

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Estimación de Captura y Almacenamiento de Carbono en Mezquites

En el Rancho El Calabozo Municipio de China, Nuevo León

Por:

ALBA DENNIS PANTOJA CEDILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Estimación de Captura y Almacenamiento de Carbono en Mezquites en el
Rancho El Calabozo Municipio de China, Nuevo León

Por:

ALBA DENNIS PANTOJA CEDILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL



Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga

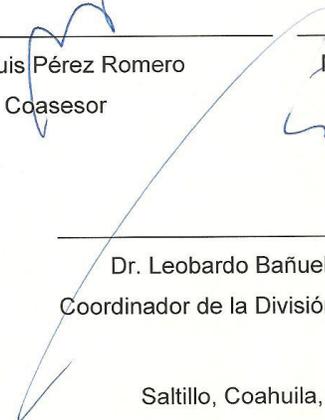
Asesor Principal


M.C. Luis Pérez Romero

Coasesor


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2013

AGRADECIMIENTOS.

El Hombre que no sabe de dónde viene, no sabe a dónde va

El hombre que no es agradecido, es un ingrato.

Un "Buitre" jamás debe olvidar, el bello trato

Que su "Alma Mater" le brinda.....(Castañeda 2013).

A mi Gloriosa Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual es orgullo de toda la nación y en cada rincón de este país al igual que internacionalmente se conoce su nombre que a través de ya más de noventa años ha aportado al mundo grandes agrónomos, así como valiosas aportaciones al Agro Mexicano y la cual me dio la oportunidad de estar en sus aulas donde tuve la gran oportunidad de recibir mi formación profesional.

Así como por haberme brindado una profesión con la cual se honra a mis padres y al lugar donde nacimos.....

Al Departamento Forestal, a sus maestros, a Zita, y demás personal, por el apoyo que siempre me brindaron en todo momento.

Al Dr. Capo, por ser parte fundamental en la realización de esta investigación, y por su amistad.

Al M.C. Pérez Romero, por la oportunidad que me brindo al brindar su asesoría en el estudio de la presente investigación así como su amistad.

Al M.C. Cepeda Dovala, por ser un gran amigo y aceptar formar parte de este proyecto de investigación. Por tener siempre un consejo hacia mi persona y familia.

Al M.C. Gilberto Gloria Hernández por ser parte de esta investigación además de aportar sus conocimientos para mi buen desarrollo profesional.

Al Ing. Antonio Manuel García González, por las facilidades otorgadas en su Rancho para la elaboración de este trabajo.

A quienes creyeron en mi al llegar a esta Universidad.....

DEDICATORIA.

A Dios y María Santísima por darme la vida y por guiar mis pasos, hasta llegar a poder estudiar una carrera universitaria, por poner todos los medios para poder lograrlo, por todo el amor protección en todos los días.....

Con afecto, admiración y respeto.

A mi padre el Sr. Paulito, Víctor Raúl Durana Espinoza (+). Que ya está junto a su Gran Arquitecto del Universo ...

Por todas sus enseñanzas, apoyo y su gran ejemplo de superación y estudio.

A mi Mamá por darme la vida, por su apoyo, consejos y por estar siempre animándome en todo momento.

A mis tíos Chabela y Álvaro que siempre me dieron consejos, ánimos para seguir adelante así como a mis primos Saúl, Lily y José.

A la familia de Puebla, por ser motivo de superación.

A mi hermana Rossy, que decidimos iniciar y terminar este nuevo proyecto en nuestras vidas.

A los pilotos que durante incontables días, me trasladaron a la Narro y gracias a ellos llegue a tiempo a muchas de mis clases.

A todos y cada uno de mis amigos que en estas líneas aunque no estén sus nombres, es: Esta dedicatoria por la amistad que me brindaron desde los primeros días que llegue a Saltillo.

Alba Dennis Pantoja Cedillo

INDICE DE CONTENIDO.

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	III
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRAC.....	X
1.- INTRODUCCION.....	1
2.- OBJETIVOS.....	3
2.1.- Objetivo específico.....	3
3.- HIPOTESIS.....	4
4.- REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1.- El ciclo del Carbono en la tierra.....	4
4.2.- Calentamiento global.....	6
4.3.- Cambio climático.....	7
4.4.- Reacciones del mundo ante el cambio climático.....	8
4.5.- Protocolo de kyoto.....	9
4.6.- Efecto invernadero.....	9
4.7.- Importancia de indagar sobre captura de Carbono.....	10
4.8.- Estimaciones del panel internacional.....	11
4.9.- Servicios ambientales.....	11
4.10.- Pago por servicios ambientales.....	12
4.11.- Uso potencial del mezquite.....	13
4.12.- Descripción del genero <i>Prosopis</i>	13
4.13.- Distribución de <i>Prosopis</i> y aspectos generales.....	15
4.14.- Biomasa.....	17
4.15.- Carbono.....	18
5.- MATERIALES Y METODOS.....	19
5.1.- Descripción del área de estudio.....	19

5.2.- Características del predio el calabozo.....	20
5.3.- PRINCIPALES ECOSISTEMAS.....	20
5.3.1.- Flora.....	20
5.3.2.- Fauna.....	21
5.3.3.- Hidrología.....	21
5.3.4.- Clima.....	22
5.4.- DESCRIPCION DEL MUESTREO.....	22
5.4.1.- Base de datos.....	23
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
7.- CONCLUSIONES.....	33
8.- LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS.

	Pág
Cuadro 1.- Usos y beneficios del mezquite.....	14
Cuadro 2.- Formato de campo para registro de datos de campo.....	23
Cuadro 3.- Titulo y autores para el empleo de ecuaciones alométricas.	24
Cuadro 4.- Contenido (%) de Carbono orgánico en mezquite, determinado en su forma directa en laboratorio.....	25
Cuadro 5.- Estimación de árboles por hectárea.....	29
Cuadro 6.- Promedio de cada sitio según la metodología aplicada según tres autores.....	30
Cuadro 7.- Concentrado de totales por hectárea de los tres autores.....	31
Cuadro 8.- Concentrado de las toneladas de cada sitio expresadas en toneladas.....	32

INDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1.- Ciclo de Carbono en la tierra.....	5
Figura 2.- Efecto invernadero en la tierra.....	6
Figura 3.- Distribución de varios géneros de <i>Prosopis</i> especificando las figuras marcadas con ■ como la especie de <i>Prosopis glandulosa</i>	16
Figura 4.- Localización del Estado de Nuevo León, Municipio de China y predio el Calabozo en la República Mexicana.....	19
Figura 5.- Localización del predio en el Estado de Nuevo León.....	19
Figura 6.- Mapa de la localización del predio el Calabozo.....	20

RESUMEN

El Mezquite (*Prosopis glandulosa*), es un árbol o arbusto que se localiza en agostaderos y pastizales del semi-desierto, y en los ecosistemas semidesérticos de México, en los cuales se tienen pocas alternativas de producción que pueden derivarse de las especies que se desarrollan de manera natural con baja disponibilidad de agua y desde tiempos remotos un recurso natural para los habitantes de las regiones desérticas quienes encuentran en esta planta múltiples beneficios; Uno de los principales problemas es que sus poblaciones han disminuido notablemente en los últimos años; Por lo que es necesario fomentar un aprovechamiento sustentable que lleve a generar beneficios económicos para los poseedores de este recurso a través de estos mecanismos ayudar a la mitigación del cambio climático ya que marca una serie de desequilibrio en la estabilidad y funcionamiento de las comunidades biológicas. Una de las alternativas para reducir la cantidad de emisiones de CO₂ a la atmosfera es la captura de Carbono y así mantener el Carbono secuestrado por varios años, incluso es factible que su concentración aumente en manera continua y es a través de esto la necesidad de indagar sobre este tema. Los servicios ambientales son un conjunto de condiciones y procesos naturales y dentro de este se señalan la biodiversidad el mantenimiento de germoplasma, la contribución del ciclo del Carbono y el pago por los servicios ambientales es de gran interés en México y el mundo. En lo referente a la biomasa que es el peso seco de la materia orgánica existente en un determinado ecosistema esta se expresa en toneladas por hectárea de peso verde o seco y también se expresa en Kg. por árbol. Para estimar biomasa aérea total o por componente a partir de diámetro de fuste. El Carbono es el fenómeno producido por la concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera por altas concentraciones de bióxido de Carbono (CO₂) y mitiga el cambio climático global,

PALABRAS CLAVE: Captura de Carbono, ecuaciones alométricas, mezquite.

ABSTRACT

The Mezquite (*Prosopis glandulosa*), is a tree or shrub that is found in rangelands and pastures of semi-desert and semi-desert ecosystems in Mexico. In which they have few alternatives that would be derived from the species that grow naturally with low water availability since ancient times and a natural resource for the people of the desert regions who find in this plant multiple benefits; One of the main problems is that their populations have declined dramatically in recent years; Therefore it is necessary to promote sustainable utilization leading to economic benefits for owners of this resource through these mechanisms help to mitigate climate change as it marks a series of imbalance in the stability and function of biological communities One of the alternatives to reduce the amount of CO₂ emissions to the atmosphere is carbon capture and thus keep the carbon sequestered for several years, it is even possible that the increase in concentration continuously and this is through the need to investigate about the topic. Environmental services are a set of conditions and natural processes and biodiversity within this point is maintaining germplasm, the contribution of the carbon cycle and the payment for environmental services is of great interest in Mexico and the world With regard to the biomass which is the dry weight of the organic material existing in a specific ecosystem that is expressed in tons per acre of fresh or dry weight and is expressed in kg per tree To estimate total aboveground biomass component or from stem diameter. Carbon is the phenomenon caused by the concentration of greenhouse gases in the atmosphere by high concentrations of carbon dioxide (CO₂) and a way to mitigate global climate change is to maintain and increase reserves carbon, so the this paper different allometric equations to estimate carbon sequestration were used.

KEYWORDS: carbon sequestration, allometric equations, mesquite.g

1. INTRODUCCIÓN.

El arbolado de mezquite que se localiza en agostaderos y pastizales del semi-desierto, tienen un valor adicional al uso pecuario, el cual está en función del servicio ambiental que ofrecen en Carbono capturado. Este valor agregado, como sumideros de Carbono, representa una opción potencial de ingresos económicos y una estrategia para mejorar los planes de manejo en forma sustentable y con objetivos claros dirigidos a la conservación y restauración de las poblaciones naturales de esta especie vegetal (Cantú, et. al., 2007)

En ecosistemas semidesérticos de México, existen alternativas de producción que pueden derivarse de las especies que se desarrollan de manera natural con baja disponibilidad de agua. El aprovechamiento de especies nativas como candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), orégano (*Lippia graveolens*), lechuguilla (*Agave lechequilla*) y mezquite (*Prosopis spp*) son algunas excepciones (Villanueva et al., 2004). De estas especies, el árbol de mezquite fue desde tiempos remotos, uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones desérticas, quienes encontraron en esta planta múltiples beneficios (CONAZA, 1994). En las poblaciones rurales la madera la utilizan como fuente energética en forma de leña y carbón, para elaboración de postes para cercos, construcción de muebles, parket, artesanías, casas habitación, hormas para zapatos, tablas y tablonés. De este árbol el ganado consume sus frutos y hojas, además de la producción de su flor con fines apícolas, aprovechamiento de la goma que exuda y sus propiedades medicinales (Solís, 1997). Sin embargo, en muchas áreas del país su densidad poblacional ha disminuido severamente, por lo que resulta necesario fomentar un aprovechamiento sustentable, que conlleve a generar beneficios económicos para los

poseedores de este recurso, sin el deterioro y desaparición de las poblaciones (Maldonado y De la Garza, 2000).

La eliminación de la cubierta vegetal trae consigo la pérdida o modificación de los bienes y servicios ambientales, alteración de los ciclos hidrológicos el calentamiento global, la pérdida del suelo, la pérdida de hábitat para la fauna y flora (Velázquez *et al.*, 2002),

El cambio climático se define como un cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (CMNUCC, 1992).

Un problema mundial al que nos enfrentamos en los años recientes es el cambio climático, ya que este marca una serie de desequilibrio en la estabilidad y funcionamiento de las comunidades biológicas y los distintos ecosistemas. Este fenómeno consiste en una modificación que ocurre con el clima con respecto a su historial en decenas de años anteriores a una escala mundial; entre estas modificaciones destaca la acumulación de gases de efecto invernadero como dióxido de Carbono (CO₂) y Metano (CH₄), que al acumularse en el aire atmosférico tienen un efecto de incremento en la temperatura, alta presión atmosférica, y cambios en la nubosidad y el régimen de lluvia históricos.

Los bosques del planeta tienen una gran capacidad para absorber y retener el CO₂; y es ampliamente reconocido que los ecosistemas forestales pueden ayudar a reducir los impactos del cambio climático con el secuestro de Carbono anual global estimado en 2 PgC (Richards y Stokes, 2003). Según los distintos ecosistemas forestales, estos almacenan Carbono al incrementarse el CO₂, y la cantidad secuestrado se distribuye según en los diferentes tipos de vegetación y zonas latitudinales (Spiecker *et al.*, 1996).

La cuantificación de biomasa de árboles es importante, porque permite determinar la cantidad de Carbono que se encuentra almacenado en los

tejidos de las plantas y componentes de la vegetación (Méndez *et al.*, 2012), incluso en hojarasca y necromasa (Rojo *et al.*, 2003). Del conocimiento de la dinámica del Carbono en los ecosistemas forestales y las modificaciones de sus flujos, depende la propuesta de estrategias dirigidas a la mitigación del cambio climático (Yerena *et al.*, 2012), la preocupación por dicho fenómeno ha impulsado a la realización de estudios de captura de Carbono en los últimos años (Návar y Rodríguez, 2004).

Una de las alternativas para reducir la cantidad de emisiones de CO₂ a la atmosfera es implementar el uso de biocombustibles, lo que posibilita la disminución en el uso de los combustibles fósiles. Otra opción es la captura de Carbono. Todos los vegetales utilizan el CO₂ atmosférico en la fotosíntesis, por lo tanto las áreas con cubierta vegetal son reservorios potenciales de Carbono, que si son bien manejados, pueden mantener el Carbono secuestrado por varios años, incluso es factible que su concentración crezca de manera continua (Carrillo *et al.*, 2008).

2. OBJETIVOS

Estimar la captura de Carbono en la biomasa aérea de las poblaciones de Mezquite *Prosopis glandulosa*.

2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Realizar muestreos en las poblaciones de Mezquite del rancho el Calabozo, determinando la densidad, diámetro y altura del arbolado.

Estimar la captura de carbono en *Prosopis glandulosa*, mediante la aplicación de modelos alométricos generados para otros estudios para condiciones similares.

3. HIPOTESIS.

H₀ =

La biomasa y el contenido de Carbono en los componentes de *Prosopis glandulosa*, es igual en la aplicación de diferentes métodos estadísticos.

H₁=

Existen diferencias en la aplicación de los diferentes métodos estadísticos aplicados para la evaluación de la captura de Carbono en *Prosopis glandulosa*.

4.- REVISION DE LITERARURA.

4.1. El ciclo del Carbono en la tierra.

El Carbono (C), al igual que el agua se encuentra en constante movimiento en la biosfera: atmosfera-vegetación-suelo-atmosfera. El ciclo del Carbono es particularmente importante, puesto que se encuentra presente en todas las células vivas. Dicho ciclo gira especialmente alrededor del dióxido de Carbono, porque aunque su porcentaje es muy bajo, los fluidos existentes entre comportamientos son importantes, además de que éste es el material predominante en la atmosfera entre las especies que contienen Carbono. El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por combustión de combustibles fósiles y las erupciones volcánicas (Raiswell et al., 1983 citado por Ludevid, 1997), El ciclo global del Carbono es considerado como uno de los ciclos biogeoquímicos más importantes, debido a su papel en la

regulación de la concentración en la atmósfera de CO_2 uno de los principales gases de efecto invernadero. Los océanos y los seres vivos que viven en ellos, desempeñan un papel central en el ciclo del Carbono y de otros nutrientes. Contienen más del 90% del carbón y de los nutrientes no sedimentarios de la Tierra y se cree que eliminan al menos la mitad de emisiones de dióxido de Carbono presentes en la atmósfera debidas a la actividad humana. En la vegetación, el C se almacena en la biomasa, por el proceso fotosintético (captura de CO_2 para formar carbohidratos), se trasfiere hacia el suelo, por procesos de incorporación y degradación de materia orgánica y hacia la atmósfera, por los procesos de respiración (oxidación de carbohidratos para liberar CO_2), y degradación también de la materia orgánica (Tipper, 1996). Por lo tanto, la fotosíntesis y la respiración son procesos importantes en el flujo de CO_2 en la biosfera.

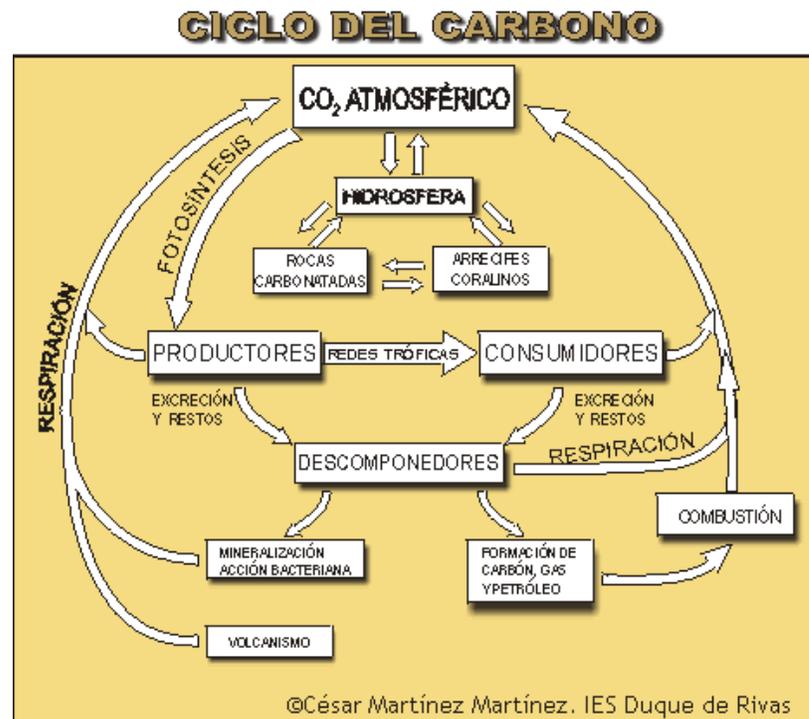


Figura: 1.- Ciclo del Carbono en la tierra

4.2 Calentamiento global.

El calentamiento global es producto del incremento en la concentración de diversos gases en la atmósfera, conocidos como de efecto invernadero, entre los que destacan: el bióxido de Carbono (CO_2), que es el responsable del 71.5% del efecto invernadero (Lashof y Ahuja, 1990; Houghton, 1997) y otros gases con concentraciones menores producen el mismo efecto, tales como el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3), el bióxido de azufre (SO_2), los clorofluorocarbonos (CFC) y el vapor de agua que fluctúa durante el año (Houghton y Woodwell, 1989; Dixon *et al.*, 1994; Masera, 1995a). El efecto invernadero ocurre por la incidencia de los gases en la atmósfera que permiten la mayor parte de la radiación solar penetrar hasta la superficie del planeta. Mientras que absorben y reemiten una fracción de la radiación infrarroja que el planeta emite de regreso al espacio exterior (Figura 2). Cuanto mayor es la concentración de los gases de efecto invernadero, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta libera al espacio exterior. De esta manera al aumentar la concentración de gases de efecto invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta (Anderson, 1987; GraBI *et al.*, 2001).

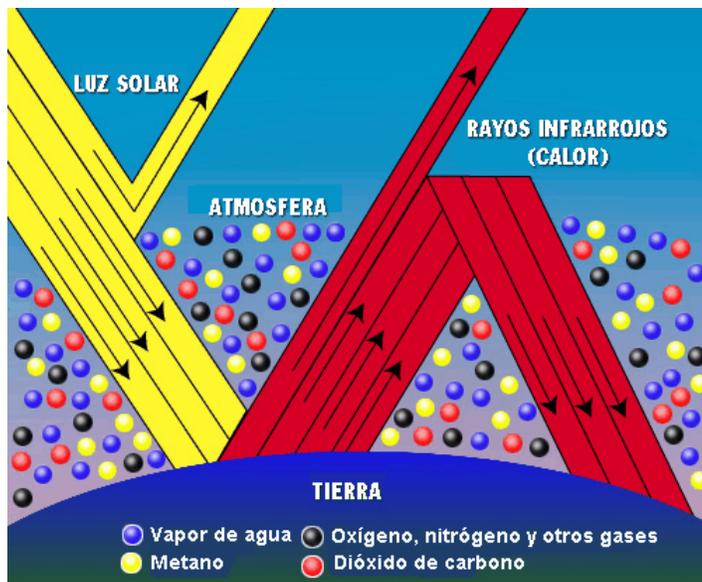


Figura 2.- Efecto invernadero que ocurre en la tierra.

Por la amenaza que el cambio climático global representa para la humanidad, se reunieron en Kyoto, Japón, en 1997, delegados de 38 países para analizar la situación.

En esa reunión los representantes de los países industrializados se comprometieron a reducir, para el periodo 2008 - 2012 por lo menos 5.2% el total de la emisiones de gases de efecto invernadero de sus respectivas naciones con respecto a los niveles de emisión de 1990 (Documento del Protocolo de Kyoto).

4.3. Cambio climático

Uno de los fenómenos atmosféricos de mayor importancia mundial es el cambio climático, derivado del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); dichos gases son el dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), pentafluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆); mismos que provocan el incremento de la temperatura global de la atmósfera (Zamora, 2003). El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero (FAO, 2005) producido por las actividades humanas (Schlegel, 2001; Houghton, 1997). Este fenómeno se considera hoy en día, como uno de los más grandes desafíos ambientales a nivel mundial (Alig, Adams y McCarl, 2002).

La evidencia científica sugiere que la creciente concentración de CO₂ en la atmósfera es la causa principal del cambio climático (Lee *et al.*, 2002); se estima que en los últimos 200 años el aumento del CO₂ en la atmósfera se ha incrementado de 280 a 350 ppm, con una tasa promedio un poco superior a 1 ppm al año (Saarnio *et al.*, 1998; Acosta *et al.*, 2002; Jaramillo, 2004; FAO, 2005).

La producción neta de CO₂ de la atmósfera, calculada como la diferencia entre los procesos de absorción (fotosíntesis) y las pérdidas (respiración), se estima aproximadamente en 2 Gt CO₂ / año (Bauer *et al.*, 2005).

4.4. Reacciones del mundo ante el cambio climático.

Fue a principios de los años setenta, que el tema del cambio climático cobro importancia, al hacerse evidente que las concentraciones de CO₂ estaban aumentando a pasos constantes y que la temperatura de la baja atmosfera también. Como consecuencia se llevó a cabo la primera Conferencia del Clima Mundial, con el objetivo de revisar los conocimientos existentes sobre el cambio y la variabilidad climática debido a las causas naturales y antropogenicas, y para evaluar las posibles modificaciones futuras y sus implicaciones en las actividades humanas (Avalos, 2004).

De esta manera en la década de los 80 se estableció el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en ingles), cuya función es evaluar la información científica disponible, valorar los impactos ambientales y socioeconómicos del cambio climático, y formular estrategias de respuesta (Cuatecontzi y Gasca, 2004).

Asimismo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se planteó por objetivo lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera en un nivel tal, que no se generen interferencias antropogenicas peligrosas en el sistema climático. Por lo que se acordó que se controlarían las emisiones de seis GEI: dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PECs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Cuatecontzi y Gasca, 2004).

4.5. Protocolo de Kyoto.

Por su parte el Protocolo de Kyoto adoptado en 1997, estableció la obligación legal de los países desarrollados y países con economías en transición a economías de mercado para reducir en un 5.2% las emisiones de los GEI comparado con los niveles de 1990 (Aquiles *et al.*, 2004). Mediante este compromiso surge el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), instrumento por el cual los países desarrollados patrocinan proyectos cuyo objetivo sea disminuir las emisiones de GEI en los países en desarrollo que firmaron el Protocolo y así obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), los cuales son aplicables para cumplir con sus propias metas de disminución o colocarlos en el mercado internacional del Carbono (Carrillo *et al.*, 2008).

4.6. Efecto invernadero.

En los últimos 10,000 años, la civilización se ha desarrollado en un periodo de relativa estabilidad climatológica. Durante este periodo, la concentración de CO₂ en la atmósfera se ha mantenido relativamente constante, es decir, en aproximadamente 280 partes por millón. El CO₂ y algunas otras moléculas, tales como el vapor de agua, actúan como gases del efecto invernadero, absorbiendo una porción de los rayos infra rojos provenientes del sol, manteniendo la superficie de la tierra lo suficientemente caliente. Mientras que las predicciones actuales acerca del incremento en la atmósfera de los gases que producen el efecto invernadero son ciertas, se necesita un mayor entendimiento de la interrelación de variables que determinan los procesos climáticos. El Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), recientemente predijo un aumento en la temperatura global que se ubica entre los 2 y 6 °C para fines del siglo XXI. Asimismo, hay una creciente preocupación por el eminente trastorno que sufriría el ecosistema global y los efectos de un aumento del nivel del mar, que pueden ocurrir en un mundo con mayor temperatura.

Toda la vegetación asimila CO₂ atmosférico, por medio del proceso fotosintético, al formar carbohidratos y ganar volumen. Los árboles en particular, asimilan y almacenan grandes cantidades de Carbono durante toda su vida. Los bosques del mundo capturan y conservan más Carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% de flujo anual de Carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra. Por ello, la forestería puede ayudar a compensar las crecientes emisiones de CO₂ en dos formas

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja, hoy en día se define como un estado cambiante de la atmosfera, con interacciones entre el mar y el continente, a diversas escalas de tiempo y espacio. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmosfera y/o el océano, o por forzamientos externos, como algún cambio en la intensidad de la radiación solar o incluso cambios en las características del planeta (concentración de gases de efecto invernadero, cambios en el uso del suelo, etc.) resultado de la actividad humana (Magaña, 2004).

4.7. Importancia de indagar sobre captura de Carbono.

Además, es importante indagar sobre la captura de Carbono en los diferentes ecosistemas incluyendo, las zonas áridas, donde los estudios de biomasa y Carbono son escasos, incluso realizar estudios locales de biomasa, debido a las grandes variaciones en las formas de crecimiento de los árboles y las condiciones ambientales (Salas e Infante, 2006). Este tipo de trabajos puede constituir una opción para comprender las dinámicas de captura de Carbono que tienen los ecosistemas (Yerena *et al.*, 2012).

4.8. Estimaciones del panel internacional.

El incremento de las concentraciones del CO₂ en la atmósfera, está ampliamente relacionado con la actividad antropogénica, principalmente por la utilización de los combustibles fósiles (Castro y Cordero, 2001; Lee *et al.*, 2002; IPCC, 2005); seguido por el incremento de la tasa de deforestación a nivel mundial (Castro y Cordero, 2001), provocado por las prácticas insustentables en el aprovechamiento de los recursos naturales (Haripriya, 2002); dado que en los últimos 150 años, la forma de utilizar estos recursos ha contribuido en forma muy significativa al aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera de la tierra (Schlegel, 2001). En México se estima que en 1996 se emitieron 157 mil Gg de CO₂ a la atmósfera por actividades relacionadas con el cambio de uso de suelo (SEMARNAT, 2001); esta problemática es más evidente en los trópicos (Torres-Rojo y Flores-Xolocotzi, 2001).

Como el incremento de las temperaturas globales coincide con el incremento en las concentraciones del CO₂ atmosférico, el interés de la comunidad científica en

el ciclo global del Carbono, continúa creciendo (Jannssens *et al.*, 2002); sobre este contexto, se realizan esfuerzos para encontrar formas de mitigar los efectos del incremento de los GEI (Lee *et al.*, 2002; Seely *et al.*, 2002).

México en la última década ha mantenido una política de desarrollo nacional que consiste en una decidida acción para mitigar la emisión de GEI; ha promovido diversas medidas para contribuir no sólo a mejorar la eficiencia de su economía, sino también a impulsar un desarrollo sustentable (SEMARNAT, 2001).

4.9 Servicios ambientales

Los servicios ambientales son un conjunto de condiciones y procesos naturales que brindan las áreas boscosas. Dentro de este conglomerado

de servicios ambientales se pueden señalar la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma con uso potencial para el beneficio humano, el mantenimiento de los valores estéticos y de la estabilidad climática, la contribución al ciclo del carbono, protección de recursos hídricos la conservación de suelos, entre otros (Espinoza *et al.*, 1999; Torres y Guevara, 2002).

Los servicios ambientales son aquellos que brindan los ecosistemas forestales de forma natural o por medio de un manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: La provisión del agua y cantidad, la captura de Carbono, la generación de oxígeno, el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales la modulación o regulación climática, la protección de la biodiversidad de ecosistemas la protección y recuperación de suelo y su contribución a la belleza escénica (SEMARNAT, 2003).

4.10. Pago por servicios ambientales.

La valoración económica de los servicios ambientales es de gran interés en México y el mundo. La preocupación sobre como internalizar el capital que condiciona las actividades productivas y el bienestar de la sociedad es un tema central en la búsqueda de un desarrollo sustentable. En México, la ruta de acción que se está transitando hoy en día es la valoración, pago de los servicios ecológicos y la generación de políticas públicas conducentes a su preservación y restauración (Pérez *et al.*, 2006).

La valoración y el pago de los servicios ambientales, deben formar parte de una legislación, normativa e institucionalidad correspondiente de los países, de tal forma que dichos servicios se promuevan, fomenten y financien en un esfuerzo conjunto del sector público, privado y la sociedad civil (Espinoza *et al* 1999).

4.11. Uso potencial del mezquite.

Clasificación taxonómica del mezquite.

De acuerdo con Burkart (1976), la posición taxonómica del mezquite es la siguiente:

Reino: Plantae

Filum: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: *Prosopis*

Especie: *glandulosa*.

4.12. Descripción del genero *Prosopis*

El género *Prosopis* se encuentra en una gran variedad de suelos y climas, y comprende 44 especies ampliamente distribuidas en las regiones áridas y semiáridas de Asia, África y América, de las cuales, 40 son nativas de América (Meza *et al.* 2003).

El mezquite (*Prosopis spp*) es nativo de zonas áridas y semiáridas (López *et al.*, 2006), se distribuye en los estados del norte, centro y sur de México (CONAZA-INEA, 1994) Las especies de mezquite han constituido un recurso trascendental para el hombre obteniendo de el: leña, goma, madera, alimentos, forraje y medicina, (Foroughbakch *et al.*, 2012).

El mezquite es un excelente fijador del suelo y por lo tanto, controlador de la erosión; es fijador de nitrógeno, lo cual mejora la fertilidad del suelo; proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre, actúa como indicador de profundidad del manto freático (Cervantes, 2002). Además, su dosel es un refugio para la fauna de vertebrados y es reconocido como parte importante en la dinámica de la vegetación en esas zonas a través del

proceso de nodricismo (Vandermeer, 1980 y Carrillo *et al.*, 1999). El mezquite es un recurso de gran importancia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país, ya que todas las partes de la planta son utilizables, en el cuadro 1, se describen los usos más comunes.

Cuadro 1.- Usos y beneficios del mezquite.

Usos	Descripción
Maderable	Su madera dura y resistente es empleada en la elaboración de parket, duela, mangos de herramientas y en la construcción
Combustible	Las ramas son el combustible casi único en las zonas semiáridas y la elaboración de carbón constituye un ingreso complementario.
Forraje	El fruto en forma de harina tiene gran demanda para ganado bovino, caprino y caprino. La recolección es manual de julio a septiembre.
Gomas	Son exudados liberados cuando el árbol es herido en su corteza o en sus ramas. Puede ser usada en medicina y como colorante, tiene gran potencial para ser utilizada como sustituto de las gomas importadas.
Consumo	La harina del fruto se utiliza en la elaboración de pan y la miel generada por las abejas que chupan el néctar de la flor.
Otros usos	Se puede obtener alcohol etílico
Uso medicinal.	La infusión de algunas partes de la planta se usa para combatir la disentería; el cocimiento de hojas (bálsamo de mezquite) se emplea para combatir algunas infecciones de los ojos (INE, 2007.)

Modificado de Cervantes, 2002.

Otros usos:

Apicultura. Néctar valioso para la producción de miel de alta calidad. Las flores de la variedad glandulosa producen una miel excelente.

Curtiente. La corteza y el corazón del tronco contienen de 6 a 7 % de tanino. Se aprovecha para curtir pieles.

Estimulante (Fruto, semilla). Se elabora una bebida embriagante. Por fermentación de la harina y agua se obtiene una especie de cerveza.

Descripción de la especie. El mezquite es un árbol espinoso que alcanza 12 m de altura y cuyo desarrollo depende de las condiciones del suelo. Es nativo de las zonas áridas y semiáridas del mundo es adaptable a condiciones de extrema aridez y altura sobre el nivel del mar (López et.-2006; CONAZA-INE. 1994). Existen 10 especies de mezquite que se distribuyen en diferentes estados al norte, centro y sur de México (CONAZA-INE, 1994).

4.13. Distribución de *Prosopis* y aspectos ecológicos

El complejo norteamericano, cuenta con nueve especies, una con dos variedades, todas ellas presentes en el país. Su distribución comprende casi todo el territorio mexicano, con excepción de las zonas montañosas y las partes bajas del sureste del país; es particularmente en zonas áridas y semiáridas aunque su amplio rango ecológico le permite ser localizado en zonas con temperaturas medias que van de 20 a 29°C, con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1, 200 mm anuales.

Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,200 m de altitud; crece preferentemente en llanuras y bajíos, sobre suelos profundos (Rzedowski, 1988).

Los estados de la República que destacan por la producción forestal de mezquite son: Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León (Dávila, 1983, citado por Cervantes 2002).

De menor importancia son los estados de: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Oaxaca, Querétaro y Sinaloa (Dávila, 1983, citado por Cervantes 2002)



Figura 3: Distribución de varios géneros de *Prosopis* especificando las figuras marcadas con ■ como la especie de *Prosopis glandulosa*.

Historia de la aplicación de modelos Matemáticos.

En México los modelos para estimar volumen, datan desde los años setenta, para ello se han empleado coeficientes mórficos en la elaboración de tablas de volumen en la especie de cedro rojo (Caballero, 1970), en 1976 Caballero y Frola (1976), definen los procedimientos básicos para estimación del volumen de árboles y masas forestales.

En las últimas décadas se han desarrollado ecuaciones matemáticas que han sido utilizadas ampliamente en especies forestales para estimar el volumen comercial a partir de variables dasométricas de fácil medición (Acosta *et al.*, 202) los estimadores de los parámetros son variables para cada diámetro altura del tallo, por lo que es necesario ajustar funciones de regresión que nos permitan obtener valores precisos para la especie de interés.

Por lo anterior el propósito de este trabajo fue analizar una serie de modelos para el cálculo y evaluación del volumen comercial, biomasa aérea y Carbono almacenado en una población natural del género *Prosopis*.

4.14. Biomasa.

De acuerdo con Brown (1997), la biomasa forestal es el peso seco de la materia orgánica existente en un determinado ecosistema o por debajo del suelo; éste se expresa en toneladas por hectáreas de peso verde o seco, y también se expresa en kilogramos por árbol.

Las necesidades de estimar de manera racional e integral la biomasa forestal aprovechable se ha convertido en un elemento importante en los estudios de cambio climático que ocurren a escala mundial debido al efecto atenuador (sumidero) que los bosques pueden tener en el secuestro de excedentes de los gases de origen el efecto invernadero, especialmente el CO₂ (Martinez Sanchez, 2000).

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere de un análisis destructivo directo, las técnicas para estimar la biomasa han sido ampliamente explicadas por varios autores (Gaillard, 2002, Castellanos et al. 1996; sanquetta *et al.*, 2001 Acosta et al. 2002 y Castañeda 2005).

Para estimar biomasa aérea total o por componente a partir de diámetro de fuste medido a la altura del pecho (DAP. 1.30). Existen diversos estudios realizados con base a relaciones alométricas que han sido utilizadas ampliamente en especies forestales de clima templado (Castellanos *et al.*, 1996), Sin embargo, las relaciones varían dependiendo de la calidad del sitio y de las especies involucradas, por lo que es necesario tener estimaciones regionales o locales que permitan obtener valores precisos para las especies de interés (Acosta et al., 2002).

4.15. Carbono

El fenómeno producido por la concentración de Gases de efecto invernadero (GEIs) en la atmosfera por las altas concentraciones de bióxido de Carbono (CO₂) que de no existir esos gases la mayoría d la radiación producto del cambio de la longitud de onda de las radiaciones solares de alta energía, al chocar con la tierra, cerca de un 30%, abandonaría la atmosfera sin causar calentamiento pero las moléculas de esos gases las retienen y producen lo que se conoce como efecto invernadero (IPCC, 2001).

Una forma de mitigar el cambio climático global es mantener y aumentar los reservorios de Carbono en los ecosistemas forestales. A este respecto diversos estudios indican, México presenta un gran potencial en contenido y captura de Carbono (Mesera *et al.*, 2001), A partir de la década del dos mil, se han realizado estudios encaminados a desarrollar ecuaciones relacionadas con la biomasa de los árboles a sus componentes de raíces, hojas, ramas y fustes, tomando en cuenta sus características dasométricas (Navar y González 2001).

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1. Descripción del área de estudio.

El área de estudio se encuentra localizada en municipio de China, N.L., tiene una superficie de 3,940.6 kilómetros cuadrados.

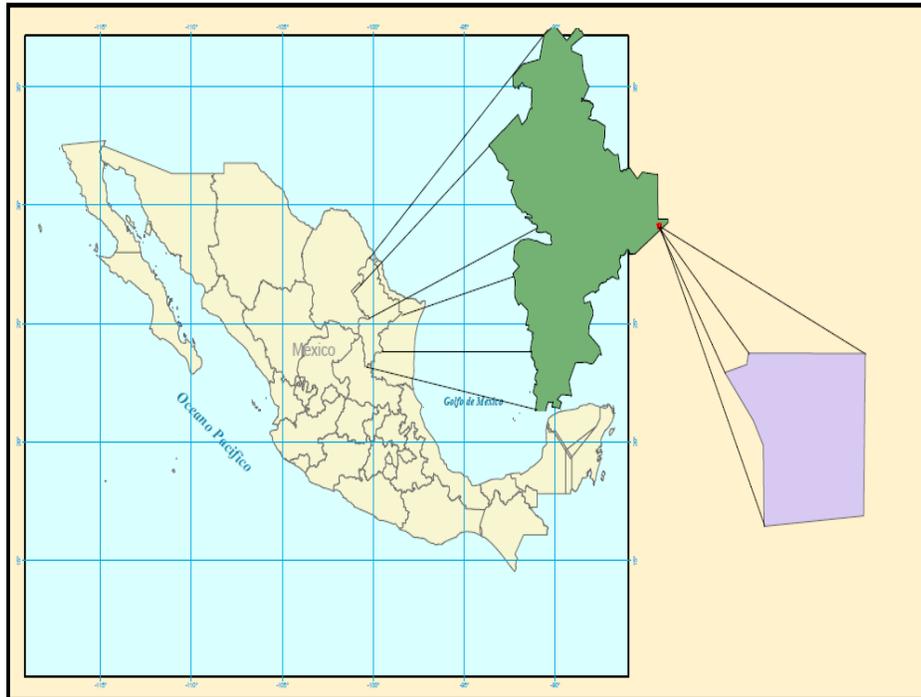


Figura 4.- Localización del Estado de Nuevo León, municipio de China y predio el Calabozo en la República Mexicana.



Figura 5.- Localización del Predio el Calabozo en el estado de Nuevo León

5.2. Características del predio el Calabozo.

El Predio el Calabozo se localiza en el municipio de China, en la porción noreste del Estado de Nuevo León, en las coordenadas geográficas 25° 24' 15" de latitud norte y 98° 33' 27" longitud oeste, a una altura de 130 metros sobre el nivel del mar, ocupa una superficie de 2,342 ha.

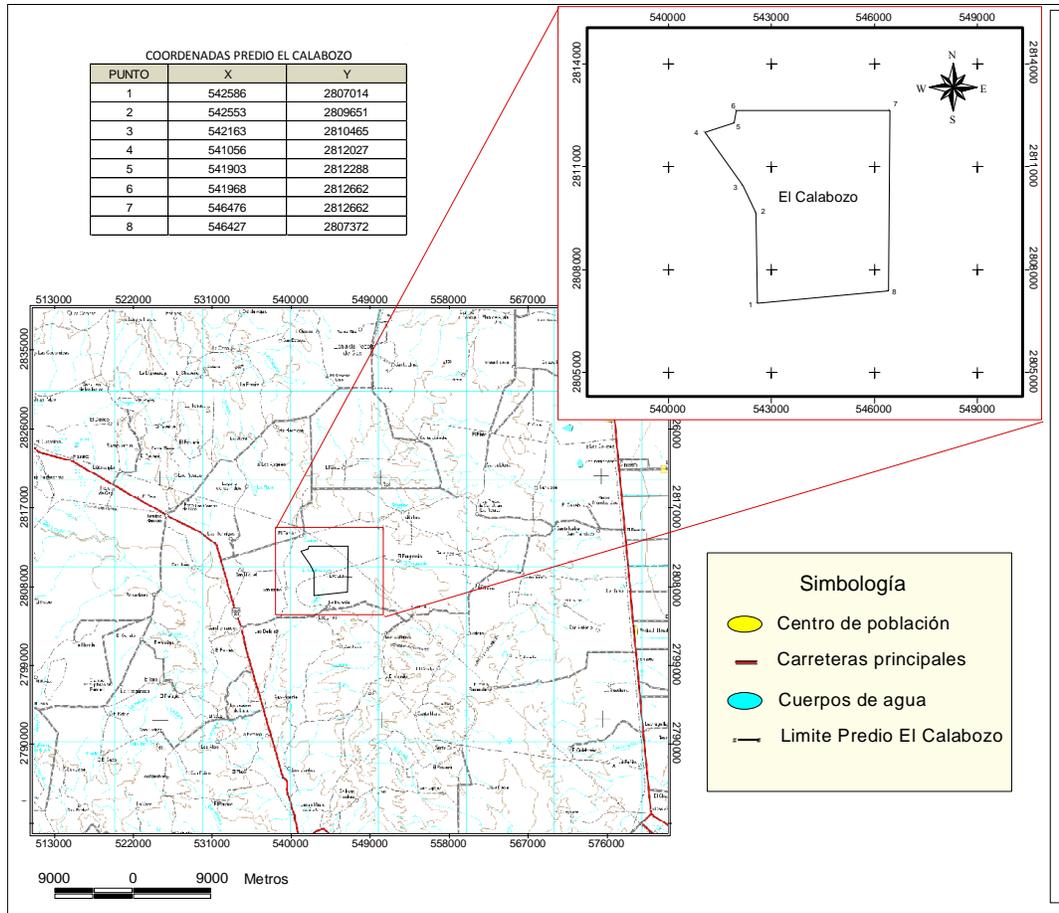


Figura 6.- Mapa de la localización del predio el Calabozo.

5.3 Principales ecosistemas.

5.3.1. Flora.

La vegetación está clasificada como mezquital, matorral espinoso tamaulipeco; en el centro y norte como selva mediana subcaducifolia y

áreas mínimas de pastizales cultivados. (Según la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional).

Las especies de vegetación más comunes son: mezquite (*Prosopis glandulosa*), ébano (*Pithecellobium flexicule*), chaparro prieto (*Acacia amentacea*), anacagüita (*Cordia boissieri*), granjeno (*Celtis pallida*), guayacán (*Porlieria angustifolia*), barreta (*Helietta parvifolia*), coyotillo (*Karwinskia humboldtiana*), amargoso (*Ccastela texana*), retama (*Cercidium macroum*), cenizo (*Leoucophyllum frutescens*), nopal (*Opuntia sp*), brasil (*Condalia viridis*), huizache (*Acacia farnesiana*), tasajillo (*Opintia leptocaulis*), junco (*Koebenlinia spinosa*), palma (*Yucca sp*), colima (*Zanthoxylum fagara*), salvia (*Croton torreyanus*), uña de gato (*Mimosa sp*), coma (*Bumelia spiniflora*)

5.3.2. Fauna

El área presenta elementos de fauna típicos de zonas áridas y semiáridas, entre los que destacan las siguientes especies Cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*) Correcaminos (*Geococcyx californianus*) Coyote (*Canis latrans*) Gato montés (*Lynx rufus*) Venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) Jabali (*Tayassu tajacu*) Liebre (*Lepus californicus*) Conejo (*Sylvilagus audubonii*) tlacuache (*Didelphis virginianus*).

5.3.3. Hidrología.

Dos ríos abastecen de agua al municipio: el río San Juan, que atraviesa la cabecera municipal y el río conchos, al sur, que sirve de límite natural con el estado de Tamaulipas. Asimismo, el río San Fernando o San Lorenzo entra al municipio por el sureste y lo cruza hacia el norte y suroeste. Se encuentra ubicada en el municipio la Región Hidrológica 25 de la cuenca de San Fernando. Los escurrimientos promedio son de 50-100 mm anuales.

Hidrológicamente el predio se ubica dentro de la Región Hidrológica denominada San Fernando - Soto la Marina (RH25), dentro de la cuenca RH25Dc Río San Lorenzo la cual tiene una extensión de 3,980 Km², su drenaje natural ocurre de Noroeste a Sureste, siendo como río principal el Río Lorenzo. Los principales tipos de suelos que se encuentran esta cuenca son: Cambisol, Regosol, Leptosol.

5.3.4. Clima

En China, N.L. La evaporación excede a la precipitación por lo que se clasifica como clima seco. Con una temperatura media anual de 22-24° C. Hacia el sur y sureste es semicálido y subhúmedo con lluvias escasas todo el año; al norte y oriente el clima es semiseco muy cálido con lluvias escasas todo el año; en ambos casos el porcentaje de precipitación invernal es mayor de 18.

Tiene una pluviosidad media de 600-700 mm anuales en el sur y centro; mientras que en el oriente extremo y norte es de 500-600 mm. Las granizadas se presentan de 0 - 2 días al año; así como las heladas que se presentan de 0 - 20 días al año. (Según Köppen modificado por García). Los vientos predominantes son del sureste la mayor parte del año con vientos del norte en invierno.

5.4. Descripción del muestreo.

Se establecieron diecisiete sitios de muestreo, de 500 m² cada uno con un radio de 12.5 metros, en los cuales se tomaron medidas dasométricas de cada árbol que estaba dentro de los límites de cada sitio. Las variables que se tomaron, fueron: diámetro a 20 cm del suelo, diámetro a 1.30, alturas, y cobertura de copa; Los diámetros de cada árbol fueron medidos con cinta diamétrica y las alturas con pistola haga, dicha información se registró en

hoja de campo de la siguiente manera, obteniendo un total de árboles medidos de : 99 árboles.

5.4.1.Base de datos

Con la obtención de información de campo de cada árbol y para cada sitio de estudio se generó una base de datos la cual permitió realizar los análisis correspondientes y con estos poder estimar los diferentes cálculos. Para la población de *Prosopis glandulosa* en el predio el Calabozo.

La información se capturo en el siguiente orden: No de sitio, No de árbol, Diámetro a 20 cm del suelo, diámetro a 1.30 del suelo, alturas, cobertura de copa. Para posteriormente añadir las columnas que corresponden a la biomasa, carbono contenido y volumen.

Cuadro 2: Formato de campo para el registro de datos de campo.

No de sitio	No. de árbol	Diámetro a 20 cm	Diámetro a 1.30	Altura (h)	Cobertura de copa

En el presente trabajo y para analizar la biomasa total y contenido de carbono se tomaron en cuenta tres autores que anteriormente realizaron estudios sobre carbono los cuales son:

Cuadro 3: Título y autores para el empleo de ecuaciones alométricas.

Titulo	Autor
Método Práctico Para estimación de Biomasa y Carbono Acumulado en Poblaciones Naturales De Mezquite (<i>Prosopis Glandulosa</i>) en el Noreste De México.	Manzano; Mario G.*; Cantún Vega, Jorge** Silvia Cavazos, Fco. Javier**; Martínez Medina, Juan**
Ecuaciones Alométricas para cuantificar Biomasa Aérea en siete poblaciones de <i>Prosopis</i> Spp. En el Norte-Centro de Mexico	Turlan Medina Osvaldo Augusto.
Dinámica de la captura de carbono derivado de los impactos antropogénicos en ecosistemas del noreste de Mexico.	Yerena Yamallel José Israel

En el trabajo de:

Método Práctico Para estimación de Biomasa y Carbono Acumulado en Poblaciones Naturales De Mezquite (*Prosopis Glandulosa*) en el Noreste De México, en el cual propone la siguiente metodología. Con el análisis de la información se obtuvo una ecuación de regresión, utilizando como variable dependiente a la biomasa y como independiente al diámetro basal del tallo principal, con estimadores estadísticos con altos coeficientes de correlación y de Determinación (Manzano, 2007). La ecuación permitió construir una tabla para determinar biomasa total y carbono acumulado en árboles de mezquite. La ecuación ($Y = -1.54 + 0.668X$) se puede aplicar en los mezquites distribuidos en la región geográfica muestreada, con alta confiabilidad ($r = 0.94$ y $r^2 = 0.88$). Así mismo determinación de carbono orgánico contenido en la biomasa de árboles de mezquite. El análisis realizado en 80 muestras de madera obtenida en diferentes estratos del árbol, incluyendo ramillas de la parte superior, indican un contenido de

48.86% de carbono orgánico por árbol de mezquite, el cual no muestra variación significativa en cada estrato.

Cuadro 4: Contenido (%) de carbono orgánico en mezquite, determinado en forma directa en laboratorio.

Estrato del árbol	Carbono (%)
1.- De la base del tronco a la altura del pecho	48.60
2.- De altura del pecho a ramas primarias	49.14
3.- Ramas secundarias	49.52
4.- Puntas de ramas y hojas	48.19
Promedio	48.86

En el estudio de:

Ecuaciones alométricas para cuantificar biomasa aérea en siete poblaciones de *Prosopis Spp.* En el norte centro de México.

Se eligió el modelo alométrico de potencia en su forma no lineal por ser un modelo ampliamente utilizado para cuantificar biomasa (Smith y Brand, 1983, Brown et al., Tausch 1989 Zianis y Mencuccini, 2004)

$$\text{Ecuación } BT = B_0 Db^{B1}$$

Dónde: Bt= Biomasa total aérea (kg)

B₀= Parámetro a estimar

B₁= Parámetro a estimar

Db= Diámetro basal

En este caso para la estimación del contenido de Carbono se tomó en cuenta el propuesto por CONAFOR catálogo de contenido de Carbono en especies forestales de tipo arbóreo del Noreste de México, donde se propone 45.47 %.

Los valores para B_0 y B_1 fueron 0.207 y 2.17 estando dentro del rango reportado por Zianis y Mencuccini(2004).

El contenido de Carbono se obtuvo de la relación de la biomasa aérea por la concentración de Carbono de las especies arbóreas y arbustivas.

$$\text{Contenido de Carbono} = B * CC$$

Donde

B = biomasa aérea (peso seco de los árboles y/o arbustos, kg)

CC = concentración de Carbono (%).

En la investigación de:

Dinámica de la captura de Carbono derivada de los impactos antropogénicos en ecosistemas del noreste de México.

Para la determinación de la biomasa aérea de las especies arbóreas y arbustivas se utilizó una ecuación alométrica local tomada de Návar *et al.* (2004).

$$BT = (0.026884 + 0.001191D^2H + 0.044529D - 0.01516H) + (1.025041 + 0.023663D^2H - 0.17071H - 0.09615 \ln H) + (- 0.43154 + 0.011037D^2H + 0.113602D + 0.307809 \ln D)$$

Dónde:

BT= biomasa total aérea (kg)

D= diámetro basal (cm)

H= altura total (m).

In D: Logaritmo natural de diámetro.

In H: Logaritmo natural de altura.

La concentración de carbono fue tomada de Yarena *et al.* (2011) que recomiendan 45.4 % para la biomasa aérea de las especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco

El potencial de captura de carbono se estimó mediante la relación del contenido de Carbono almacenado por hectárea del sistema entre el tiempo de abandono ,para la conversión ha contenido de CO₂ (dióxido de Carbono equivalente) se multiplico el contenido de Carbono por 44/12 (es una relación del peso atómico de CO₂ entre el peso atómico de carbono) (IPCC, 2006).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El arbolado de mezquite de: El rancho, El Calabozo, se realizaron 17 sitios de 500 m² cada uno con un radio de 12.5 metros en los cuales se tomaron mediciones de 99 árboles en total, el estudio de Manzano realizado en la noreste de México; utiliza 4 sitios de 20 x 20 metros en el cual se registran 54 árboles,

Mientras que Turlan, utiliza 7 sitios obtenidos en cuatro estados de la República Mexicana Norte y Centro de México,

Y para el caso de Yerena realiza el estudio en Linares Nuevo León, seleccionando 121 árboles en 4 sitios cuadrangulares de 1,600 m² (40 x40m).

En el presente estudio y de acuerdo a los sitios muestreados se obtuvieron los siguientes resultados:

En el cuadro 5.- Estimación de árboles por hectárea y promedios de diámetro y altura, los cuales en el sitio cuatro se encontró el mayor número de árboles (18), promedio que se obtuvo al medir el diámetro a 20 cm del suelo en el sitio (26), en el diámetro a 1.30m en el sitio (11), mientras que la mayor altura se registró en el sitio 5 con (2.84) m.

Cuadro 5.- Estimación de árboles por hectárea y promedios de diámetro y altura.

No. De sitio	Ind/ha	Promedio DM a 20 cm	Promedio DM a 1.30	Promedio Altura	
1	140	19	22	2.03	
2	120	10	15	1.71	
3	140	11	14	1.81	
4	180	12	16	1.80	
5	160	16	22	2.58	
6	120	15	18	2.40	
7	140	20	24	2.33	
8	120	16	20	2.09	
9	80	17	19	1.88	
10	100	23	27	2.24	
11	100	26	28	2.72	
12	120	19	24	2.07	
13	80	22	20	2.20	
14	120	20	24	2.18	
15	80	6	10.75	1.67	
16	100	6.2	14	1.90	
17	80	7	14.5	1.85	
Promedio	9	116.47	15.6	19.54	7.00

En el siguiente cuadro se muestran los promedios de cada sitio en la biomasa calculada y el carbono calculado y contenido.

En la metodología de Manzano (2009) se puede apreciar que se presenta un mayor incremento en comparación con los otros dos autores (Turlan y Yerena), y como se aprecia en la metodología de Yerena se obtienen valores muy bajos.

Cuadro 6.- Promedios de cada sitio de acuerdo a la metodología aplicada según tres autores.

	1.- Manzano (48.85%)		2.- Turlan (45.47%)		3.-Yerena (45.4%)		
No de Sitio	BT (KG)	Kg C/ha	BT (KG)	Kg C/ha	BT (BT)	Kg C/ha	
1	847.15	413.92	833.74	379.10	473.66	215.04	
2	177.57	86.76	201.01	91.40	118.67	53.88	
3	287.45	140.45	299.75	136.30	174.93	79.42	
4	487.66	238.27	486.52	221.22	279.85	127.05	
5	780.81	381.5	773.92	351.90	479.02	217.47	
6	523.37	255.72	507.09	230.57	317.84	144.30	
7	1254.98	613.18	1227.74	558.25	682.79	309.99	
8	533.54	260.69	529.04	240.56	297.82	135.21	
9	404.75	197.76	393.14	178.76	219.29	99.56	
10	1007.34	492.18	968.33	440.30	538.70	244.57	
11	424.31	451.62	903.61	410.87	500.54	227.24	
12	783.91	383.02	756.33	343.90	427.99	194.31	
13	715.48	349.58	687.17	312.46	385.42	174.98	
14	931.18	454.98	901.44	409.88	509.28	231.21	
15	26.04	12.72	47.97	21.81	33.49	15.20	
16	36.97	18.06	62.33	28.34	45.05	20.45	
17	42.83	20.93	63.74	28.99	43.64	19.81	
Promedio	9	545.02	280.67	567.23	257.92	325.17	147.63

El diámetro basal en el arbolado de mezquite varía de acuerdo a cada autor y región donde se realizó la investigación para el caso rancho El Calabozo tenemos lo siguiente: diámetro tomado a 20 cm del suelo el mayor diámetro encontrado fue de 26 (DB), mientras que el menor 7 (DB), y tomando en cuenta el diámetro tomado a 1.30 (DAP), encontramos que el diámetro mayor es de 28 (DB) y el menor de 14 (DB). comparado con lo encontrado con manzano que cuenta con diámetros de: 50 (DB) como máximo y 8 (DB) como mínimo, : Para el caso de Turlan: se localizan diámetros de 35 (DB) y 5 (DB) respectivamente.

En los sitios muestreados en el rancho el Calabozo la altura promedio es de 2.58 m y la mínima registrada es de 1.71m, por lo cual podemos considerar que no son arboles grandes ya que por la ubicación geográfica y diversos factores climáticos como lo son: la evaporación que excede a la precipitación por lo que se clasifica como clima seco. Con una temperatura media anual de 22-24° C. Hacia el sur y sureste es semicálido y subhúmedo con lluvias escasas todo el año; al norte y oriente el clima es semiseco muy cálido con lluvias escasas todo el año; en ambos casos el porcentaje de precipitación invernal es mayor de 18.

En el siguiente cuadro muestra la estimación en kilogramos por hectarea hectáreas según la aplicación de la fórmula propuesta por cada autor y se presenta por sitio.

Cuadro 7: Concentrado de los totales por hectárea de los tres autores.

No de Sitio	Manzano		Turlan		Yerena		
	Biomasa total por hectarea	Ton C ha	biomasa Total por hectarea	Ton C ha	Biomasa total por hectarea	Ton C ha	
1	16,942.95	8,278.32	16,674.82	7,582.04	9,473.12	4,300.80	
2	3,551.45	1,735.24	4,020.20	1,827.98	2,373.43	1,077.54	
3	5,749.01	2,808.97	5,995.10	2,725.97	3,498.59	1,588.36	
4	9,753.29	4,765.46	9,730.42	4,424.42	5,596.99	2,541.03	
5	15,616.23	7,630.09	15,478.49	7,038.07	9,580.34	4,349.48	
6	10,467.43	5,114.39	10,141.78	4,611.47	6,356.79	2,885.98	
7	25,099.52	12,263.63	24,554.75	11,165.05	13,655.75	6,199.71	
8	10,670.80	5,213.75	10,580.88	4,811.13	5,956.46	2,704.23	
9	8,095.02	3,955.22	7,862.88	3,575.25	4,385.90	1,991.20	
10	20,146.74	9,843.70	19,366.65	8,806.02	10,773.92	4,891.36	
11	8,486.20	4,146.36	18,072.25	8,217.45	10,010.75	4,544.88	
12	15,678.14	7,660.34	15,126.64	6,878.08	8,559.72	3,886.11	
13	14,309.59	6,991.67	13,743.37	6,249.11	7,708.40	3,499.61	
14	18,623.63	9,099.50	18,028.79	8,197.69	10,185.55	4,624.24	
15	520.74	254.43	959.43	436.25	1,141.21	518.11	
16	739.40	361.27	1,246.68	566.87	1,519.39	689.80	
17	856.58	418.53	1,274.90	579.70	1,653.44	750.66	
Promedio	9	10,900.39	5,325.93	11,344.59	5,158.38	6,613.51	3,002.54

Para tener una mejor referencia en el siguiente cuadro se presentan los datos en toneladas.

Cuadro 8: Concentrado de los totales de cada sitio expresados en toneladas.

No de Sitio	Biomasa (toneladas)	Carbono (Toneladas)	Biomasa (toneladas)	Carbono (Toneladas)	Biomasa (toneladas)	Carbono (Toneladas)	
1	16.94	8.28	16.67	7.58	9.47	4.3	
2	3.55	1.74	4.02	3.66	2.37	1.08	
3	5.75	2.81	6	5.45	3.5	1.59	
4	9.75	4.77	9.73	8.85	5.6	2.54	
5	15.62	7.63	15.48	14.08	9.58	4.35	
6	10.47	5.11	10.14	9.22	6.36	2.89	
7	25.1	12.26	24.55	22.33	13.66	6.2	
8	10.67	5.21	10.58	9.62	5.96	2.7	
9	8.1	3.96	7.86	7.15	4.39	1.99	
10	20.15	9.84	19.37	17.61	10.77	4.89	
11	8.49	4.14	18.07	16.43	10.01	4.54	
12	15.68	7.66	15.13	13.76	8.56	3.89	
13	14.31	6.99	13.74	12.5	7.71	3.5	
14	18.62	9.1	18.03	16.4	10.91	4.62	
15	0.52	0.25	0.96	0.87	0.67	0.3	
16	0.74	0.36	1.25	1.13	0.9	0.41	
17	0.86	0.42	1.27	1.16	0.87	0.4	
Promedio	9	10.90	5.33	11.34	9.87	6.55	2.95

7. CONCLUSIONES.

En el rancho el calabozo, al realizar 17 sitios de 500 m² cada uno con un radio de 12.5 m. se tomó la medición dasométrica a 99 árboles.

En el cual se encontró un diámetro basal en el arbolado de mezquite una variación de entre 6 cm y 26 cm

Con respecto al diámetro tomado a 20 cm del suelo el mayor diámetro encontrado

Fue de 26 cm y el menor fue de 7cm.

En cuanto al diámetro tomado a 1.30 (DAP), diámetro a la altura del pecho se observa que el diámetro mayor corresponde a 28 cm y el menor a 14 cm.

Por otra parte la altura representativa en promedio del rancho el calabozo es de 2.58 metros, con una mínimo de 1.71 m, debido a que la ubicación geográfica corresponde a un clima seco con temperaturas media anual de 22-24°C, se puede decir que el arbolado no se considera muy alto.

Con respecto a los individuos por hectárea se observó un total de 180 individuos.

➤ Biomasa en toneladas.

En el rancho el calabozo se observa un total de 10.90 toneladas por hectárea, a manera general en el predio se observa un aproximado de 10900 toneladas.

➤ Carbono

Para el caso de carbono acumulado se observa un 5.33 toneladas ha⁻¹ mientras que a maneras general en el predio es un aproximado de 5330 toneladas

Después de haber realizado los cálculos pertinentes y observado los resultados de cada uno de los tres métodos utilizados en este estudio se encontró que:

Si existen diferencias en la aplicación de los métodos estadísticos para la evaluación de captura de carbono.

Encontrándose que el que mejor aplica es el método utilizado por manzano en el 2009 para mezquiales en el noreste de México.

8. LITERATURA CONSULTADA.

- Acosta.** M. M. 2003. Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 99 p.
- Alig.** R. J., Adams, D., y McCarl, B. 2002. Projecting Impacts of Global Climate Change on the US Forest and Agriculture Sectors and Carbon Budgets. *Forest Ecology and Management*. Vol. 169: 3 -14.
- Anderson.** S.H. 1987 *Environmental science* Merrill publishing CO., USA.
- Avalos.** Avalos G., M. 2004. Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, PICC. *In:* Martínez, J. y A. Fernández (Coord.). Cambio climático una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico, D.F. Mexico. pp. 123-142.
- Brown.** S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO forestry paper 134. Rome, Italy. 104 p.
- Burkhart.** H.E and P.T Sprinz.1984. Compatible cubre volume and basal área projection equations for thinned Old-field loblolly pine plantations. *For Sct* 30:86-93.
- Caballero.** D., M. 1970 Empleo de coeficientes mórficos en la elaboración de tablas de volumen de cedro rojo, Bol. Div. No 26-B Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SFF, SAG Mexico. 27p.
- Carrillo** A., F., E. Buendia-Rodriguez, M. Acosta-Mireles, T. Hernández Tejada. Captura de Carbono en áreas arboladas. 2008. *In:* Guerra de la C., V y C. Mallen R. (Comp.). Tlaxcala sus recursos forestales: conservación, aprovechamiento y bases para su manejo.

INIFAP/CENID COMEF.CONACYT. México, D. F. México. Libro Técnico Núm. 4. pp. 170-180.

Cantú. V.J. Silva C.f., Manzano C. M., Martínez, M. J Curva de desarrollo del rebrote en una población de *Prosopis glandulosa*, bajo aprovechamiento en el Norte de Nuevo León; segunda reunión nacional de innovación agrícola y forestal; septiembre de 2007, Guadalajara Jalisco.

CONAZA. Comisión nacional de las zonas áridas e INE Instituto nacional de estadística 1994 Mezquite *Prosopis spp.* Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México.

CONAZA. (Comisión Nacional de Zonas Áridas e INE (Instituto Nacional de Estadística) 1994. Mezquite *Prosopis spp.* Cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México Folleto 7-11p.

Castellanos B., J., Velázquez M., J. Vargas H., C. Rodríguez F.y A. Fierros G.1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus pátula* Agro-Ciencia 30(2):123-128.

Castro, R. y Cordero, S. 2001. Forest Tropical and the Emerging CO2 Market. Investigación Agraria. N° 11. INIA, España. pp.:185 – 203.

Diaz. R., Acosta M., Carillo F., Buendia E., Flores E., y D Etchevers J. 2007, Determinación de relaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus patula*. Madera y Bosques 13(1)., 25-34.

FAO, 2001. Climate Change and Forests, State of the World Forests. FAO Corporate Document, 21p.

Gaillard.- B, C., M. Pece, M. Juarez G., S. Velez, A. Gomez y M. Zarate. 2002, determinacion de funciones para la estimación de biomasa área individual en jarilla (*Larrea divaricate*) de la provincial de Santiago del stereo, argentina foresta veracruzana 4(2):23-28.

Houghton. R.A 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology* 11:945-958.

IPCC. 1996. Chapter 5: Land Use Change Foresty Greenhouse Gas inventory Reference Manual. IPCC guidelines for national greenhouse Gas Inventory Refernce Manual IPCC Guidelines for national Greenhouse gas Inventories, Revised Version London. Vol (3):57p.

Loetsch. F.,Zohrer. K. Haller E. 1973. Forest inventory. Munich, DE, BLV Verlasgesellschaft. 469.p

Lee. D.C.Y. Shirnabukuro, B. Rudorfi, y T. Trug (1995)"Timber 36 volume estimation using qualitative variable"Memorias del VI1 Simposio Latinoamericano de percecion remota, Pto Valiato Mexico Noviembre.

López. A. F. 1997 Variación en la densidad de la madera entre y dentro de los árboles en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Magaña. V. 2004. El cambio climático global: comprender el problema In: Martinez, J. y A. Fernandez (Coord), Cambio Climatico una visión

desde Mexico. Instituto Nacional de Ecología , Secretaria del Medio Ambiente y recursos naturales Mexico, D.f. mexico pp.17-28.

Maldonado A., L. J. y De la Garza P., F.E. 2000. El Mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. En: Frías H., J., Olalde P., V. y Vernon C., J. (Eds). 2000. El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. Pp. 37-50.

Manzano M., C 2006 Evaluación de captura de carbono y emisiones de GEIs. Centro de calidad ambiental, tecnológico de Monterrey, Nuevo León México.

Martínez, J. y A. Fernández (Coord.). Cambio Climático una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. México. Pp.17-28.

Méndez, E. 2001. Ecuaciones de biomasa para especies de matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. Datos con aplicaciones para inventario de biomasa. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales – UANL, Linares, N. L., México. 60 p.

Mesera. O. R., M.J. Ordoñez y R.Drzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forest; Current situation and longterm Scenrius, climaia Change.

Meza. S., R.2002 Metodología para evaluar las poblaciones de Mezquite *Prosopis spp*, INIFAP, CIR, NOROESTE CETs, La Paz, B.C.S, México.

- Najera.** L., J.A. 1999. Ecuaciones para estimar biomasa, volumen y crecimiento en biomasa y captura de carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoza Tamaulipeco del Noreste de México, Tesis de maestría Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Návar.** J., González N., Maldonado D., Graciano J., Dale, V. 2001. Carbonsequestration by forest plantations of Durango, México. Enviado a Biomasa & Bioenergy. 35 p.
- Návar.** J., González N., Maldonado D., Graciano J., Dale, V. and Parresol, B. 2004a. Additive biomass equations for pine species of forest plantations of Durango, Mexico. *Madera y Bosques* 10(2): 17-28.
- Rodríguez** L. R., Jiménez, J., Aguirre, O., y Treviño, E. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. *Ciencia UANL*. Vol. IX. Num. 2. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México: 179-187.
- Rojo.** M. G., J. Jasso M., J. Vargas H., D Palma L. y A Velázquez M. 2005 Biomasa arera en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Hull. Arg.) en el estado de Oaxaca Mexico *Agrociencia* 39: 449-456 p.
- Rzedowski.** J. 1986. Vegetación de México. Tercera edición. Editorial Limusa. México D.F. 430 p.
- Schlegel.** B; Gayaso, J. y Guerra J. 2000. Manual de procedimientos de muestreo de biomasa forestal. Medición de capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. P. 1-24

- Tiiper.** R.1998 Update on carbón offsets. Tropical Forest Update 8 (1).-2-5
- Torres.** J. y A Guevara 2002: El potencial de México para la producción de servicios ambientales: Captura de carbono y desempeño hidráulico gaceta ecológica.
- Velásquez.** A., J. Mas F., R. Mayorga S., J. Palacio L., G. Bocco, G. Gómez R.,L. Luna G., I. Trejo, J. López G., M. Palma, A. Peralta, y J. Prado M. 2001. Inventario forestal nacional 2000: Potencial de Uso y Alcances. Ciencias 64: 13-19.
- Villanueva.** D., J., A. Hernández R. and Ramírez G. 2000. Mesquite a multi-purpose species in two locations of San Luis Potosi, México. In Ffolliott, P.F.,M. Baker, C.B. Carleton, C. Madelyn, and K.L. Mora. (technical coordinators). Land stewardship in the 21st century: the contributions of watershed management. Tucson, Az. Proc. RMRS-P-13. Fort Collins, CO:U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. 438p
- Yerena.** Yamallel, J.I., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O.A. y Treviño- Garza, E.J. 2011. Concentración de carbono en la biomasa aérea del matorral espinoso tamaulipeco. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(2): 283-291. DOI: 10.5154/r.rchscfa.2010.02.004.
- Zamora.** C. 2003. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del ejido “La Majada”, municipio de Periban de Ramos, Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Agro biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 42 p.

