA-IX. MEXICO. pp. 622 - 623.
- Meza S, R. 1997. Ecuación para estimar fitomasa de *Atriplex canescens*. Ciencia Forestal en México, 22(81): 27-40.
- Molina, G. M. 1983. Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Memorias del simposio “Caracterización, uso actual y potencial de los recursos agrícolas de las zonas áridas y semiáridas de México”. Editorial del Colegio de Postgraduados Chapingo. Estado de México. 159 p.
- Montani T. y Busso C. 2004. Métodos de estudio de la vegetación. Ecología. Departamento de Agronomía. U.N.S. pp. 75-87.:
- Moore D., S. 2000. Estadística aplicada básica. 2da. Edición. Barcelona España.pp.120-128.

- Nájera L, J. 1999. Ecuaciones para estimar biomasa, volumen y crecimiento en biomasa y captura de carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipeco del nordeste de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 12 p
- SEMARNAT. 2013. Norma Oficial Mexicana-018-SEMARNAT-1999. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, transporte y almacenamiento del cerote. Diario Oficial de la Federación. Fecha de publicación 23 de abril de 2013. 9 p.
- Ostle, B .1981. Estadística Aplicada: Técnicas de la Estadística Moderna, Cuando y Donde Aplicarlas. LIMUSA, México. pp 185-249.
- Padilla F, G. 1959. Determinación del contenido de cera en plantas de candelilla *Euphorbia antisyphilitica* de las seis zonas productoras del Norte de México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Coahuila Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 38 p.
- Picard N., Saint-André L. y Henry M. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier. 223 p.
- Prestegui S., A. 2014. Tablas de volumen para tres especies de mangles en Barra de Tecuanapa, Marquelia, Guerrero. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 75 p.
- Prodan, M.; Peters, R, Cox, F y Real, p. 1997. Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. pp. 126-128.
- Rebolledo R., H. (2002). Manual SAS por computadora: análisis estadístico de datos experimentales. Editorial Trillas. México, D.F. pp 44 - 165

- Roblero P., E. 2012. Modelos de predicción de biomasa y rendimiento de cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en poblaciones naturales de Cuatrociénegas, Coahuila Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila 38 p.
- Rojas M., R.; Saucedo P, S.; De León Z, M.; Jasso C, D. y Aguilar, C. 2011. Ensayo Pasado, Presente y Futuro de la Candelilla. Revista Ciencia Forestal. . 2 (6): 7-18.
- Romahn de la V., C.F. 1992. Principales productos forestales no maderables no. 6. Universidad Autónoma de Chapingo. DCF. Chapingo, México 561 p.
- Rueda M., O. (2013) Modelos de predicción de volumen para *Prosopis glandulosa* Torr., en el Norte de Coahuila. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila 51 p.
- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 327 - 241.
- Santiago G., E. 2013. Elaboración de una tabla de volumen para la especie *Pinus rudis* Endl. En el rancho San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- SEMARNAT (s/f). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sistema nacional de la información forestal. *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. Consultado el 5 de Junio de 2014. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_VHknBUTGR0J:www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/libraries/phpsnif/usuarios/UsosPDF.php%3FespecieURL%3DEuphorbiaAntisyphiliticazucc.+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=mx 9 p.
- SEMARNAT. 2012. Anuario Forestal 2012. Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Naturales. Consultado el 4 de octubre de 2014 Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/forestal/anuarios/anuario_2012.pdf . pp 25-32.

- SEMARNAT. 2013. Anuario Forestal 2013. Secretaria Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado el 3 de Mayo de 2015. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/forestal/anuarios/anuario_2013.pdf. pp 9-26.
- Sistema geológico mexicano. 2013. Panorama Minero del Estado de Zacatecas. Consultado el 5 de Agosto de 2014. Disponible en: <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/ZACATECAS.pdf>. 66 p.
- Velazco M, H. 1991. Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo. Editorial LIMUSA. México, D.F. pp 27-70.
- Villa C, M.; Catalán V, E.; Inzunza I, M y Román L, A. 2010. Foro temático de candelilla. Técnicas de producción de plantas de candelilla por semilla, estacas e hijuelos. INIFAP. 17 p.
- Villa S, A. 1981. Investigación Sobre Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el Área de CIFNE. Revista Ciencia Forestal. pp 3-18.
- Villarreal Q, J. A. 2006. Introducción a la Botánica Forestal. Editorial Trillas. 3era ed. México pp. 101 - 102.
- Wackerly D, D.; Mendenhall III, W.; Scheaffer R. 2011. Estadística matemáticas con aplicaciones. 7^{ma} ed. Ediciones OVA. pp. 563- 633.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de varianza para la ecuación seleccionada.

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr>F
Modelo	1	13.5133	13.5133	1396.89	<0.0001
Error	42	0.4063	0.0096		
Total	43	13.9196			

correcto

G.L. =Grados de Libertad, S.C.= Suma de Cuadrados, C.M.E.= Cuadrado Medio del Error, F= Valor de F calculada, P=Valor de probabilidad.

R ²	C.V.	Raíz C.M.E.	P Media
0.9708	10.7895	0.0983	0.9115

R². =Coeficiente de Determinación, C.V.= Coeficiente de Variación, Raíz CME= Raíz del Cuadrado medio del Error, P Media= Peso medio.

La ecuación que representa el modelo seleccionado es:

$$Y = 0.338263 + 0.000002 (H \cdot D^2)$$

Anexo 2. Base de datos utilizada para la validación de la ecuación seleccionada.

D	H	Peso Real (kg)	Peso Estimado (kg)
20	20	0.3040	0.3543
30	20	0.3020	0.3743
20	30	0.3800	0.3623
30	30	0.3600	0.3923
20	40	0.4080	0.3703
30	40	0.4850	0.4103
40	40	0.4400	0.4663
50	40	0.5200	0.5383
60	40	0.6000	0.6263
70	40	0.6500	0.7303
20	50	0.4100	0.3783
30	50	0.5200	0.4283
40	50	0.5780	0.4983
50	50	0.6680	0.5883
60	50	0.7000	0.6983
70	50	0.7500	0.8283
80	50	0.9540	0.9783
90	50	1.2000	1.1483
20	60	0.4540	0.3863
30	60	0.4800	0.4463
40	60	0.5000	0.5303
50	60	0.6400	0.6383
60	60	0.7500	0.7703
70	60	0.9180	0.9263
80	60	1.1500	1.1063
20	70	0.5220	0.3943
30	70	0.6460	0.4643
40	70	0.6840	0.5623
50	70	0.8000	0.6883
60	70	0.9460	0.8423
60	70	0.9480	0.8423
20	80	0.4640	0.4023
30	80	0.5160	0.4823
40	80	0.5900	0.5943
50	80	0.9180	0.7383
60	80	1.1400	0.9143
70	80	1.0000	1.1223
80	80	1.2100	1.3623

D= Diámetro medio de la planta (cm), H= Altura media de la planta (cm), Peso estimado con la ecuación de $\text{Peso} = 0.338273 + 0.000002 (H \cdot D^2)$.