

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL



Biomasa Aérea y Almacenamiento de Carbono de *Larrea tridentata* (DC.) Coville,  
en Un Matorral Desértico Micrófilo en el Ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coahuila.

Por:

**LEONEL ROCHA RAMOS**

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Biomasa Aérea y Almacenamiento de Carbono de *Larrea tridentata* (DC.) Coville,  
en Un Matorral Desértico Micrófilo en el Ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coahuila.

Por:


**LEONEL ROCHA RAMOS**


INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. José Armando Nájera Castro  
Asesor Principal

  
M.C. Héctor Dario González López  
Coasesor

  
M.C. Jesús Asunción Pérez Morales  
Coasesor

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre de 2025

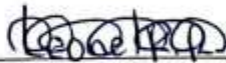
## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas, o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición, o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

Leonel Rocha Ramos

## DEDICATORIA

A mi madre (†):

Por el apoyo moral y económico, cuyo recuerdo permanece como una luz que guía cada uno de mis pasos y a pesar de que ya no está físicamente, su amor, fortaleza y enseñanzas siguen siendo la mayor inspiración de mi vida.

A mi hermana:

Por el cariño y apoyo incondicional que tuve durante la carrera, el cual agradezco por estar conmigo siempre conmigo en las buenas y malas.

A mis tíos (as):

Por el respaldo, confianza y ayuda en los momentos más importantes, gracias por creer en mí y brindarme siempre apoyo emocional y de ello tener un lugar seguro.

## AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Mater* la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad y el apoyo en mi formación académica de Ingeniero Forestal.

A la Empresa Sierra Gestión y Consultoría Ambiental, S.C., por brindarme el apoyo, la confianza, así como la disposición y colaboración para la realización de este trabajo.

Al M.C. José Armando Nájera Castro, por la asesoría, el apoyo, el tiempo dedicado, paciencia y enseñanzas para la realización de este trabajo.

A los Maestros del Departamento Forestal, por todas sus enseñanzas y apoyo en mi formación académica.

A la Familia Palestino Arellano, por la recomendación de la casa de estudios “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” ahora mi *Alma Mater*, y darme la confianza de retomar mis estudios.

A mis amigos, Ernesto Pérez Alonso, Simri Itai García de León, Miguel Ángel López Blancas, Sebastián Flores López, al Ing. Fernando Alejandro Galaviz Alvarado, al Ing. Kevin Yair Lozena Sánchez, a David Karim Avendaño Navarrete, por su amistad y todos los buenos deseos y el apoyo durante la carrera.

A la generación CXL y las generaciones pasadas de la carrera de Ingeniero Forestal, por el acompañamiento y apoyo durante mi estancia en la Universidad.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue cuantificar la biomasa aérea, el almacenamiento de carbono y la diversidad biológica de especies asociadas a una población de *Larrea tridentata* (DC.) Coville, en un ecosistema de matorral desértico micrófilo ubicado en el Ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coahuila. Se aplicó un diseño de muestreo sistemático estratificado, estableciendo 172 unidades de muestreo circulares de 400 m<sup>2</sup>. Se midieron variables estructurales como altura, diámetro de copa para así poder estimar el volumen y la biomasa de la planta mediante un modelo alométrico propuestos por John *et al.*, (1975). El contenido de carbono se calculó utilizando un factor de conversión de 0.5, recomendada por Méndez-González *et al.*, (2011). Además, se aplicó el Índice de Shannon Wiener para evaluar la diversidad vegetal asociada.

El trabajo se realizó en cinco rodales para determinar la cantidad de biomasa y carbono almacenado que se pueden aprovechar de *L. tridentata* teniendo un volumen de recolección promedio en kilogramos de 388,000. Los resultados mostraron una variación significativa entre los rodales en términos de densidad de biomasa y carbono. Al igual se obtuvo la diversidad vegetal en flora la cual fue alta ( $H' = 3.004$ ), dominada por la especie *Flourensia cernua*.

El estudio valida la aplicabilidad de un modelo alométrico no destructivo para la estimación de biomasa y carbono en ambientes áridos y proporciona información de referencia para orientar estrategias de manejo para esta especie.

**Palabras clave:** biomasa, carbono, matorral desértico micrófilo, diversidad vegetal, modelo alométrico.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to quantify the aboveground biomass, carbon storage, and biological diversity of species associated with a population of *Larrea tridentata* (DC.) Coville in a microphyllous desert scrub ecosystem located in the Ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coahuila. A stratified systematic sampling design was applied, establishing 172 circular sampling units of 400 m<sup>2</sup>. Structural variables such as height and crown diameter were measured to estimate plant volume and biomass using an allometric model proposed by John et al. (1975). Carbon content was calculated using a conversion factor of 0.5, recommended by Méndez-González et al. (2011). Additionally, the Shannon-Wiener Index was also applied to assess associated plant diversity.

The study was conducted in five stands to determine the amount of biomass and stored carbon that can be harvested from *L. tridentata*, with an average harvest volume of 388,000 kilograms. The results showed significant variation among the stands in terms of biomass and carbon density. Plant diversity was also found to be high ( $H' = 3.004$ ), dominated by the species *Flourensia cernua*.

This study validates the applicability of a non-destructive allometric model for estimating biomass and carbon in arid environments and provides reference information to guide management strategies for this species.

Keywords: biomass, carbon, microphyllous desert scrub, plant diversity, allometric model.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Objetivo general	3
1.1.1 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
2.1 Taxonomía de <i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	4
2.2 Descripción de la especie	4
2.3 Usos	6
2.4 Hábitat	7
2.5 Aspectos ecológicos	8
2.6 Cuantificación de variables estructurales de <i>L. tridentata</i>	9
2.7 Consideración para validar modelos alométricos	10
2.8 Trabajos a fines	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	12
3.1 Descripción del área de estudio	12
3.1.1 Ubicación geográfica	12
3.1.2 Características físicas y biológicas del área de estudio	13
3.1.3 Suelos	13
3.1.4 Clima	14
3.1.5 Fauna silvestre	16
3.1.6 Vegetación	17
3.2 Metodología	20
3.2.1 Tamaño de muestra	20
3.2.2 Diseño de muestreo	21
3.2.3 Procedimiento experimental	23
3.2.4 Procesamiento de los datos	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	25



4.1 Cálculo de biomasa y carbono por estratificación .....	25
4.2 Cálculo de biomasa y carbono por rodalización.....	26
4.2.1 Estructura poblacional .....	27
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de <i>L. tridentata</i> .....	4
Cuadro 2. Especies de reptiles que se distribuyen en el área de estudio. ....	16
Cuadro 3. Especies de aves que se distribuyen en el área de estudio. ....	16
Cuadro 4. Especies de mamíferos que se distribuyen en el área de estudio.....	17
Cuadro 5. Especies de flora silvestre encontradas en el ejido. ....	18
Cuadro 6. Resultados del cálculo de biomasa total y carbono total por estrato. ....	25
Cuadro 7. Resultados de las existencias de biomasa y carbono por rodal. ....	26
Cuadro 8. Estructura poblacional de <i>L. tridentata</i> con base al índice de Shannon. 32	
Cuadro 9. Índice de Shannon Wiener de las de especies asociadas a <i>L. tridentata</i> . .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de <i>L. tridentata</i> en el ejido Tanque Escondido. ....	5
Figura 2. Ubicación del ejido Tanque Escondido. ....	12
Figura 3. Tipos de Suelo que se encuentran en el ejido Tanque Escondido. ....	14
Figura 4. Tipos de clima que se presentan en el ejido Tanque Escondido. ....	15
Figura 5. Estratificación de <i>L. tridentata</i> por topoformas y ubicación de la muestra. .....	22
Figura 6. Rodalización de la especie <i>L. tridentata</i> , y distribución de las UM.....	27
Figura 7. Estructura de la población con base a la altura.....	28
Figura 8. Estructura de la población con base al diámetro mayor.....	29
Figura 9. Estructura de la población con base a la biomasa. ....	30
Figura 10. Estructura de la población con base al carbono.....	31

## I. INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales en México son de gran importancia para el desarrollo económico y social, esto se debe a la diversidad de productos que se pueden obtener, los recursos no maderables en las zonas áridas y semidesérticas del noreste de México son de interés ya que dependen directamente de esta actividad para el sustento de sus familias.

En estado de Coahuila existen estudios para aprovechamiento de recursos forestales no maderables entre los cuales se encuentra, la candelilla, el sotol, el maguey, lechuguilla, el orégano y la gobernadora los cuales requieren una autorización por parte de la SEMARNAT.

*L. tridentata*, conocida como “arbusto de creosota o gobernadora”, ha sido tradicionalmente explotada porque es una fuente de compuestos bioactivos utilizados en productos médicos, cosméticos, químicos y agrícolas (Soto *et al.*, 2023). La gobernadora, es una planta cuyas propiedades antioxidantes han favorecido su uso en una amplia gama de productos médicos y farmacéuticos.

La gobernadora es un arbusto perennifolio que puede llegar a medir de 1 a 3 metros de altura, y raramente llega alcanzar los 5 metros. Los tallos de la planta llevan hojas resinosas, con color verde oscuro, al igual con dos folíolos unidos en la base, cada folíolo llega a medir de entre 7 a 18 milímetros de largo y de 4 a 8.5 milímetros de ancho y tienen cinco pétalos amarillos Arteaga *et al.*, (2005).

Se han realizado trabajos de importancia sobre árboles y arbustos en condiciones naturales por su potencial para la producción de leña y forraje, posiblemente se ha estimado principalmente bajo condiciones de sistemas intensivos. Por ejemplo, el género *Acacia* ha sido estudiado bajo condiciones de uso intensivo en África, donde

se ha reportado una producción anual de biomasa aérea total de 13 ton/ha de materia seca y se ha reconocido por su valor como leña (López Merlín *et al.*, 2003).

El propósito por el cual se realizó el presente trabajo es analizar la estructura poblacional de *L. tridentata* (DC.) Coville, en el ejido Tanque Escondido, municipio de Saltillo, Coahuila, estimar la biomasa aérea y cuantificar el contenido de carbono, así como determinar del índice de la biodiversidad biológica, en la comunidad vegetal donde se desarrolla la gobernadora, lo que permitirá plantear su aprovechamiento de manera sostenible.

## **1.1 Objetivo general**

Estimar la estructura, biomasa aérea y contenido de carbono almacenado en poblaciones de *L. tridentata* (DC.) Coville, dentro del ejido Tanque Escondido, Saltillo, Coahuila, México.

### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Análisis de la estructura poblacional con base a variables dasométricas de *L. tridentata*.
- Estimar la biomasa y carbono aéreo de las poblaciones de *L. tridentata*.
- Determinar el índice de diversidad biológica de las poblaciones de *L. tridentata*.

## **1.2 Hipótesis**

**Ho.** Las variables estructurales de (altura y diámetro de copa) no se asocian con la biomasa aérea individual de *L. tridentata*.

**Ho.** Los modelos alométricos basados en variables dasométricas no predicen la biomasa ni el carbono con precisión.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Taxonomía de *Larrea tridentata* (DC.) Coville

De acuerdo con ITIS (2025), que valida la siguiente taxonomía correspondiente a la especie en estudio, la cual ha sido reconocida por esta fuente como la clasificación aceptada internacionalmente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Taxonomía de *L. tridentata*.

Reino	Plantae
Sub-reino	Viridiplantae
Infra-reino	Streptophyta
Superdivisión	Embriofitas
División	Traqueofitas
Subdivisión	Spermatophytina
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Rosanae
Orden	Zigofilales
Familia	Zygophyllaceae
Género	Larrea Cav.
Especies	Larrea tridentata (DC.) Coville

### 2.2 Descripción de la especie

Rivera *et al.*, (2024), afirman que *L. tridentata* es una especie abundante en zonas áridas y semiáridas de México, posee metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas, tradicionalmente usada en medicina, tiene un alto potencial como fuente de agroquímicos naturales de bajo impacto ambiental, útil para productores de zonas áridas.

Lira-Saldívar (2003), dice que la gobernadora (*L. tridentata*) es un arbusto perenne ampliamente distribuido en zonas áridas, por lo que no está amenazado y su aprovechamiento puede realizarse de manera sostenible conforme a la ley forestal.

En la página de iNaturalist México (2025), se encuentra que la gobernadora es un arbusto de la familia de los guayacanes, es ramificado, perennifolio y llega a medir más de tres metros de altura. Las hojas solamente tienen dos folíolos en la base y tienden ser muy resinosas y de un olor penetrante; las flores son de color amarillo fuerte de 1 cm de largo por 3 a 5 mm de anchura; tiene un fruto que es ovoide o subgloboso.



Figura 1. Planta de *L. tridentata* en el ejido Tanque Escondido.



## 2.3 Usos

*L. tridentata* fue usada por tribus nativas de E.E. U.U. y México principalmente para tratar problemas digestivos, estomacales mediante infusiones y decocciones en sus hojas (Moerman, 2000).

Rebecca Van *et al.*, (2017), mencionan que los estudios que se han hecho en hojas de *L. tridentata* indican que tienen potencial para inhibir procesos asociados con enfermedades autoinmunes, pero se necesitan mas investigaciones, en temas terapeuticos y farmacéuticos.

Ekor (2014), señala que *L. tridentata* tambien, llamada gobernadora, es una planta utilizada en la medicina tradicional como suplemento nutricional y en tratamientos para perder peso, combatir el cancer y aliviar la artritis.

De acuerdo con la página iNaturalist México (2025), las hojas las usan como adhesivo para triplay, cartón comprimido y para alimento animal. La resina del arbusto es aprovechable por las propiedades fungicidas. Con el exudado se extraen materiales como las pinturas, plásticos y se elaboran jabones y grasas para calzado.

Portilla de Buen *et al.*, (2008), señalan que la gobernadora se ha utilizada en medicina tradicional mexicana para el tratamiento de problemas biliares y renales; además, a esta especie se la atribuyen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, hipoglucemiantes y otros efectos terapéuticos documentados previamente en diversos estudios experimentales.

## 2.4 Hábitat

Conforme a Marshall (1995), el arbusto de creosota habita en el desierto del Noreste de México, con una distribución que abarca desde el Sur de California hasta el Norte-Centro de México, pasando por Nevada, Utah, Arizona, Nuevo México y Texas.

Navarro (2021), habla de que es una especie dispersa en el norte de México, desde Tamaulipas, hasta Baja California e Hidalgo, igualmente se puede encontrar al Sur de Estados Unidos, lo cual nos dice que es una especie desértica y también se puede encontrar en terrenos agrícolas abandonados de Sonora.

Coville (1893), comenta que crece en las regiones más áridas de México, tanto en terrenos planos como en laderas y lomeríos de baja altitud, formados por materiales del cretácico superior e inferior, así como en planicies aluviales, la cual se adapta a temperaturas entre 14 y 28°C y a periodos de sequía de hasta ocho meses y en precipitaciones de 150 a 500 mm anuales.

De acuerdo con Robert G *et al.*, (2013), *L. tridentata* es un arbusto dominante ampliamente distribuido en desiertos cálidos de América del Norte. El arbusto de la gobernadora, también conocida como arbusto de creosota, representa una especie con una expansión exitosa.

La gobernadora es considerada una de las plantas más características, abundantes y ampliamente distribuidas de los ecosistemas áridos y semiáridos del Suroeste de Norteamérica (Shreve, 1931), citado por Laport *et al.*, (2013); su rango de distribución se extiende desde el sur de California hasta el centro de Texas, la península de Baja California y las zonas áridas del norte de México, donde constituye un elemento dominante en la vegetación del desierto Sonorense, Chihuahuense y de Baja California Shantz (1924), citado por Rzedowski (1991).

Laport *et al.*, (2013), comentan que *L. tridentata* es una especie ampliamente distribuida y ecológicamente dominante en los desiertos de Norteamérica.

## 2.5 Aspectos ecológicos

Cruz *et al.*, (2005), señalan que el uso de *L. tridentata* como planta nodriza es una estrategia viable y efectiva para restaurar ecosistemas de pastizales degradados, especialmente cuando se combina con orientación geográfica adecuada.

Al evaluar la producción de follaje y resina de *L. tridentata* en función de su densidad poblacional y cobertura vegetal (López *et al.*, 2019), exponen que la cobertura vegetal del arbusto es el mejor indicador para estimar la producción, mucho más confiable que la altura o los diámetros de copa.

Cunningham *et al.*, (1979), mencionan que los estudios sobre *L. tridentata* muestran que su producción aérea y asignación reproductiva dependen de la disponibilidad de humedad en el suelo. Experimentos de riego revelaron que el aumento de humedad influye más en la reproducción que en la producción total.

Herrera *et al.*, (2021), comentan que el uso del arbusto de *L. tridentata* ha sido variado, y este ha sido estudiado por más de siete décadas. De todos los usos dados a esta planta, el menos estudiado es como parte de la producción animal; los metabolismos del arbusto de creosota, tienen un gran potencial en la ganadería. No obstante, los pocos estudios realizados con ovejas y pollos de engorda abren una oportunidad para utilizar esta planta en esta área.

Coville (1893), comenta que la gobernadora es una especie dominante que constituye uno de los elementos principales de la vegetación de las zonas áridas y semiáridas del país, formando comunidades propias y de gran extensión.

## 2.6 Análisis de las variables estructurales de *L. tridentata*

Para evaluar la producción de follaje y resina de *L. tridentata* en función de su densidad poblacional y cobertura vegetal, López *et al.*, (2019), exponen que la cobertura vegetal del arbusto es el mejor indicador para estimar la producción, mucho más confiable que la altura o los diámetros de copa.

De la Torre *et al.*, (2019), mencionan que la generación de modelos alométricos es una herramienta útil y precisa para estimar biomasa y carbono en especies de zonas áridas y aporta información clave para valorar su papel en la mitigación del cambio climático.

Favela (2016), indica que los modelos alométricos basados en variables de fácil medición son útiles para estimar el contenido de carbono de *L. tridentata*, ya que permiten realizar cálculos de manera rápida, no destructiva y con menor costo de muestreo. Además, proporcionan relaciones confiables entre las dimensiones de la planta y su biomasa, lo que contribuye a una mejor estimación del almacenamiento de carbono.

Irulappa Pillai *et al.*, (2019), señalan que los inventarios forestales multifuente han evolucionado hacia el uso de datos auxiliares para mejorar la precisión de los inventarios nacionales, especialmente cuando el muestreo de campo por sí solo no es suficientemente preciso para áreas pequeñas o zonas cambiantes.

## 2.7 Consideración para validar modelos alométricos

Allen *et al.*, (2008), manifiestan que *L. tridentata* se ajusta estrechamente en predicciones de la teoría alométrica a nivel de dosel foliar. Este resultado contribuye a extender la aplicación de la alometría vegetal a ecosistemas con limitación hídrica, reforzando los hallazgos previos obtenidos en comparaciones interespecíficas amplias.

En estos estudios destacan la importancia de *L. tridentata* como especie modelo en ambientes áridos.

Se utilizaron métodos no destructivos basados en el análisis dimensional para estimar la biomasa de arbustos desérticos, relacionando el peso seco con el área y volumen del dosel. Estos parámetros resultaron ser buenos estimadores y las ecuaciones de regresión para *L. tridentata* coinciden con estudios de otras regiones, lo que indica su posible aplicación en distintos arbustos (John *et al.*, 1975).

## 2.8 Trabajos a fines

Diversos estudios relacionan la biodiversidad y el almacenamiento de carbono en los ecosistemas. Se presentan evidencias experimentales que muestran que los ecosistemas con mayor riqueza de especies vegetales tienen que almacenar más carbono en su biomasa y suelos. De acuerdo con Shan Xu *et al.*, (2020), esto ocurre por la diversidad de especies.

Soto-Correa *et al.*, (2018), reportan un estudio que esta enfocado en caracterizar especies arbustivas y arbóreas del bosque tropical caducifolio, las cuales estimaron la capacidad de captura de carbono considerando el clima del sitio, proporcionando información clave para la conservación.

Valdez M *et al.*, (2018), describen la estructura, composición y diversidad de especies del matorral espinoso tamaulipeco, identificando las especies dominantes en cada estrato y proporcionando información cuantitativa sobre la riqueza y diversidad de este ecosistema.

La estimación de la biomasa aérea en manglares se realiza principalmente mediante ecuaciones alométricas no destructivas, que relacionan el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura del árbol y en algunos casos, la densidad de la madera (Chave, 2005), citado por Komiyama *et al.*, (2008); estas ecuaciones deben aplicarse dentro de las categorías diamétricas para el cual fueron desarrolladas, ya que su uso fuera de esos límites puede generar errores (Kauffman, 2012).

Protocolo Forestal de México (2020), proporciona un marco metodológico estandarizado para cuantificar biomasa, carbono y CO<sub>2</sub> equivalente, incorporando ajustes por vigor y defectos estructurales. Establece un error de muestreo aceptable del 20% promoviendo la verificabilidad de los resultados para programas de carbono forestal.

Han *et al.*, (2022), realizaron un estudio donde analizaron índices de diversidad, riqueza de especies, abundancia de tallos y el índice de shannon Wiener, encontrando que afectan la distribución de las especies en cuatro grupos de estrategias ecológicas propuestas por Pla, (2006), exploraron cómo la diversidad de especies influye en dos conjuntos de datos uno de vegetación y otro de aves.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El área de estudio consta de una superficie de 4,279 ha, localizada en el ejido Tanque Escondido del municipio de Saltillo, Coahuila. (Coordenadas 24. 74696° Norte y 101.11249° Oeste). Se ubica a 92.4 km al sur de la ciudad de Saltillo y a 39 km al Norte de la localidad Concepción del Oro, Zacatecas. Presenta una altitud media de 1,856 msnm. El ejido Tanque Escondido colinda con Puerto Rocamontes al oeste, con ejido Presa de San Pedro al sureste, con Santa Rosa al Sur y La Cuchilla al Noreste (RAN, 2025) (Figura 2).

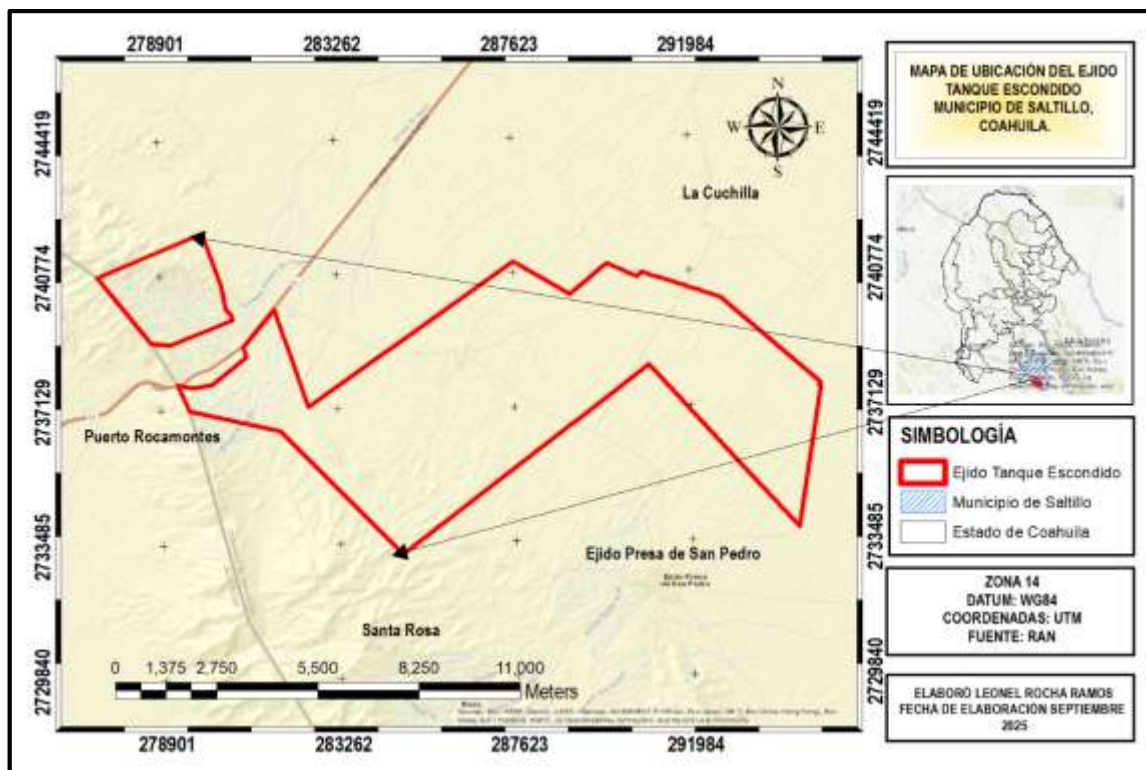


Figura 2. Ubicación del ejido Tanque Escondido.

### **3.1.2 Características físicas y biológicas del área de estudio**

El ejido Tanque escondido se localiza dentro de la sierra madre oriental, en un entorno caracterizado por matorrales y vegetación típica de zonas áridas. Debido al gradiente altitudinal que presenta la poligonal del ejido, se observan transiciones en la estructura vegetal, desde matorrales en las zonas bajas hasta bosques de pino piñonero en las cumbres.

El área se encuentra influenciada por un clima semiárido a templado, con suelos predominantes delgados y pedregosos, lo cual condiciona la distribución de la vegetación. Asimismo, constituye un espacio de relevancia ecológica al albergar especies adaptadas a condiciones extremas (Brailovsky, 2012).

### **3.1.3 Suelos**

Presenta tres tipos de suelos diferentes: Calcisol, que ocupa el 64.88% de la superficie; Phaeozem, con el 18.61%, y Leptosol, con el 16.51%.

La pendiente predominante se encuentra por debajo del 10%, las áreas más accidentadas forman parte de la Sierra el Astillero (INEGI, 2017) (Figura 3).



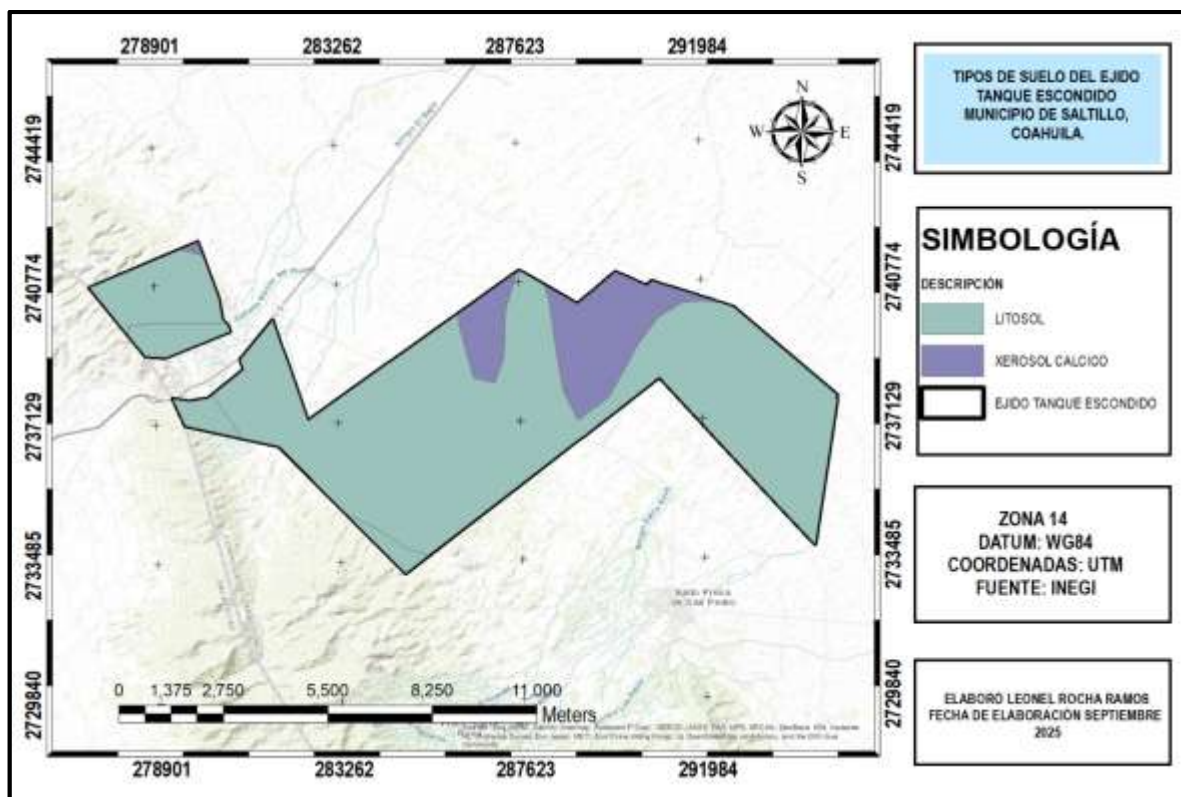


Figura 3. Tipos de Suelo que se encuentran en el ejido Tanque Escondido.

### 3.1.4 Clima

El clima, según la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García, se describe como BSok(x'): Árido, templado, con temperatura media entre 12° C y 18° C; temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual (Amaro, 2004).

De acuerdo con la clasificación climática registrada en las cartas de climatología elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el área de estudio se caracteriza por presentar tres diferentes tipos de climas áridos y semiáridos (INEGI, 2008)

Entre ellos destacan el clima seco semicálido, el seco templado y el semiseco templado (Figura 4), los cuales se distribuyen de manera variable dentro del territorio. Estos tipos de clima se definen por la combinación de temperaturas medias anuales y la precipitación limitada que se concentra principalmente en los meses de verano. Dichas condiciones determinan en gran medida la dinámica de los ecosistemas locales, influye en la disponibilidad de agua, la composición de la vegetación, así como en las actividades productivas que se desarrollan en el ejido.

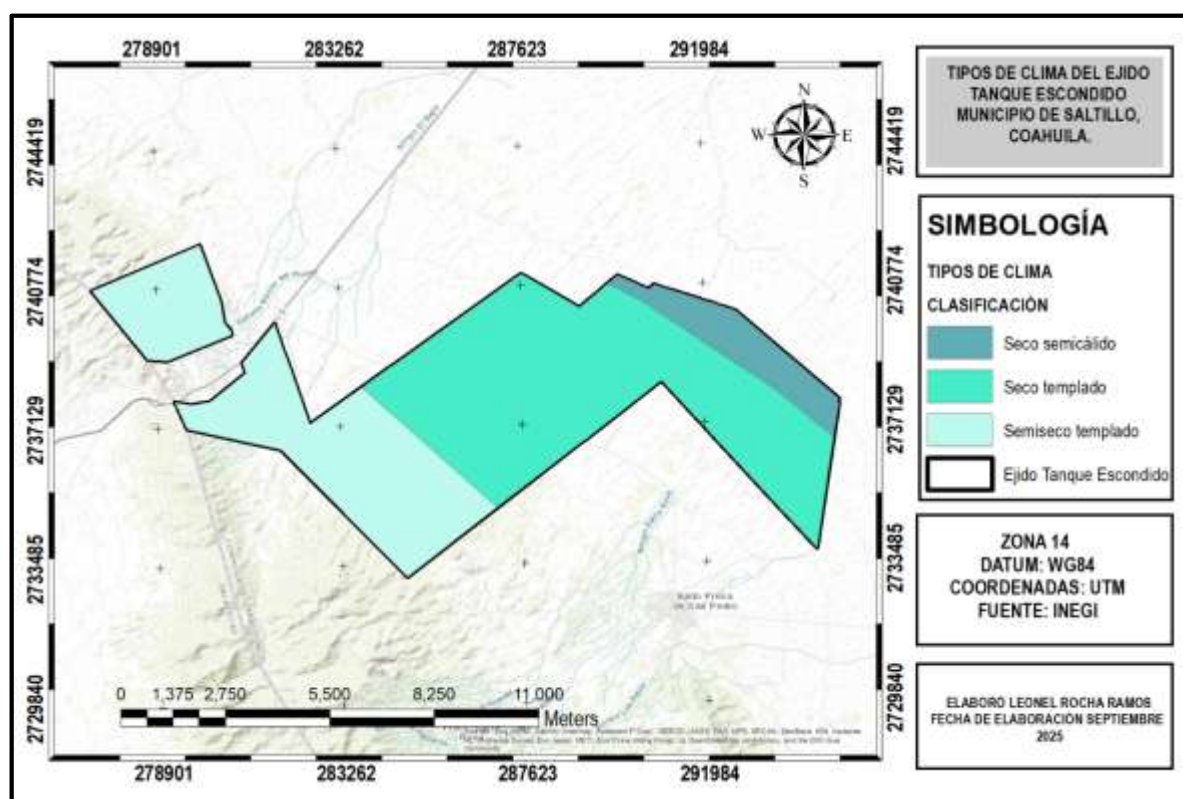


Figura 4. Tipos de clima que se presentan en el ejido Tanque Escondido.

### 3.1.5 Fauna silvestre

La fauna del área está conformada mayormente por especies de tamaño pequeño y mediano. De acuerdo a The IUCN Red List of Threatened Species (2019), las especies más comunes de encontrar se presentan en los (Cuadros 2, 3 y 4).

Cuadro 2. Especies de reptiles que se distribuyen en el área de estudio.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Arizona elegans</i>	Culebra Brillante
<i>Crotalus atrox</i>	Cascabel de Diamantes
<i>C. molossus</i>	Cascabel de Cola Negra
<i>Crotaphytus collaris</i>	Lagartija de Collar del Altiplano
<i>Diadophis punctatus</i>	Culebra de Collar
<i>Lampropeltis splendida</i>	Falsa Coralillo Real del Desierto
<i>Phrynosoma cornutum</i>	Lagartija Cornuda Texana
<i>Pituophis catenifer</i>	Topera
<i>Salvadora grahamiae</i>	Culebra Chata Oriental
<i>Sceloporus cautus</i>	Lagartija Espinosa Tímida
<i>Sceloporus poinsettii</i>	Lagartija Espinosa Norteña de Grieta
<i>Sceloporus variabilis</i>	Lagartija Espinosa Vientre Rosado
<i>Tantilla atriceps</i>	Culebrita Cabeza Negra Mexicana
<i>Uta stansburiana</i>	Lagartija Norteña de Mancha Lateral
<i>Aspidoscelis gularis</i>	Huico Pinto del Noreste

Cuadro 3. Especies de aves que se distribuyen en el área de estudio.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Columbina inca</i>	Tortolita Cola Larga
<i>Cyrtonyx montezumae</i>	Codorniz de Moctezuma
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo Americano
<i>Caracara plancus</i>	Caracara Quebrantahuesos
<i>Geococcyx californianus</i>	Correcaminos Norteño

Continúa Cuadro 3.

<i>Spizella wortheni</i>	Gorrión de Worthen
<i>Spizella pallida</i>	Gorrión Pálido
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Gorrión Sabanero
<i>Callipepla squamata</i>	Codorniz Escamosa
<i>Colaptes auratus</i>	Carpintero de Pechera Común
<i>Bubo virginianus</i>	Búho Cornudo

Cuadro 4. Especies de mamíferos que se distribuyen en el área de estudio.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Odocoileus virginianus</i>	(Venado de Cola Blanca)
<i>Canis latrans</i>	(Coyote)
<i>Vulpes macrotis</i>	Zorrita del Desierto
<i>Lynx rufus</i>	Lince Americano
<i>Taxidea taxus</i>	Tlalcoyote
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache Norteño
<i>Lepus californicus</i>	Liebre Cola Negra
<i>Sylvilagus audubonii</i>	Conejo del Desierto
<i>Cynomys mexicanus</i>	Perrito Llanero Mexicano
<i>Xerospermophilus spilosoma</i>	Ardilla de Tierra Punteada
<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de Collar

### 3.1.6 Vegetación

De acuerdo al muestreo realizado, la vegetación dominante del área de estudio es el matorral xerófilo, dentro del cual se encuentran las especies que se muestran en el (Cuadro 5).

Algunas de las especies de flora y fauna observadas dentro del ejido, se encuentran en categorías de conservación, de acuerdo a la NOM-059 SEMARNAT, (2010) lo que resalta la importancia de monitorear y proteger la biodiversidad del ejido.

Cuadro 5. Especies de flora silvestre encontradas en el ejido.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache
<i>Agave asperrima</i>	Maguey Áspero
<i>Agave lecheguilla</i>	Lechuguilla
<i>Agave scabra</i>	Maguey Áspero
<i>Agave striata</i>	Maguey Espadín
<i>Aloysia gratissima</i>	Vara Dulce
<i>Aristida purpurea</i>	Tres Aristas Curvado
<i>Astrolepis cochisensis</i>	Doradilla Norteña
<i>Atriplex canescens</i>	Cenizo
<i>Berberis trifoliolata</i>	Agrito
<i>Buddleja marrubiiifolia</i>	Azafrán
<i>Condalia warnockii</i>	Tecomblate
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Coyonoxtle
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	Tasajillo
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	Sotol
<i>Dermatophyllum secundiflorum</i>	Colorín
<i>Desmanthus virgatus</i>	Guaje
<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	Biznaga Meloncillo
<i>Echinocereus enneacanthus</i>	Alicoche
<i>Echinocereus stramineus</i>	Alicoche
<i>Ephedra aspera</i>	Canutillo
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	Candelilla
<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga Barril de Lima
<i>Flourensia cernua</i>	Hojasén
<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero
<i>Guaiacum angustifolium</i>	Guayacán
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho
<i>Helieta parvifolia</i>	Barreta
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de Drago
<i>Juniperus saltillensis</i>	Enebro de Saltillo
<i>Lycium berlandieri</i>	Cilindrillo
<i>Mammillaria meiacantha</i>	Biznaga de Pocas Espinas

Continúa Cuadro 5.

---

<i>Koeberlinia spinosa</i>	Corona de Espinas
<i>Mimosa zygophylla</i>	Uña de Gato
<i>Mortonia palmeri</i>	Afinador
<i>Nolina cespitifera</i>	Cortadillo
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal Cuijo
<i>Opuntia microdasys</i>	Nopal Cegador
<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal Rastrero
<i>Opuntia stenopetala</i>	Arrastradillo
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Remata
<i>Parthenium argentatum</i>	Guayule
<i>Parthenium incanum</i>	Mariola
<i>Pinus pinceana</i>	Piñonero Llorón
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite
<i>Salvia ballotiflora</i>	Mejorana
<i>Thelocactus rinconensis</i>	Biznaga Pezón de la Rinconada
<i>Tiquilia canescens</i>	Hierba de la Virgen
<i>Vachellia constricta</i>	Chaparro Prieto
<i>Vachellia glandulifera</i>	Chaparro Prieto
<i>Viguiera stenoloba</i>	Chaparro Prieto
<i>Yucca carnerosana</i>	Palma Samandoca
<i>Yucca filifera</i>	Palma China

---

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, se empleó la fórmula del muestreo simple aleatorio sugerida por Mendenhall *et al.*, (1987), la cual permite estimar el número de unidades de muestreo necesarias considerando la variabilidad de la población y el nivel de probabilidad deseado. Se estableció un nivel de significancia de 0.10 con un valor del 95% de confianza.

El valor tabular corresponde a la distribución t de Student, con  $n - 1$  grado de libertad y prueba de dos colas, y fue obtenido a través de la calculadora estadística propuesta por Soper (2025).

$$n = \frac{N t_{\alpha/2}^2 S^2}{N d^2 + t_{\alpha/2}^2 S^2}$$

Donde;

$n$  = Tamaño de la muestra a obtener.

$N$  = Número total de sitios de muestreo.

$t_{\alpha/2}$  = Valor tabular “t de Student” al 95% de confiabilidad con  $n - 1$  grado de libertad y dos colas.

$S^2$  = Varianza del muestreo.

$d$  = Precisión preestablecida.

La muestra se obtuvo de acuerdo con la fórmula antes mencionada, lo cual arrojó 106 sitios de muestreo, aunque para obtener la mayor variabilidad tanto estadísticamente como logísticamente en campo se optó por levantar 66 sitios más, quedando la muestra con 172 sitios de muestreo.

Con ayuda de imágenes satelitales se delimitó la superficie a muestrear, la cual se delimitó en tres estratos; como se muestra en la (Figura 5), la estratificación se determinó utilizando la capa de topografías de INEGI (2001), se verificó que las estratificaciones no se traslaparan entre sí, con el fin de determinar el número total de unidades de muestreo existentes en cada uno de ellos, utilizando para ello el programa ArcMap.

Las unidades de muestreo se midieron de forma circular de 400 m<sup>2</sup> de superficie (11.28 m de radio), compensados por pendiente y se dividieron en cuatro cuadrantes, hacia el Norte, Este, Sur y Oeste ya que este método facilita el levantamiento de la información.

Los datos levantados en campo fueron altura, diámetro mayor y diámetro menor, de las plantas de *L. tridentata* y se registraron cinco especies de flora asociadas a *L. tridentata* en cada sitio. Esto último para determinar el índice de valor de importancia de las poblaciones de *L. tridentata*, para lo cual se calculó el Índice de Shannon Wiener como lo dice Shannon (1948).

### **3.2.2 Diseño de muestreo**

El muestreo se realizó a través de un muestreo estratificado con dispersión sistemática. La primera unidad de muestreo se seleccionó de forma aleatoria, tal como lo establece Mendenhall *et al.*, (1987); posteriormente, se construyó una malla de puntos con separación de 400 metros dentro de los estratos, donde cada punto corresponde a un sitio de muestreo levantado en campo.



Se aseguró que las unidades muestrales estuvieran distribuidas uniformemente en toda la superficie con la intención de captar la mayor variabilidad posible (Figura 5).

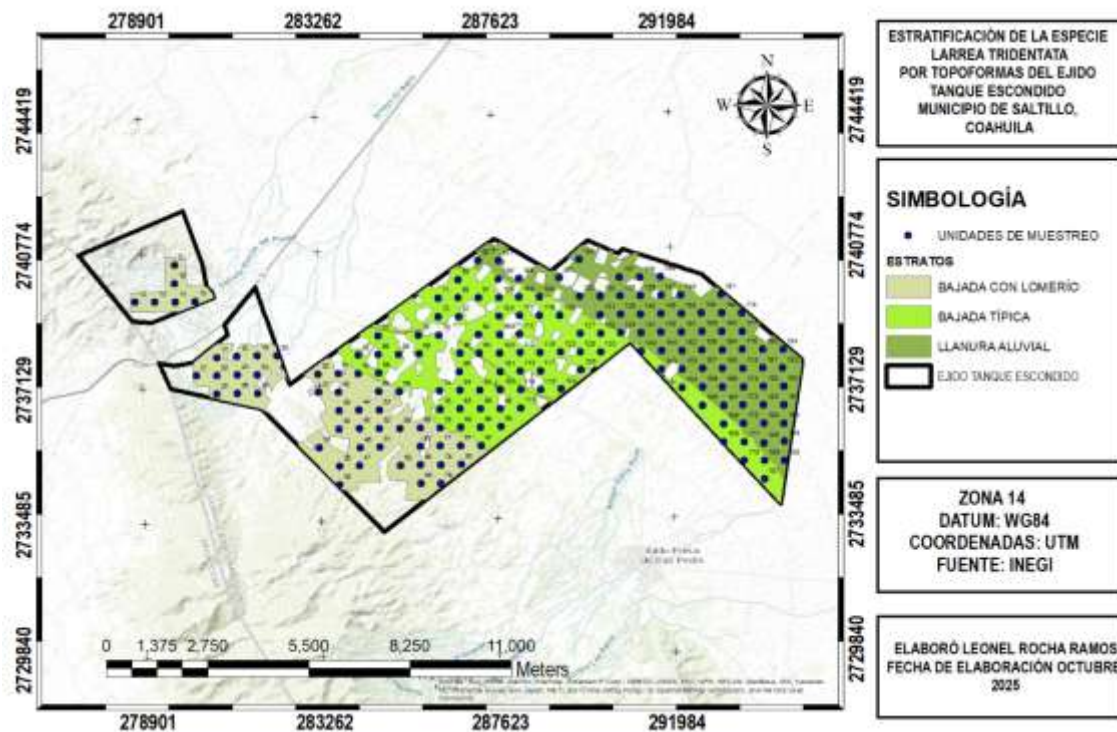


Figura 5. Estratificación de *L. tridentata* por topoformas y ubicación de la muestra.

La rodalización se realizó utilizando las unidades de muestro, las cuales se dividieron en cinco áreas de corta a manejar y ordenar durante su aprovechamiento dentro de la superficie total, de acuerdo en la (Figura 6), se ajustaron las áreas, descartando sitios con pendientes pronunciadas o de difícil acceso, así como los ubicados en la sierra compleja y sierra plegada, y sitios sin planta de gobernadora. En cada sitio de muestreo se midieron las plantas para la obtención de las variables antes mencionadas.

### 3.2.3 Procedimiento experimental

Para la determinación del volumen de los individuos se usó la ecuación propuesta por John *et al.*, (1975), que se presenta a continuación.

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{3} r^2 h$$

Una vez determinando el volumen se empleó el modelo de regresión desarrollado por John *et al.*, (1975), para determinar la biomasa del individuo muestreado en gramos (g) y posteriormente expresado en kilogramos (kg). Así mismo, se usó la ecuación de estimación de biomasa (B) en g de arbustos desérticos por sus componentes en función del área de copa (A), en m<sup>2</sup> y del volumen de copa (V), en m<sup>3</sup>.

Para estimar la biomasa total sobre el suelo se usó una constante de  $X = 5836 V$ .  
Para estimar la biomasa de las hojas se usó la constante de  $Y = 345 V$ .

Dónde:

X= Peso total de la biomasa en kg.

Y= Peso de la biomasa de hojas en kg.

V= Volumen de la biomasa en m<sup>3</sup>

Para estimar el carbono se utilizó la constante de 0.5, empleada por Méndez-González *et al.*, (2011), la cual corresponde a especies tipo arbóreo y complementa la información para matorrales.

### 3.2.4 Procesamiento de los datos

Con los datos de campo mencionados se estimó la densidad de individuos, la cobertura, y se calculó el volumen, la biomasa total, la biomasa de hojas, el carbono total y el carbono de hojas, lo que permite conocer la disponibilidad de biomasa y carbono que existe dentro del ejido en áreas aprovechables.

Una vez determinada la biomasa se obtuvieron los datos de valor económico, de acuerdo a los resultados estimados.

El índice de Shannon, se obtuvo del muestreo levantado, de acuerdo a la medición de las cinco especies más representativas dentro del sitio que se levantaron en cada unidad de muestreo. Con la información obtenida, se utilizó la siguiente fórmula de acuerdo con Shannon, (1948).

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i)(\ln p_i)$$

Donde;

S = Número de especies

H' = Índice de Shannon.

P<sub>i</sub> = Abundancia Relativa.

n<sub>i</sub> = Número de individuos.

Ln= Logaritmo natural

De esta forma se puede determinar la diversidad biológica que existe dentro de la población de *L. tridentata*.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Cálculo de biomasa y carbono por estratificación

De acuerdo al (Cuadro 6), se presentan los resultados en la determinación de la estratificación de las variables establecidas en los objetivos del presente estudio, considerando la totalidad de los sitios muestreados en la evaluación de la gobernadora. Estos datos permiten obtener la variabilidad que existe entre los estratos en términos de densidad, volumen, biomasa y carbono, asociado a cada una de estas fracciones.

Cuadro 6. Resultados del cálculo de biomasa total y carbono total por estrato.

Estratos	Densidad (N° de ind/ha)	Volumen de biomasa (m3/sitio)	Biomasa total de tallos (kg/sitio)	Biomasa total de la en hoja (kg/sitio)	Carbono total en tallos (kg/sitio)	Total del carbono en hoja (kg/sitio)	Biomasa total (kg/Estrato)	Carbono total (kg/Estrato)
1	995.918	806.192	4,426.800	278.136	2,213.400	139.068	4,704.936	2,352.468
2	1,586.905	1,746.420	9,589.590	602.515	4,794.795	301.257	10,192.105	5,096.053
3	1,476.667	2,016.618	11,073.247	695.733	5,536.624	347.867	11,768.980	5,884.490
Total	4,059.490	4,569.229	25,089.637	1,576.384	12,544.819	788.192	26,666.021	13,333.011
Promedio	1,353.163	1,523.076	8,363.212	525.461	4,181.606	262.731	8,888.674	4,444.337

Los valores presentados permiten describir la estructura poblacional que existen entre los estratos, teniendo una biomasa por estrato promedio de 8,888.67 kg y 4,444.33 kg de carbono por lo que permite saber la capacidad de almacenamiento y el potencial productivo de *L. tridentata* en la zona del estudio.

## 4.2 Cálculo de biomasa y carbono por rodalización

Se rodalizó en cinco áreas de corta los cuales se aprovecharán durante cinco años, para los cuales se calculó la productividad de cosecha, se utilizaron conceptos de rodalización empleados por Hawley (1982).

Las plantas a extraer en el área propuesta serán únicamente las que cumplan en su etapa de madurez de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-007-RECNAT-1997.

Cuadro 7. Resultados de las existencias de biomasa y carbono por rodal.

Área / Año	Superficie (ha)	Existencias de biomasa (kg)	Existencias de carbono (kg)	Existencias aprovechables (kg)	Capacidad de aprovechamiento (kg)	Volumen de recolección (kg)
1 / 1	802.640	3,077,526.823	1,538,763.412	181,930.561	145,544.449	72,772.224
2 / 2	1,011.937	3,880,027.594	1,940,013.797	229,371.062	183,496.850	91,748.425
3 / 3	908.179	3,482,191.231	1,741,095.616	205,852.634	164,682.108	82,341.054
4 / 4	791.009	3,032,933.265	1,516,466.633	179,294.376	143,435.501	71,717.750
5 / 5	765.678	2,935,807.320	1,467,903.660	173,552.695	138,842.156	69,421.078
Totales	4,279.444	16,408,486.234	8,204,243.117	970,001.328	776,001.062	388,000.531

Como se muestra en el (Cuadro 7) se determina el volumen de recolección durante los cinco años de aprovechamiento de hojas de *L. tridentata*, teniendo un total de 388,000 kg que equivalen a 388 toneladas que podrán ser comercializadas en beneficio de los habitantes del ejido.

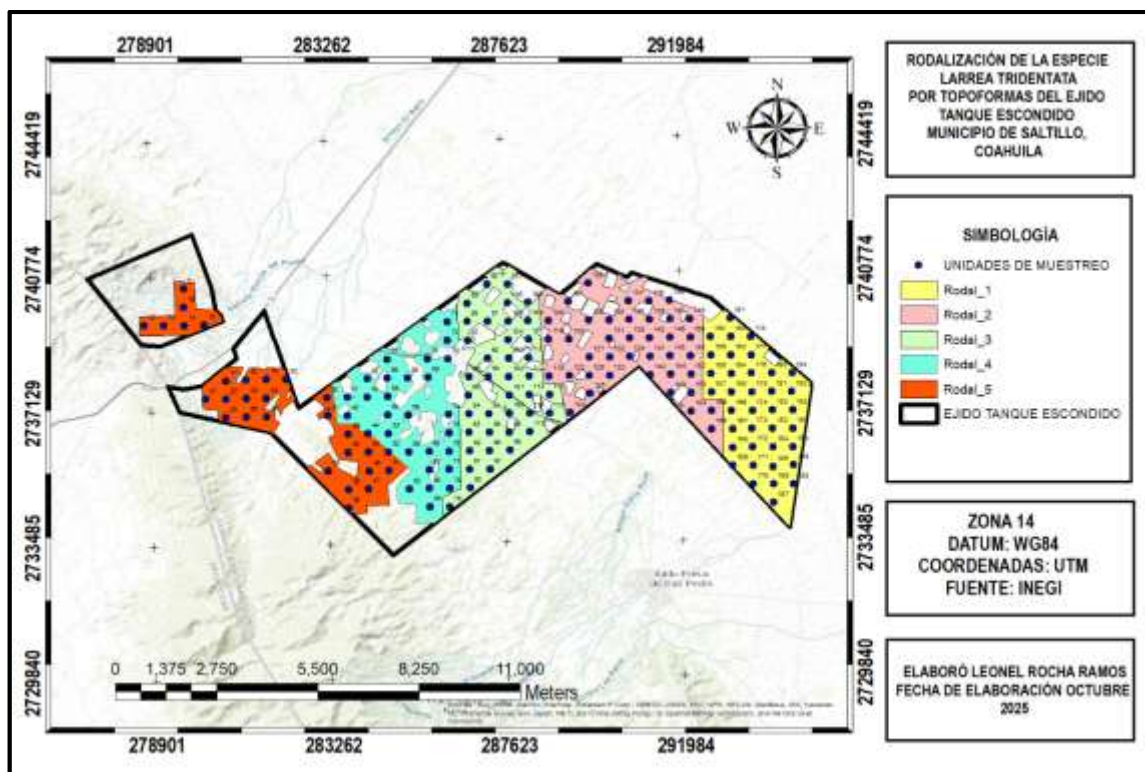


Figura 6. Rodalización de la especie *L. tridentata*, y distribución de las UM.

La producción de biomasa en el individuo permite asignar de manera proporcional el número de unidades de muestreo a cada rodal, quedando como se muestra en la (Figura 6), las cuales con esa proporción, se distribuyó el esfuerzo de muestreo para asegurar una representación adecuada de la variación espacial presente en cada rodal.

#### 4.2.1 Estructura poblacional

El análisis de la estructura de la población con base a las variables de altura y diámetro mayor con respecto al número de individuos. Las categorías que presentan mayores individuos son las de 101 a 120 cm con base a la altura, con 1,647 plantas, también podemos observar que, de las 9,495 plantas, 60 % de la población se encuentran en las alturas que oscilan entre 1 a 120 cm esto equivale a 5,608

individuos, el resto corresponde al 40 % de las cuales se ubican de 121 a 400 cm de altura (Figura 7).

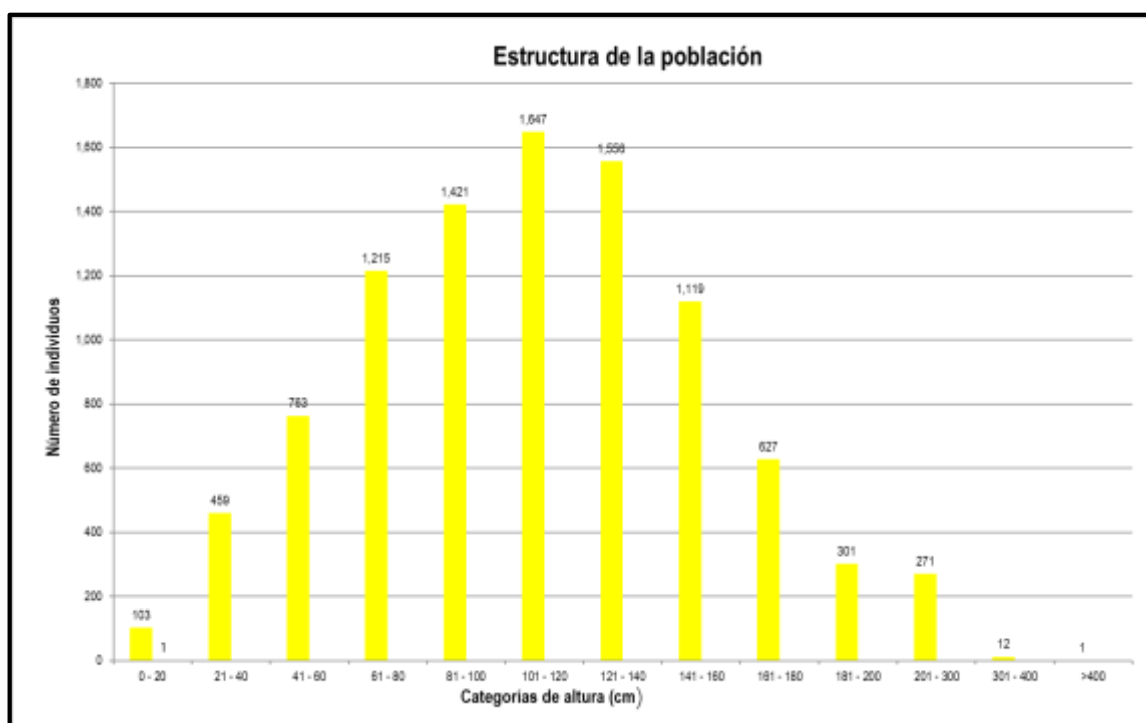


Figura 7. Estructura de la población con base a la altura.

La representación de los individuos con relación al diámetro mayor de cobertura presenta una tendencia normal en el cual se observa en la categoría de 121 a 140 cm con 1,370 plantas. Del total de las plantas registradas el 66 % de la población se encuentran en la categoría de diámetro mayor, entre 1 a 140 cm lo cual equivale a 6,339 individuos, el resto corresponde al 34 % de las cuales se ubican de 141 a 400 cm de diámetro mayor (Figura 8).

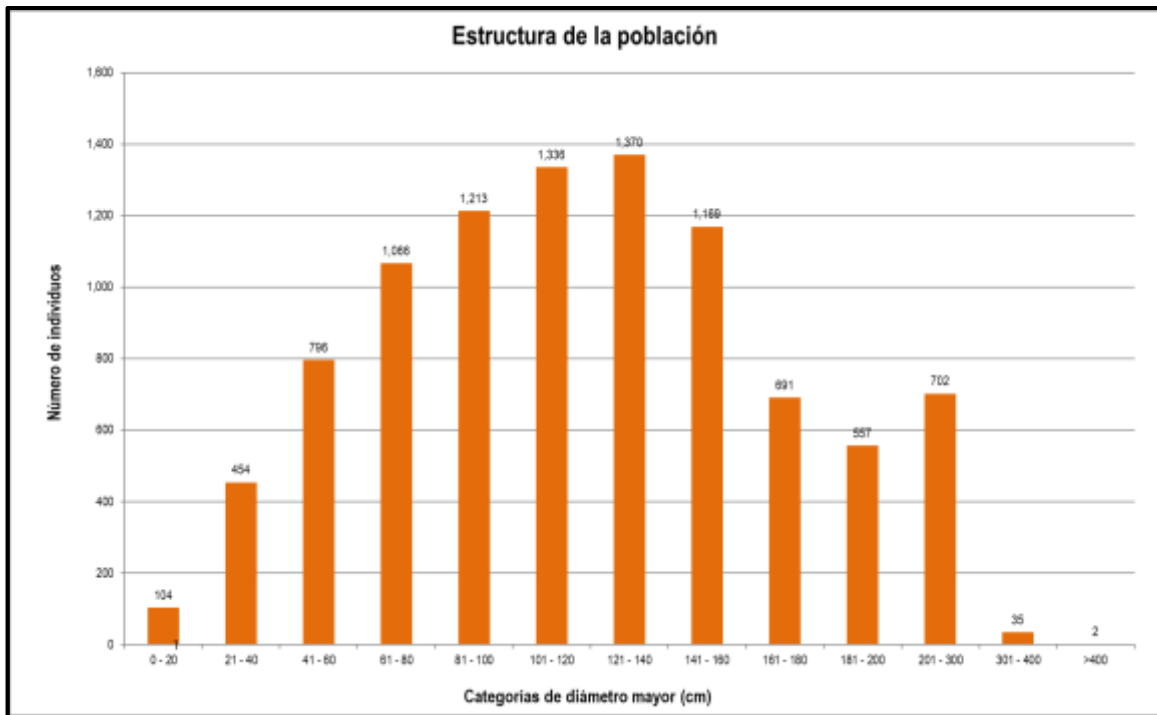


Figura 8. Estructura de la población con base al diámetro mayor.

De acuerdo a la (Figura 9), se puede observar que la mayoría de los individuos están ubicados en la categoría de biomasa de entre 0.01 a 0.50 kg, el cual corresponde a 2,078 plantas.

Del total de las plantas registradas en la categoría de biomasa el 84 % de la población se encuentra entre 0.01 a 5.00 kg y el 16 % restante de los individuos se ubican entre 5.01 a 50.00 kg de biomasa.



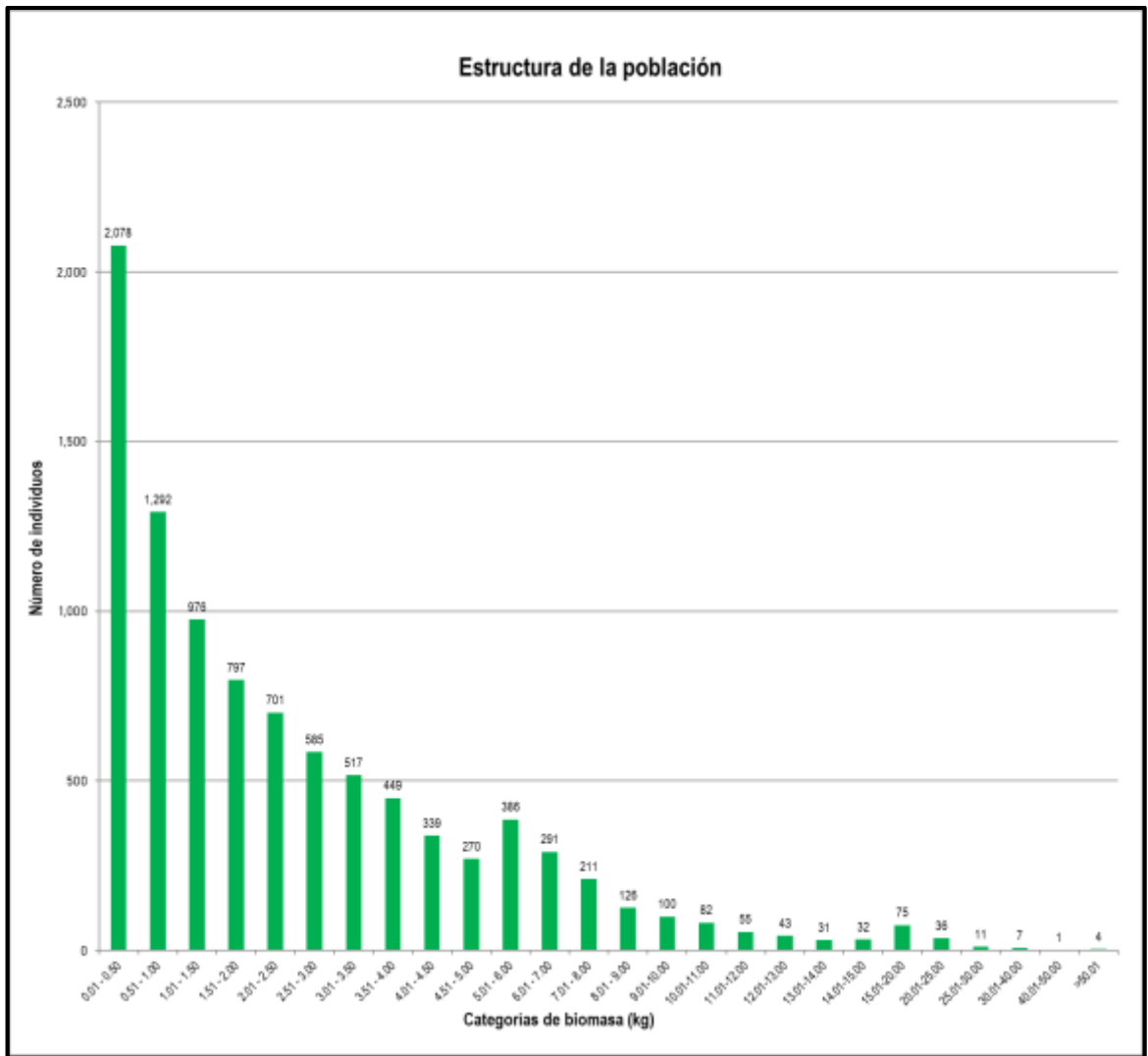
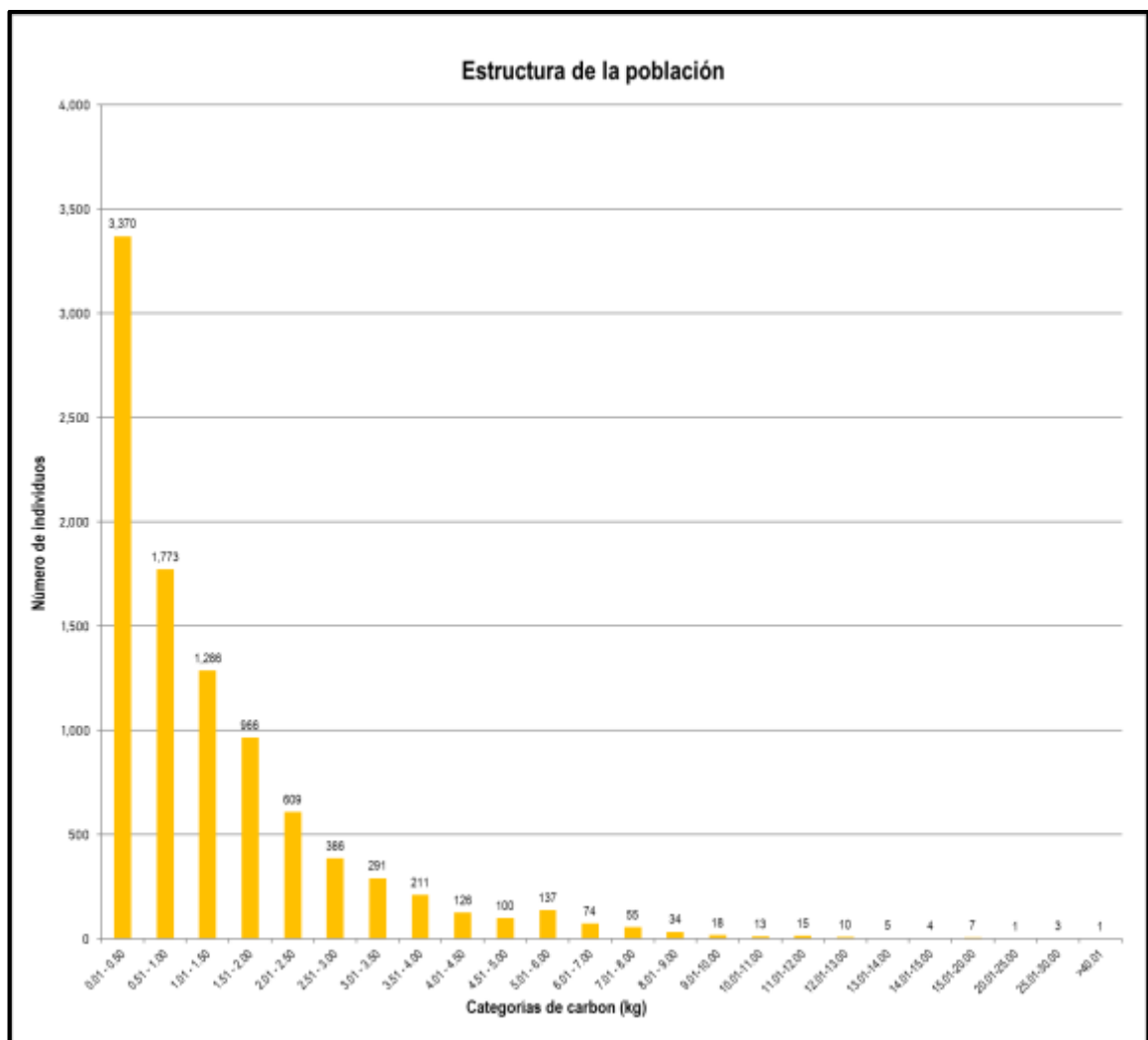


Figura 9. Estructura de la población con base a la biomasa.

La (Figura 10), se observa que la mayoría de los individuos están ubicados en la categoría de carbono de entre 0.01 a 0.50 kg, el cual corresponde a 3,370 plantas.

Del total de las plantas registradas en la categoría de carbono el 96 % de la población se encuentra entre 0.01 a 5.00 kg y el 4 % restante de los individuos se ubican entre 5.01 a 50.00 kg de carbono.



Cuadro 8. Estructura poblacional de *L. tridentata* con base al índice de Shannon.

Especie	N° de individuos encontrados (Abundancia)	(Pi) Abundancia relativa	Ln (pi)	Ln Pi*Pi
<i>Acacia farnesiana</i>	7	0.0087	-4.7449	-0.0413
<i>Agave asperrima</i>	15	0.0186	-3.9828	-0.0742
<i>Agave lecheguilla</i>	42	0.0522	-2.9532	-0.1541
<i>Agave scabra</i>	16	0.0199	-3.9183	-0.0779
<i>Agave striata</i>	5	0.0062	-5.0814	-0.0316
<i>Aloysia gratissima</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Aristida adscensionis</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Aristida purpurea</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Astrolepis cochisensis</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Atriplex canescens</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Bahis absinthifolia</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Berberis trifoliolata</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Buddleja marrubiifolia</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Condalia warnockii</i>	5	0.0062	-5.0814	-0.0316
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	24	0.0298	-3.5128	-0.1047
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	68	0.0845	-2.4713	-0.2088
<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	19	0.0236	-3.7464	-0.0884
<i>Dermatophyllum secundiflorum</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Echinocactus horizonthalonius</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Desmanthus virgatus</i>	6	0.0075	-4.8991	-0.0365

Continúa Cuadro 8.

<i>Echinocereus enneacanthus</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Echinocereus stramineus</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Ephedra aspera</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Euphorbia antisyphilitica</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Ferocactus pilosus</i>	5	0.0062	-5.0814	-0.0316
<i>Flourensia cernua</i>	111	0.1379	-1.9813	-0.2732
<i>Forestiera angustifolia</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Helietta parvifolia</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Jatropha dioica</i>	21	0.0261	-3.6463	-0.0951
<i>Jefea brevifolia</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Koeberlinia spinosa</i>	9	0.0112	-4.4936	-0.0502
<i>Juniperus saltillensis</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Leucophyllum laevigatum</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Lycium berlandieri</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Mammillaria meiacantha</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Mimosa zygophylla</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Mortonia palmeri</i>	3	0.0037	-5.5922	-0.0208
<i>Nolina cespitifera</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Opuntia engelmannii</i>	17	0.0211	-3.8576	-0.0815
<i>Opuntia microdasys</i>	6	0.0075	-4.8991	-0.0365
<i>Opuntia rastrera</i>	95	0.1180	-2.1370	-0.2522
<i>Opuntia stenopetala</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Parkinsonia aculeata</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Parthenium argentatum</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Parthenium incanum</i>	5	0.0062	-5.0814	-0.0316
<i>Pinus pinceana</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Prosopis glandulosa</i>	94	0.1168	-2.1475	-0.2508
<i>Psilostrophe gnaphalodes</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149

Continúa Cuadro 8.

<i>Salvia ballotiflora</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Thelocactus rinconensis</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Tiquilia canescens</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Vachellia constricta</i>	4	0.0050	-5.3045	-0.0264
<i>Vachellia glandulifera</i>	1	0.0012	-6.6908	-0.0083
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	10	0.0124	-4.3883	-0.0545
<i>Viguiera stenoloba</i>	3	0.0037	-5.5922	-0.0208
<i>Guaiacum angustifolium</i>	2	0.0025	-5.9977	-0.0149
<i>Yucca carnerosana</i>	82	0.1019	-2.2841	-0.2327
<i>Yucca filifera</i>	64	0.0795	-2.5320	-0.2013
<i>Echinocactus plathyacantus</i>	9	0.0112	-4.4936	-0.0502
Total 60	Total 805	Total 1	-H' -3.0037 H' 3.0037	

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el Índice de Shannon, la especie con más presencia es *Flourensia cernua*, cuyo nombre común es el Hojasén, registrando el mayor número de individuos (111), en seguida está *Opuntia rastrera* con un total de 95 individuos, y por último la especie *Prosopis glandulosa* con 94 registros en los sitios de muestreo.

Estas especies fueron las que tuvieron más presencia en los sitios de muestreo, esto debe al tipo de vegetación, matorral desértico micrófilo, presente en el área de estudio, y a la interacción de los factores clima y suelo, siendo estas especies las típicas en esta región, lo que a su vez muestra los resultados del índice de diversidad de Shannon.

No obstante, lo anterior, hubo 18 especies diferentes que se encontraron una sola vez en las unidades de muestreo.

Cuadro 9. Índice de Shannon Wiener de las de especies asociadas a *L. tridentata*.

Riqueza	Abundancia	H' Calculada	H' Max	Equidad (J)	Valor Máximo	Dominancia
60	805	3.004	4.094	0.734	111	0.138

De acuerdo con Shannon (1948), la diversidad que existe es alta por la superioridad a 3, mientras que la H' Max calculada igualmente es mayor a 3, esto nos indica que las especies se encuentran en equilibrio.

## V. CONCLUSIONES

Conforme a los resultados encontrados se observa que *L. tridentata*, representa una dominancia estructural dentro del matorral desértico micrófilo, con un aporte importante a la biomasa aérea y al almacenamiento de carbono.

La estimación de biomasa y carbono aéreo de las poblaciones de *L. tridentata* fue factible con el empleo del modelo de John *et al.*, (1975), por la factibilidad de ofrecer estimaciones confiables de volumen y biomasa, con un bajo esfuerzo de medición en campo, representando una alternativa eficiente y no destructiva.

La proporción de las especies evaluadas demostró una alta diversidad biológica, estable y funcional dentro del matorral desértico micrófilo del ejido. La combinación de biomasa, carbono y diversidad biológica, sugiere que la gobernadora cumple con la estabilidad del ecosistema.

Finalmente se concluye que las poblaciones de *L. tridentata* poseen un alto potencial de aprovechamiento sostenible.

## VI. LITERATURA CITADA

- Allen, A. P., Pockman, W. T., Restrepo, C., and Milne, B. T. (2008). Allometry, growth and population regulation of the desert shrub *Larrea tridentata*. *Functional Ecology*, 22(2), 197–204. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01376.x>
- Amaro, E. G. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arteaga, S., Andrade-Cetto, A., y Cárdenas, R. (2005). *Larrea tridentata* (creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology*, 98(3), 231–239. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.01.041>
- Brailovsky, D. (2012). Diversidad y Conservación de Cactaceae en el Desierto Chihuahuense. Académica Española.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., and Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Climate Action Reserve. (2020). México Forest Protocol, Version 2.0 Protocolo forestal. Climate Action Reserve. <https://www.climateactionreserve.org>
- Climate Action Reserve. (2020). Protocolo Forestal para México (México Forest Protocol) Protocolo de proyectos forestales de carbono. Recuperado de <https://climateactionreserve.org/how/protocols/ncs/mexico-forest/>
- Coville, F. V. (1893). Botany of the Death Valley expedition: A report on the botany of the expedition sent out in 1891 by the U.S. Department of Agriculture to make a biological survey of the region of Death Valley, California (Contributions from the U.S. National Herbarium, Vol. 4). U.S. Government Printing Office.
- Cruz González, M. R. (2005). *Larrea tridentata* como nodriza de arbustos en la rehabilitación de pastizales (Tesis de licenciatura inédita). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cunningham, G. L., Syvertsen, J. P., Reynolds, J. F., y Willson, J. M. (1979). Some effects of soil-moisture availability on above-ground production and reproductive allocation in *Larrea tridentata* (DC.) Cov. *Oecologia*, 40(2), 113–123.



- Ekor, M. (2014). Nephrotoxicity and nephroprotective potential of African medicinal plants. En V. Kuete (Ed.), Toxicological survey of African medicinal plants (pp. 357–393). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800018-2.00012-1>.
- Espino Favela, N. L. (2016). Estimación de la captura de carbono en poblaciones de gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Coville 1893) mediante modelos alométricos, Universidad Autónoma Chapingo. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx:8080/handle/20.500.12098/818>.
- Han, X., Xu, Y., Huang, J., and Zang, R. (2022). Species diversity regulates ecological strategy spectra of forest vegetation across different climatic zones. *Frontiers in Plant Science*, 13, 807369. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.807369>.
- Hawley, R. Y. (1982). *Silvicultura práctica*. Editorial Omega.
- Herrera-Medina, R. E. (2021). Creosote bush (*Larrea tridentata*) phytochemical traits and its different uses: A review. *Revista Journal of Applied Life Sciences International*.
- iNaturalist México. (s. f.). *Larrea tridentata*. iNaturalist México. Recuperado de <https://mexico.inaturalist.org/taxa/68205-Larrea-tridentata>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). (2001). Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo nacional, escala 1:1 000 000. Serie I, sistema de topoformas. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). (2008). Conjunto de datos vectoriales de unidades climáticas. Escala 1:1 000 000. INEGI.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática (INEGI). (2017). Guía para la interpretación de cartografía: Uso del suelo y vegetación: Escala 1:200 000, serie IV. INEGI.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). (2025). Sistema Integrado de Información Taxonómica. Recuperado de <https://www.itis.gov>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org>
- Irulappa Pillai Vijayakumar, D. B., and Pottier, B. (2019). Increasing precision for French forest inventory estimates using the k-NN technique with optical and

- photogrammetric data and model-assisted estimators. *Remote Sensing*, 11(8), 991. <https://doi.org/10.3390/rs11080991>
- Kauffman, J. B., and Donato, D. C. (2012). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests (Working Paper 86). Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/003749>
- Komiyama, A., Ong, J. E., and Pongpan, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests. *Aquatic Botany*, 89(2), 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.006>
- Laport, R. G., Hatem, L., Minckley, R. L., and Ramsey, J. (2013). Ecological niche modeling implicates climatic adaptation, competitive exclusion, and niche conservatism among *Larrea tridentata* cytotypes in North American deserts. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 140(3), 349–363.
- Lira-Saldívar, R. H. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora *Larrea tridentata* (DC.) Coville [Informe técnico]. Gerencia de Biopolímeros, Centro de Investigación en Química Aplicada.
- López-García, R., Flores-Hernández, A., Hernández-Salgado, J. R., Murillo-Amador, B., y Valenzuela-Núñez, L. M. (2019). Estimación de producción de follaje y resina de *Larrea tridentata* en Tlahualilo, México. *Ciencia e Innovación*. Recuperado de <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2021>
- López-Merlín, D., Soto-Pinto, L., Jiménez-Ferrer, G., y Hernández-Daumás, S. (2003). Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Interciencia*, 28(6), 334–339. Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003000600005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000600005)
- Ludwig, J. A., Reynolds, J. F., and Whitson, P. D. (1975). Size-biomass relations of several Chihuahuan Desert shrubs. *The American Midland Naturalist*, 94, 451–461. <https://doi.org/10.2307/2424437>
- Marshall, K. A. (1995). *Larrea Tridentata*, Arbusto de Creosota. En: Sistema De Información Sobre Efectos Del Fuego. Departamento De Agricultura De Los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación De Investigación De Las

Montañas Rocosas, Laboratorio De Ciencias Del Fu. United States Forest Service.

Mendenhall, W. S. (1987). Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica.

Méndez-González, J., Luckie-Navarrete, S. L., Capó-Arteaga, M. Á., y Nájera-Luna, J. A. (2011). Allometric equations and estimation of aboveground biomass and carbon increments in a mixed plantation of *Pinus devoniana* Lindl. and *P. pseudostrobus* Lindl., in Guanajuato, México. *Agrociencia*, 45(4), 479–491.

Moerman, D. E. (1998). Native American ethnobotany. Timber Press.

Navarro, N. A. (2021). *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, o gobernadora. Universidad Tecnológica de Hermosillo.

Neyman, J. (1934). Sobre el problema de las pruebas más eficientes de hipótesis estadísticas. On the problem of the most efficient tests of statistical hypotheses. The National Academies Press.

Pimienta-de la Torre, D. de J., Reyes-Reyes, J., Rodríguez-Morales, J. A., y Marroquín-Morales, P. (2019). Estimación de biomasa aérea total y contenido de carbono de *Pinus maximinoi* H. E. Moore en Las Margaritas, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(2), 31–41. Recuperado de <https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/174>

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.

Portilla-de Buen, E. (2008). *Larrea tridentata* en urolitiasis: Efecto en un modelo no metabólico en ratas. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 519–522.

RECNAT. 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-007-RECNAT-1997, Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores y semillas.

Registro Agrario Nacional (RAN). (s. f.). Padrón histórico de núcleos agrarios. Recuperado el 20 de febrero de 2025, de <https://www.gob.mx/ran>

- Rivera-Escareño Diego<sup>1</sup>, G.-F. D., y Ortega-Amaro, A. (2024). Gobernadora (*Larrea tridentata*), planta del semidesierto con alto potencial de aprovechamiento. Salinas de Hidalgo, SLP.
- Rzedowski, J. (1991). Vegetación de México. Editorial Limusa.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010, 30 de diciembre). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental–Especies nativas de México de flora y fauna silvestres–Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio–Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173095&fecha=30/12/2010](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173095&fecha=30/12/2010)
- Shan Xu, N. E. (2020). Species Richness Promotes Ecosystem Carbon Storage: Evidence From Biodiversity-Ecosystem Functioning Experiments. The Royal Society.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27, 379–423, 623–656.
- Shantz, H. L. (1924). Indicator plants of the arid Southwest (or *Larrea* distribution).
- Shreve, F. (1931). The desert laboratory: A half century of research at the Carnegie Institution's Desert Laboratory in Tucson, Arizona. Carnegie Institution of Washington.
- Soper, D. (2025). Free statistics calculators [Calculadoras de estadística en línea]. Recuperado el 20 de febrero de 2025, de <https://www.danielsoper.com>
- Soto-Correa, J. C., Cambrón-Sandoval, V. H., and Renaud-Rangel, R. (2019). Attributes of tree species and their capability of carbon capture in the municipality of Querétaro, México. Madera y Bosques, 25(1), e2511699. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511699>
- Soto-Hernández, M., Torres-Castillo, J. A., Juárez-Aragón, M. C., y Torres-Acosta, R. I. (2023). Curculionidae associated with *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC) Zygophyllaceae at Miquihuana, Tamaulipas. Southwestern Entomologist, 48(2), 397–404. <https://doi.org/10.3958/059.048.0213>

- Valdez M., C. G., Guzmán L., M. A., Valdés G., A., Foroughbakhch P., R., Alvarado V., M. A., y Rocha E., A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1674–1682. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>
- Van Zyl, R. L., y Cock, I. E. (2017). *Larrea tridentata* (DC.) Coville leaf extracts inhibit bacterial triggers of some autoimmune inflammatory diseases. *Pharmacognosy Communications*.