

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Revisión bibliográfica de trabajos relacionados a la temática de
Captura de Carbono en el Estado de Coahuila, México.**

POR:

CARINA MORALES GONZÁLEZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Revisión bibliográfica de trabajos relacionados a la temática de
Captura de Carbono en el Estado de Coahuila, México.**

POR:

CARINA MORALES GONZÁLEZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

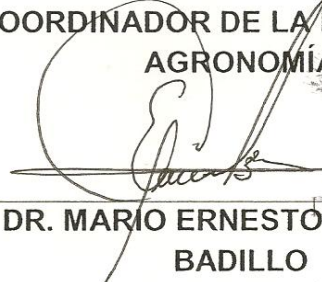
APROBADA

ASESOR PRINCIPAL



**DRA. GABRIELA RAMÍREZ
FUENTES**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
AGRONOMÍA**



**DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ
BADILLO**



Coordinación
División de Agronomía

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Revisión bibliográfica de trabajos relacionados a la temática de
Captura de Carbono en el Estado de Coahuila, México.

POR:

CARINA MORALES GONZÁLEZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

ASESOR PRINCIPAL


DRA. GABRIELA RAMÍREZ FUENTES

ASESOR


DR. JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ

ASESOR DEPARTAMENTO FORESTAL


M. C. ANDRÉS NÁJERA DÍAZ

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2010

DEDICATORIA

A mis padres

Carlos Morales Castro† y Elba González Mora

Gracias por su amor, sus consejos y por ser ustedes los forjadores de mi futuro; por su gran apoyo durante toda mi formación profesional, porque ustedes son la fuerza que necesito para seguir adelante. Gracias

“MAMI”, porque eres una gran mujer que nos supo sacar adelante a pesar de todas las adversidades que se nos presentaron. Estaré por siempre agradecida por todo lo que has hecho por mí. TE QUIERO.

A mis hermanos

Esmeralda (Mera), Aarón (Lonchi) y Orquídea (Ex - Gordis)

Por ser parte de mi vida, por el apoyo que me han brindado, por los momentos de hermosos que hemos pasado juntos. Los quiero mucho ñeros. Dios los Bendiga.

A mis sobrinas; Karla y Ximena; por ser la chispa de alegría en mi vida y por darle la felicidad a mi mami de ser su abuela. Mis gordis las adoro.

Al nuevo ser de mi vida; Mi “Bebé” No hay palabras que expresen lo que siento por tu existencia en mi vida, solo te puedo decir que te amo sin conocerte bebe y espero tu llegada con mucho amor y anhelo.

A Isaac Ramírez García, por ser mi compañero de grandes batallas, por enseñarme a no darme por vencida, gracias por tu amor y por darme la dicha de formar nuestra familia: TE AMO. Por lo que nos espera en nuestra vida Juntos.

A mis cuñis; Omar (Omy) y Russel; Gracias por darme su apoyo y por ser parte de mi familia.

A Doña Queta, Diga y mi tía Cari; Que siempre tienen un consejo para mí, que siempre saben cómo hacerme sentir bien. Como olvidar aquellos días de vacaciones que guerreaban conmigo. Gracias por todo su apoyo en esta nueva etapa de mi vida. Las QUIERO MUCHO.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor, por darme la dicha de vivir y ponerme en una familia hermosa.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, porque medio la gran oportunidad de ser parte de ella y llevar acabo mi formación profesional.

A la Dra. Gabriela Ramírez Fuentes, Deseo expresar mi agradecimiento por su ayuda en la realización de este trabajo, por su tiempo invertido en todas las revisiones, por la amistad que me brindo. Dra. MUCHAS GRACIAS.

Al Dr. Jorge Méndez González, por su apoyo y aportaciones para la realización de este trabajo.

Al Mc. Andrés Nájera Díaz, por su ayuda y aportaciones en este trabajo.

A los profesores del Departamento Forestal porque todos fueron parte de mi formación profesional. Gracias

A las extranjeras del CBTa 191: Tania, Brisa, Petris, Flor, Liz y Maidud, por aquellos momentos de convivencia y de locura que pasamos juntas. Las estimo mucho. Extranjeras☺

A mis amigos: Toñis, Ángela, Rafita, Ismael (Playas), Iris, Wendy, Mary (Mora) por su gran amistad y todos los momentos de convivencia que hicimos posible juntos.

A mis compañeros: Jando, Chávelo, Juan, Jolota, Eduardo, Alex Ochoa, Deysi, Abelardo, El Oax, Maricela, Hilario y Jaime.

A Monse, Fernando (Chico de la azotea) y Flor. Por sus arrebatos de locura y por las veces que no me dejan dormir jajaja.

Al Sr. Abelardo Samano, por sus consejos, amistad y la gran ayuda que me brindo cuando lo necesite.

A Esperanza (Peri) Juan (Argueta): Muchas gracias por haberme proporcionado su ayuda incondicional en el inicio de este sueño.

Aquellas personas que me ayudaron mi vida y que en este momento olvido mencionar su nombre pero no por eso son menos importantes en mi vida. Gracias

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1Objetivos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Recursos naturales.....	3
2.2 Servicios ambientales.....	3
2.3 Pago de servicios ambientales.....	4
2.4 Modelo estadístico.....	4
2.5 Carbono.....	5
2.6 Crecimiento de volumen en árboles.....	6
2.6.1. Crecimiento e incremento en volumen.....	7
2.7 Biomasa.....	7
2.7.2. Métodos para medir la biomasa.....	8
2.7.2.1. Métodos directos o de corte.....	9
2.7.2.2. Métodos indirectos.....	9
2.7.2.3. Método doble muestreo.....	10
2.8 Densidad de la madera.....	10
2.8.1. Estimación de la densidad de la madera.....	11
2.8.1.1 Método empírico.....	12
2.8.1.2 Método de desplazamiento de agua.....	12
2.8.1.3 Método de máximo contenido de humedad.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Descripción del área de estudio.....	14
3.2. Metodología.....	17
3.2.1 Materiales utilizados.....	17
3.2.2 Tipo de información.....	17
3.3 Análisis de la información.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20

4.1 Porcentaje del contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo en el estado de Coahuila.....	21
4.2 Carbono.....	22
4.3 Volumen.....	24
4.4 Biomasa.....	27
4.5 Densidad de la madera.....	31
5. CONCLUSIONES.....	33
6. RECOMENDACIONES.....	35
7 LITERATURA CITADA.....	36
8. ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tipos de climas presentes en el Estado de Coahuila de Zaragoza.....	14
2	Vegetación predominante del Estado de Coahuila de Zaragoza.....	15
3	Formato para el registro de datos de los trabajos de investigación seleccionados.....	18
4	Número de trabajos encontrados y anexados a esta investigación.....	20
5	Factor de conversión de carbono de especies forestales que se localizan en el estado de Coahuila.....	21
6	Trabajos recopilados en el tema de captura de carbono utilizando diferentes métodos.....	22
7	Trabajos recopilados en el tema de captura de carbono utilizando diferentes modelos.....	23
8	Información desglosada de los trabajos encontrados en volumen maderable de especies del Género <i>Pinus</i>	24
9	Información desglosada de los trabajos encontrados en volumen de especies del Genero <i>Pinus</i> , utilizando modelos estadísticos.....	25
10	Información desglosada de los trabajos encontrados sobre Biomasa en algodón, Orégano, Guayule y Girasol.....	27
11	Información desglosada de los trabajos encontrados sobre Biomasa en pino, uva y matorral tamaulipeco utilizando modelos estadísticos.	29
12	Trabajos encontrados sobre densidad de la madera utilizando métodos.....	31

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático global está asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Se acentúa por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero "GEI" (Bolin *et al.*, 1986).

En nuestro país, los principales emisores de gases de efecto invernadero son el sector de energía, por el uso de combustibles fósiles y los procesos de la industria del cemento (Gay y Martínez, 1995), el cambio en el uso del suelo y deforestación (Maser *et al.*, 1995) A nivel nacional, los bosques son actualmente la segunda fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (CONAFOR, 1997).

Los bosques de México pueden ser extremadamente vulnerables al cambio climático y estos representan un almacén de carbono (C), pero la capacidad de almacenamiento de éste se está perdiendo rápidamente debido a los procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales (Villers y Trejo, 1997).

Los bosques (templados y tropicales) capturan y conservan más carbono. Así también, el suelo juega un papel muy importante en el ciclaje y almacén del carbono en estos ecosistemas. Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, conocer la dinámica del C en los ecosistemas forestales y conocer las modificaciones a los flujos de C derivadas de los patrones de cambio de uso de suelo (Ordóñez, 1998).

La mayoría de los estudios sobre captura de carbono, biomasa, volumen y densidad de la madera realizados en México se han enfocado en su mayoría en la región centro, región sur y parte del noreste del país. En el estado de Coahuila existe escasa información de los estudios antes mencionados en las zonas forestales del estado. En la presente revisión bibliográfica se presentan los principales estudios realizados sobre la captura de carbono, biomasa, volumen y

densidad de la madera, esto con el fin de conocer los modelos estadísticos utilizados en cada uno de las investigaciones. Con lo anterior se pretende aportar argumentos para el buen uso de los recursos naturales y así poder generar más información de las zonas forestales del estado de Coahuila para las futuras evaluaciones de captura de carbono, biomasa, volumen y densidad de la madera.

1.1 Objetivos

- Revisar y recopilar trabajos de investigación sobre temas de captura de carbono, biomasa, volumen y densidad de la madera, realizados en el estado de Coahuila de Zaragoza.
- Resaltar el valor económico y ambiental de las especies forestales del estado de Coahuila, para el fomento al pago por servicios ambientales.

PALABRAS CLAVES: Carbono, Biomasa, Densidad de la madera, Volumen y Modelos estadísticos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Recursos naturales

La superficie forestal de México es de 143.6 millones de ha, de las cuales 38.9 millones son arboladas, constituidas por 27.5 millones de ha de bosques de clima templado y frío y por 11.4 millones de ha de bosques de clima cálido-húmedo (selvas); el resto, 104.7 millones de ha, lo constituye vegetación propia de las zonas áridas y semiáridas y de las selvas bajas, así como áreas perturbadas y de vegetación hidrófila (ANCF, 1988).

La cubierta vegetal que constituye a México es muy diversa, ya que existen desde bosques templados 17% (coníferas y encinos), bosques mesófilos de montaña, selvas 16% (húmedas y subhúmedas), matorrales xerófilos 26% y pastizales, entre otros tipos de vegetación (*e. g.*, chaparrales, mezquitales, palmares, vegetación halófila y gipsófila y de galería, entre otras) (SEMARTNAT, 2005).

La mayor extensión territorial que ocupa Coahuila es eminentemente árido, con la mayor proporción de su superficie cubierta por matorrales xerófilos 83% de su cobertura estatal (INEGI, 1988).

En el estado de Coahuila se distribuyen seis tipos de vegetación y doce comunidades vegetales: Matorral desértico chihuahuense (Matorral micrófilo, matorral rosetófilo, izotal y matorrales halófilo y gipsófilo), Matorral tamaulipeco, Matorral submontano, Bosque de montaña (Bosque de encino, bosque de pino, bosque de oyamel y vegetación alpina-subalpina), Zacatal y Vegetación riparia, subacuática y acuática (Villareal, 2001).

2.2 Servicios ambientales

Los servicios ambientales son un conjunto de condiciones y procesos naturales que brindan las áreas boscosas. Dentro de este conglomerado de servicios se pueden señalar la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma con uso potencial para el beneficio humano, el mantenimiento de 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 en calidad 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).

2.3 Pago de servicios ambientales

La valoración económica de los servicios ambientales es de gran interés en México y el mundo. La preocupación sobre cómo internalizar el capital natural 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).

2.4 Modelo estadístico

Un modelo es una representación abstracta que trata de explicar, de la mejor manera posible, un fenómeno o proceso de la vida real. Hoy día es común hablar de modelos en diversas áreas del conocimiento: modelos biológicos, físicos, económicos y sociales, entre otros (Moreno, 2010).

También un modelo es una forma de caracterizar un sistema o la parte de un sistema. Es una abstracción y simplificación de un proceso natural que permite su estudio y por consecuencia su análisis. Puede estar constituido por uno o varios gráficos, uno o más cuadros, una o múltiples ecuaciones, uno o más subsistemas, etc. (Prodan *et al.*, 1997).

2.5 Carbono

La captura de carbono es un importante servicio ambiental que proporcionan bosques y selvas. Su relevancia es de primer orden porque se relaciona con los más graves problemas ambientales que hoy afectan al planeta en su conjunto: el cambio climático, el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono (SEMARNAT, 2003).

El carbono es esencialmente el proceso de transformación del carbono del aire (Dióxido de carbono, CO₂) en carbono almacenado en el suelo. Dióxido de carbono es absorbido por las plantas a través del proceso de la fotosíntesis, e incorporando en la planta como tejido vegetal. Cuando las plantas mueran, el carbono de las hojas, los tallos y las raíces se descomponen en el suelo y se convierte en materia orgánica, este es el proceso es básico para obtener el acumulamiento de carbono en suelo (Derner *et al.*, 1997).

De igual manera (SEMARNAT, 2003) menciona que lo que no debemos perder de vista es que su efecto benéfico dependerá del tiempo que el carbono se mantenga almacenado en plantas, árboles o productos de madera, pues cuando éstos se quemen o descompongan, el elemento regresará a la atmósfera en forma de emisiones de CO₂.

La capacidad de fijación de carbono a través de procesos bióticos por los ecosistemas forestales aún es desconocida, ya que no se cuenta con procedimientos definidos para su estimación, se sabe que esta capacidad varía en

función de la composición florística, la edad y la densidad de la población vegetal (Schulze *et al.*, 2000).

Con lo que respecta a la captura de carbono por procesos abióticos, consiste en la canalización de CO₂ producido en las industrias o fabricas hacia las profundidades del océano o dentro del manto freático (Kimble *et al.*, 2002).

El carbono, es vital para todos los seres vivos, circula de manera continua en el ecosistema terrestre. En la atmósfera existe en forma de dióxido de carbono, que emplean las plantas en la fotosíntesis. Los animales usan el carbono de las plantas y liberan dióxido de carbono, producto del metabolismo.

2.6 Crecimiento de volumen en árboles

Los árboles de un bosque presentan diferentes ritmos de crecimiento, teniendo como consecuencia la diferencia en el desarrollo o incremento de un bosque con respecto a un árbol (Klepac, 1976). Con información de incrementos se pueden construir ecuaciones de pronósticos iniciales que permitirán mejorar las estimaciones del rendimiento maderable para preparar, mas adelante, calendarios de cosecha basados en criterios de rentabilidad financiera, más allá de estimaciones de volúmenes de corta (Zepeda y Acosta, 2000).

Es una síntesis de la dinámica en el cual se agrupan aquellos datos que indican el crecimiento general de un bosque; a través de la aplicación de un modelo de crecimiento (Prodan *et al.*, 1997).

Un modelo de crecimiento es una forma de caracterizar un sistema o parte de un sistema. Es una abstracción y simplificación de un proceso natural que permite su estudio y análisis. El modelo puede estar constituido por uno o varios gráficos, una o múltiples ecuaciones, uno o más subsistemas, etc. (Prodan *et al.*, 1997).

2.6.1 Crecimiento e incremento en volumen

El crecimiento de los árboles ayuda a estimar el rendimiento de un bosque a una edad o periodo determinado, a optimizar tasas de crecimiento que satisfagan los objetivos de producción predefinidos, a estimar fechas y actividades de cosecha, así como planificar actividades de protección y cultivo (Torres y Magaña, 2001).

El incremento total en volumen del árbol no sólo consiste en la parte leñosa, sino también del follaje, frutos y sistema radicular. El volumen del árbol aumenta paralelamente con la altura y el diámetro, desde su nacimiento hasta su muerte (Klepac, 1976).

Bajo condiciones diferentes el incremento en volumen siempre culmina después del incremento en altura, diámetro y área basal, el crecimiento en volumen presenta la forma sigmoidea como el crecimiento en altura y diámetro (Klepac, 1976).

El volumen de madera como medida de biomasa es una de las propiedades que se busca calcular a través de los inventarios forestales, ya que este atributo representa una valiosa información para la elaboración de planes de manejo (Lee et al., 1995).

2.7 Biomasa

La determinación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos de C por unidad de superficie y tipo de bosques, además de otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes (Snowdon *et al.*, 2001; Montero *et al.*, 2004).

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por

debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta Schlegel *et al.*, 2000).

La biomasa comprende el tronco, las hojas, las ramas y las partes reproductivas mientras que el carbono contenido en las raíces es definido como biomasa de las raíces (Masera *et al.*, 2000).

Biomasa es el total de materia orgánica (peso seco) de organismos vivos sobre y bajo de la superficie del suelo presentes en una unidad ecológica en un momento determinado (Braun y Pieper, 1980).

Biomasa es el total de materia orgánica (peso seco) de organismos vivos sobre y bajo de la superficie del suelo presentes en una unidad ecológica en un momento determinado (Braun y Pieper, 1980). También la fitomasa ha sido definida como cualquier materia orgánica de origen reciente que se derive de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La energía de la fitomasa deriva del material vegetal y animal, tal como madera de bosques, residuos de procesos agrícolas y forestales, y de la basura industrial, humana o de animales (López *et al.*, 2003).

2.7.1 Métodos para medir la biomasa

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que este permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes y representa la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera o conservado y fijo en una determinada superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efectos invernadero (Brown *et al.*, 1996).

2.7.1.1 Métodos Directos o de corte

Es considerado como el método tradicional que más se ha usado, pero tiene dos principales desventajas: a) requiere de mucho tiempo comparado con otros métodos indirectos y b) es destructivo. En adición, el corte por si mismo aunque es comúnmente aceptado como el mejor, es propenso a errores de medición, independientes de los errores de muestreo (Carade y Jameson, 1986).

En algunas plantas anuales, la fitomasa y la producción primaria neta son casi equivalentes, por ello solo se requiere cosechar solo una vez cada especie siempre y cuando la época de corte coincida con la máxima acumulación de biomasa de cada especie (Pieper, 1978).

La medición de la producción aérea de zacates y arbustos pequeños puede realizarse directamente o por la diferencia de la biomasa media de dos o mas series de muestras obtenidas en un intervalo de tiempo, aunque esto puede subestimar el valor real, según la periodicidad de las especies (Braun y Pieper, 1980).

2.7.1.2 Métodos Indirectos

A lo largo del tiempo se han desarrollado una gran cantidad de métodos indirectos que realizan estimaciones de biomasa sin que ello implique la destrucción del bosque y cuyo fundamento se basa en la determinación de algunas relaciones entre estructuras y función de la planta; tales métodos van desde la medición del cambio en la tasa de asimilación de CO₂ por las hojas, ramas o aún plantas completas con el cual se infiere la cantidad de sustancia orgánica seca producida por una planta (Técnica de Intercambio Gaseoso); estimación cuantitativa de la producción y biomasa por medio de datos de la clorofila y la luz (Métodos de la Clorofila) y determinación de la relación superficie foliar- superficie del suelo a través de una relación de crecimiento (Técnica del Índice foliar) (Braun y Pieper, 1980).

También se incluye a los métodos de estimación visual, los que se caracterizan por utilizar el corte para realizar comparaciones con la estimación de peso o unidad de peso basado en estimaciones ocular del forraje en donde se elimina el corte por lo que depende de la habilidad del técnico para realizar la estimación (Pieper, 1978).

2.7.1.3 Método doble muestreo

Es la combinación de los métodos ya citados, este método se caracteriza por su rapidez en la estimación, utiliza relaciones de regresión entre peso actual y el peso estimado; conjuga las fuentes de error, tanto de los métodos de corte como los de estimación; mucha de la inexactitud de la estimación es corregida por el procedimiento del doble muestreo; disminuye el trabajo que implican los métodos de corte, aumenta la exactitud y precisión con apoyo estadístico siendo necesario una actualización del coeficiente de regresión (Braun y Pieper, 1980).

2.8 Densidad de la madera

La densidad de la madera es una característica física que indica el peso que tiene un determinado volumen y que se expresa en unidades gr/cm^3 , puede ser factible el uso del peso específico basado en la relación del peso de un volumen de madera con el peso de un volumen igual de agua, sólo que carece de unidades (Kollman, 1959).

La densidad de madera de un árbol es una variable interesante porque informa sobre la cantidad de carbono que la planta destina al costo de construcción. La densidad de madera varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie. Además, las ramas y las partes exteriores del tronco tienden a presentar densidades de madera más bajas que la médula del tronco (Chave, 2002).

En el ámbito forestal la densidad de la madera se estima con referencia a un peso anhidro o a un determinado contenido de humedad, entre 8-10% de contenido de humedad de la madera y un volumen de madera verde (Kollmann, 1959).

La densidad de la madera está relacionada con la variación del grosor de la pared celular, por el tamaño de las células y por la cantidad de madera tardía; estas características son las que componen a la densidad de la madera (Zobel y Talbert, 1988).

Los factores que causan la variación en la densidad de la madera son principalmente, la forma del árbol, las combinaciones genéticas, las variaciones durante el crecimiento, la presencia de diferentes ambientes, la historia evolutiva, la altitud y latitud (Zobel y Talbert, 1988).

La densidad de la madera es de suma importancia ya que determina el uso posterior que va a tener la madera de acuerdo a la cantidad de celulosa, su dureza, y sus cualidades mecánicas (Hocker, 1984). La densidad de la madera nos sirve para estimar la disposición de carbono de un árbol ya sea por componente o el árbol completo, esto se realiza con el volumen ya conocido o calculado del tronco. El volumen se multiplica por la densidad de la madera ya conocida y esto nos da el peso seco (biomasa). Una vez obtenida la biomasa se multiplica por el factor de conversión (porcentaje del contenido de carbono) (Cuadro 2), y da como resultado la disposición de carbono en Kg (Valencia y Vargas, 1997).

2.8.1 Estimación de la densidad de la madera

La estimación de la densidad de la madera consiste en obtener el valor de las variables a que hace referencia el concepto; peso anhidro de la muestra de la madera y el volumen verde (Kollmann, 1959).

Para la estimación de la densidad de la madera se pueden utilizar diversos métodos entre los cuales están: el método empírico, el método de desplazamiento de agua y el método de máximo contenido de humedad.

2.8.1.1 Método empírico

En este método, la muestra de madera se considera como un cilindro perfecto y es utilizado para calcular la densidad de la madera en muestras pequeñas obtenidas con taladro de Pressler. Se mide la longitud de la muestra cuando ésta se encuentra saturada de humedad, después se calcula el diámetro, para obtener el volumen de la muestra en verde Posteriormente se determina el peso anhidro, sometiendo la muestra en una estufa de secado a una temperatura de 103 ± 5 °C. Después se divide el peso anhidro entre el volumen verde para obtener la densidad (Valencia y Vargas, 1997).

Se utiliza este método asumiendo que la madera tiene una forma cilíndrica regular. Para ello es necesario medir la longitud total del corte y su diámetro en puntos diferentes, con un "Calliper", evitando hacer presión con los filos del "calliper" sobre la madera. Si la longitud total de la muestra (LT) y la media del diámetro (D) (Chave, 2002).

2.8.1.2 Método de desplazamiento de agua

Las muestras son saturadas de humedad en un recipiente con agua. Para obtener el volumen por desplazamiento en agua se coloca un recipiente con agua sobre una balanza analítica, después se introduce cada muestra procurando que no toque las paredes ni el fondo del recipiente, de modo que se obtiene el peso del agua desplazada, la cual corresponde al volumen de la muestra considerando la densidad del agua como una unidad. Posteriormente se secan las muestras en una estufa de secado. Se divide el peso anhidro entre el volumen verde para obtener la densidad (Valencia y Vargas, 1997).

Este método permite mediciones sencillas y confiables de volúmenes de madera de forma irregular. Un container capaz de dar cabida a la muestra se llena de agua y se coloca en una balanza de precisión de al menos 0.001 gramos. La muestra de madera se coloca en el agua, hasta estar totalmente sumergida. No se debe llenar el container totalmente con agua, para que quepa la muestra. La muestra no debe tocar los extremos del container ni el fondo y debe mantenerse sumergida con la ayuda de una pinza o aguja. El peso del agua desplazada es igual al volumen de la muestra (Chave, 2002).

2.8.1.3 Método de máximo contenido de humedad

Las muestras de madera se colocan en un recipiente con agua para posteriormente colocarlo en una cámara de vacío, esto para agilizar y lograr una penetración total del agua en las muestras, durando un periodo aproximado de 24 horas. Después las muestras se pesan en una balanza analítica, quitando el exceso de agua, obteniendo así el peso saturado. Posteriormente las muestras se secan mediante la estufa de secado (Smith, 1954).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

a) Ubicación

El estado de Coahuila de Zaragoza, ocupa la parte central de la franja de entidades continentales que hacen frontera en el norte del país con los Estados Unidos de América. Se localiza entre las coordenadas geográficas de 24° 32' 13" y los 29° 52' 47" de latitud Norte; y entre los 99° 50' 30" y los 103° 57' 03" de longitud Oeste (INEGI, 2009)

b) Clima

El estado de Coahuila, está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada Desierto de Chihuahua o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde semicalidos (Anexo 3), predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las mas septentrionales (CONABIO, 2010).

Cuadro 1. Tipos de climas presentes en el Estado de Coahuila de Zaragoza.

Tipo o subtipo	Símbolo
Tipo semiarido, semicalido	BS1h(x')
Tipo semiarido, semicalido	BS1hw
Tipo semiarido, semifrio	BS1hk''w
Tipo semiarido, semifrio	BS1hk(x')
Tipo semiarido, templado	BS1kw
Tipo arido, calido	BSo(h')(x')
Tipo arido, semicalido	BSoh(x')
Tipo arido, semicalido	BSohw
Tipo arido, templado	BSok(x')

Tipo arido, templado	BSokw
Tipo muy arido, semicalido	BWh(x')
Tipo muy arido, semicalido	BWhw
Tipo templado, subhumedo	C(w1)
Tipo semifrio, subhumedo con verano fresco largo	Cb'(w1)
Tipo semifrio, subhumedo con verano fresco	Cb'(w1)x

c) Vegetación

La vegetación que se distribuye en el Estado de Coahuila es variada de acuerdo a los datos del (CONABIO, 2010) (Anexo 1 y 4). Ya que se pueden encontrar desde pastizal hasta selva esta ultima en porción menor.

Cuadro 2. Vegetación predominante del estado de Coahuila de Zaragoza.

Tipos de vegetación
Bosque de coníferas distintas a Pinus
Bosque de encino
Bosque de Pino
Chaparral
Manejo agrícola, pecuario y forestal
Matorral desertico microfilo
Matorral espinoso tamaulipeco, submontano y subtropical
Matorrao rosetofilo
Matorral arcoorasicale
Mezquital huizachal
Palmar
Pastizal natural
Vegetacion de galería
Vegetacion de suelos arenosos
Vegetacion halófila y gipsofila
Areas sin vegetación aparente

d) Fauna

La fauna de Coahuila varía dependiendo de la región natural. A través de las sierras, cañadas y llanos del estado habitan distintas especies de mamíferos, aves, reptiles y artrópodos (Anexo 2)

Liebre, ardilla, venado cola blanca, oso negro, coyote, puma, tejón, gato montés, murciélago, rata, tlacuache, conejo, comadreja, zorrillo, y berrendo, lechuga, halcón, gavilán, cuervo, zopilote, águila, tordo, cenizote, cardenal, calandria, golondrina, cotorra serrana, gorrión, correcaminos, paloma, codorniz, guajolote, lagartija, víbora, tortuga, araña, escorpión, tarántula, alacrán (CONABIO, 2010).

e) Edafología

Los suelos que se encuentran en el estado de Coahuila son: Arenosol (AR), Calcisol (CL), Cambisol (CM), Chernozem (CH), Fluvisol (FL), Gleysol (GL), Gypsisol (GY), Kastañozem (KS), Leptosol (LP), Luvisol (LV), Phaozem (PH), Regosol (RG), Solonchak (SC), Solonez (SN), Vertisol (VR) (CONABIO, 2010).

f) Geología

El territorio Coahuilense se constituye en su mayor extensión de rocas sedimentarias, marinas y continentales con edad que datan del paleozoico hasta cuaternario. La posición de los plegamientos es en dirección este-oeste en el sur del estado, y noreste-sureste en el resto del estado (CONABIO, 2010).

g) Regiones hidrológicas

El estado de Coahuila se ubica dentro las regiones hidrológicas (Anexo 5):Laguna Ahorcados, laguna el coyote, laguna de las palomas, río aguanaval, río bravo Coahuila, río bravo Nuevo Leon, río nazas y río san juan (CONABIO, 2010).

3.2 Metodología

Para llevar a cabo la recopilación de la información y para así obtener la base de datos, se realizaron visitas al banco de tesis de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, así mismo, se realizaron consultas en diferentes páginas de internet, esto con el fin de obtener mayor información de los temas investigados. Posteriormente se realizó la clasificación de la información de acuerdo al tema y datos de cada documento encontrado.

Se realizaron diferentes cuadros en los cuales se desglosó toda la información de cada documento, como son: especie, componente, modelo estadístico, R^2 , CME (cuadrado medio del error), ubicación geográfica (coordenadas), fuente de información (tesis), título y autor. Esto se llevó a cabo para tener un mejor control de la información de cada documento y facilitar la búsqueda de la información.

3.2.1 Materiales utilizados

Los materiales que se utilizaron para la recopilación de la información fueron; tesis de nivel licenciatura. Estos documentos se obtuvieron del banco de tesis de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, así como del Departamento Forestal de la Universidad, ya que cuenta con un acervo de tesis; artículos y publicaciones encontradas en diferentes paginas web, esto ayudó a la recopilación de toda la información.

Una vez analizadas las tesis que serian anexadas a esta revision, se procedió a la estructuración de un formato inicial donde cual se registraron los procedimientos de cada tesis.

3.2.2 Tipo de información

Para la elaboración de este documento se tomaron en cuenta las variables como son: especie, componente, modelo estadístico, R^2 (relación entre variables), CME, (cuadrado medio del error), ubicación geográfica (coordenadas), fuente de información, título y autor.

El tipo de información es de suma importancia para la ubicación de cada trabajo de investigación de tesis para que la consulta sea mas facil por el usuario. Esto acuerdo a los datos de cada documento y con el cual se hizo el llenado del formato inicial.

Cuadro 3. Formato para el registro de datos de los trabajos de investigación seleccionado.

Especie	Componente	Modelo estadístico	R ²	CME	Ubicación geográfica	Fuente de información	Titulo	Autor

3.3 Análisis de la información

De acuerdo a toda la información recopilada de cada documento, se procedió a la clasificación de cada uno de los temas según las características del mismo, se elaboraron cuadros de acuerdo al tema y que en los cuales se llenaron con la información del primer concentrado elaborado al inicio de la investigación.

Una vez teniendo el cuadro inicial, se procedió a la realización de formatos independientes para cada tema, esto también de acuerdo al modelo que utilizaron en cada investigación se elaboraron los cuadros de resultados.

Se clasificó la información de cada tema, teniendo el llenado de cada cuadro con los datos de cada trabajo de investigación, se elaboraron mapas en el cual se puede observar la ubicación geográfica precisa de cada sitio donde fue realizada la investigación, así como el nombre del autor y sus coordenadas geográficas. Estos mapas se elaboraron en el programa de Arc Gis y se ubicaron dentro del estado de Coahuila los puntos en donde se realizaron los estudios correspondientes a cada tema.

Los mapa se realizón con el fin de poder tener una ubicación más precisa del sitio del trabajo de investigación (Anexos).

4. RESULTADOS

Se encontraron 26 trabajos de tesis relacionados con los temas de carbono, volumen, biomasa y densidad de la madera. De estas son: 4 son tesis de carbono, 10 tesis de volumen, 8 tesis de biomasa y 4 tesis de densidad de la madera. Así también se encontraron artículos y publicaciones en diferentes páginas de internet. Siendo un total de trabajos encontrados de 30.

Los trabajos de investigación sobre carbono y densidad de la madera se llevaron a cabo en su gran mayoría en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Sin embargo, también hubo trabajos que se llevaron a cabo en el Rancho Experimental "Los Ángeles".

La mayoría de los trabajos de tesis encontrados sobre volumen también se realizaron en la Sierra de Arteaga, Coahuila, específicamente, en la zona de ladera media y alta en la cual predomina el bosque en donde se reconoce una estrato arbóreo de coníferas, constituida por el género: *Pseudotsuga*, *Pinus* y *Abies* y un estrato arbustivo constituido por *Quercus spp.*, *Arbutus xalapensis* H.B.K., y *Cercocarpus spp.* (Nájera, 2000).

Con lo que respecta a los trabajos de investigación de biomasa se llevaron a cabo dentro de las instalaciones del invernadero correspondiente al Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la cual cuenta con el equipo y material necesario para la realización de este tipo de investigación. También se encontraron trabajos que se realizaron en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA).

Cuadro 4. Número de trabajos encontrados y anexados a esta investigación.

Tema	Número de trabajos encontrados
Carbono	4
Volumen	11
Biomasa	11
Densidad de la madera	4

4.1 Porcentaje del contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo en el estado de Coahuila.

Dentro del estado de Coahuila se pueden encontrar una gran diversidad de especies arbóreas se pueden mencionar algunas de ellas: *Pinus greggii* Endl., *Pinus cembroides* Zucc., *Abies vejarii* y *Pinus ayacahuite*.

Cuadro 5. Factor de conversión de carbono de especies forestales que se localizan en el estado de Coahuila (Jiménez., *et al* 2007).

Nombre científico	Factor de conversión de carbono	Rango de altitud msnm
<i>Pinus greggii</i> Endl.	47.13%	De 1 300 a 2 700
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	50.25%	De 1 500 a 2 600
<i>Abies vejarii</i>	47.35%	De 2 000 a 3 300
<i>Pinus ayacahuite</i> o <i>Pinus reflexa</i>	48.86%	De 1 900 a 3 200

4.2 Carbono

Con lo que respecta al componente de carbono 3 tesis de nivel licenciatura, fueron importantes cuya vegetación analizada fue el *Pinus cembroides* y los Pastizales áridos. Estos trabajos encontrados trabajaron con métodos para estimar el carbono contenido en las especies, por lo que no utilizaron modelos de regresión.

Cuadro 6. Trabajos recopilados en el tema de captura de carbono utilizando diferentes métodos

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MÉTODO	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
1	<i>Pinus cembroides</i> Zucc	Hojas t/ha	50%= peso seco de hojarasca esta constituido de carbono. De acuerdo a estudios realizados por el IPCC DC= peso seco (factor de conversión) DC= Deposición de carbono	Campo Agrícola Experimental en la Sierra de Arteaga (CAESA). Entre las coordenadas 25° 24' 35" de latitud Norte; 100° 36' 23" de longitud Oeste.	Tesis * (2010)	Dinámica de la caída de hojarasca y deposición de carbono en una bosque natural de <i>Pinus cembroides</i> Zucc., en Arteaga Coahuila.	Santiago Avelardo Reyes Carrera
2	<i>Pinus cembroides</i>	Hojas t/ha	Modelo TOC Solids Masca O.I. Analytical Temp. 0-959 °C Toneladas carbono orgánico por hectárea 5,5615	"El Capulín" se encuentra entre las coordenadas geográficas 25° 08' 22.72" de latitud norte y 101° 25' 34.78" de longitud oeste.	Tesis * (2010)	Estimación potencial de la captura de carbono en una comunidad de <i>Pinus cembroides</i> en el sur de Coahuila	José Paul Kantu Ramírez
3	Pastizales Áridos: <i>bouteloua gracilis</i> y <i>larrea tridentata</i> .	Suelo y forraje (kg. C ha. ⁻¹)	Muestreo de Walkley y Black 1934 y Allison 1965) 0-10cm= 15469.0 11-20cm= 32925.0 En cada condición se analizó la vegetación según corresponda, es decir se estimara la producción en relación a una función alométrica, después se cortara una muestra para estimar en contenido de carbono con un factor 0.45 Pastizal medio abierto= 2104 Matorral parvífolio inerme= 2867.26	Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles", localizado entre las coordenadas 25° 04' 12" y 25° 08' 51" Latitud Norte y 100° 58' 07" y 101° 03' 12" Longitud Oeste	Tesis * (2008)	Estimación del secuestro de carbono en pastizales áridos	Arturo Castro Tapia

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro *

De acuerdo a la información contenida en los trabajos de tesis, se encontró solo un trabajo en el que estimaron contenido de carbono utilizando modelos estadísticos. Esto debido a que el tema de captura de carbono no está muy estudiado en el Estado, dado que la mayoría de los múltiples beneficios obtenidos de los recursos naturales son a largo plazo. Sin embargo, el valor económico que puede brindar la captura de carbono a las familias dueñas de los recursos naturales puede ser estímulo para que se tome mucho más interés sobre el tema.

Cuadro 7. Trabajos recopilados en el tema de captura de carbono utilizando diferentes modelos.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	R ²	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
1	Ecosistemas naturales y agroecosistemas: <i>Opuntia rastrera</i>	Pencas	Ecosistema natural $y = 544.72x + 1982.8$	0.6213	Arteaga, General Cepeda, Ramos Arizpe, Parras de la Fuentes y Saltillo. La Gamuza. Coordenadas 25° 25' de latitud Norte y las 101° 00' de longitud Oeste.	Tesis * (2006)	<i>Opuntia rastrera</i> : captura de carbono en ecosistemas naturales y agroecosistemas en el sureste de Coahuila.	Ricardo Hernández Del Carmen
		Agroecosistema $y = 494.66x + 59.131$						

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro *

4.3 Volumen

Finalmente se encontraron 5 trabajos de investigación sobre volumen, realizados en la Sierra de Arteaga, para el Género *Pinus* y *Juniperus*.

Cuadro 8. Información desglosada de los trabajos encontrados en volumen maderable de especies del Género *Pinus*.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TEMA	AUTOR
1	<i>Pinus rudis</i>	árbol completo (m ³ /ha)	Se utilizó la tabla de vol. elaborada por INIFAP (S.F)	San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga, Coah. coordenadas geográficas: 100° 29' 12" y 100° 30' 46" Longitud Oeste y; 25° 15' 32" y 25° 16' 55" Latitud Norte	Tesis* (2003)	Caracterización dasométrica y de productividad de los bosques del predio El Pilar, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.	Eliud Morales Mateo
	<i>Abies vejarii</i>	árbol completo (m ³ /ha)	Se utilizó la tabla de vol. elaborada por INIFAP (S.F)				
2	<i>Pinus rudis</i> Endl	árbol completo (m ³ /ha)	Vol.=0.2279648 (DN ^{1.805601}) (HP ^{1.165869}) DN= diámetro normal con corteza HP=altura promedio del índice de sitio.	El municipio de Arteaga, se encuentra entre los paralelos, 25° 16' - 25° 17' latitud Norte y los meridianos 100° 27' - 100° 33' de longitud Oeste	Tesis * (1997)	Tabla de Producción para <i>Pinus rudis</i> Endl. En Arteaga, Coahuila.	Rubén Carlos Franco Ávila
			Vt= 617.7 m3/ha				
3	<i>Pinus greggii</i> Endl.	árbol completo (m ³ /ha)	VR= (0.2279648) ((DNCCR/100) ^{1.805601}) (ATR ^{1.165869}) DNCCR=diámetro normal con corteza residual (cm) ATR= altura total residual (m) Para el cálculo del Vol. Actual y extraído se utilizó el mismo modelo, sólo sustituyendo los valores de la estructura actual y extraído.	El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 25° 15' 45" a 25° 16' 28" de latitud Norte y 100° 27' 27" a 100° 28' 15" de longitud Oeste.	Tesis * (1998)	Análisis Dasométrico y Financiero de un Bosque de <i>Pinus rudis</i> Endl. Sujeto a dos intensidades de aclareo	Hugo Gamaliel Hernández García
4	Bosque de Conífera (<i>Pinus cembroides</i>)	Fuste y ramas (m ³)	VP= (ER/ha) (1-l .c. pref./100) VP= (80) (1-0.03= (80) (0.7)= 56 m ³ VP= volumen en pie l.c=intensidad de corta	La Sierra Zapaliname se encuentra en los paralelos 25° 23' y 25° 17' de latitud Norte y en los Meridianos 101° 00' y 100° 53' longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.	Tesis * (1984)	Estudio Dasonómico del Bosque de coníferas de la sierra de Zapaliname, Satillo, Coahuila.	José Cruz de León

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TEMA	AUTOR
5	Coníferas (Pinus y Juniperus)	árbol completo (m ³ /ha)	Volumen= (76.2 m3 r/Ha) (1 - 0.30)= 53.3 m3 r/Ha.	La Sierra de Parras, ubicándose entre los paralelos 25° 21' y 25° 25' latitud Norte y los meridianos 102° 12' y 102° 18'	Tesis * (1981)	Estudio Dasonómico Del Bosque de Coníferas De la Sierra de Parras	Albino Amado guerrero Babum

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro *

Se encontraron 6 trabajos relacionados con volumen, en éstos se utilizaron modelos estadísticos; el género más estudiado fue el *Pinus*. Solo se encontró un solo trabajo para la especie *Pseudotsuga flahaulti*. Estas investigaciones se llevaron a cabo en la Sierra de Arteaga (Anexo 7).

Cuadro 9. Información desglosada de los trabajos encontrados en volumen de especies del Genero *Pinus*, utilizando modelos estadísticos.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	R2	CME	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TEMA	AUTOR
1	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	árbol completo (m ³ /ha)	Vol.= Exp(-9.87472826+1.87766305 Log (DN) + 1.00933229 Log (HT) DN= diametro normal HT= altura total	SD	SD	San Antonio de las Alazanas, municipio de Arteaga, Coah. coordenadas geográficas: 100° 29' 12" y 100° 30' 46" Longitud Oeste y; 25° 15' 32" y 25° 16' 55" Latitud Norte	Tesis * (2003)	Caracterización dasométrica y de productividad de los bosques del predio El Pilar, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.	Eliud Morales Mateo
	<i>Pinus ayacahuite</i>	árbol completo (m ³ /ha)	VA = .7854*(DN)2* HT *.5						
2	<i>Pinus rudis Englem</i>	Fuste (rodajas) (Cm ³)	Modelo Schumacher Crecimiento $y=1-e^{-2.98662545(edad)-21.79620608}$	0.9980	2.581E - 7	San Antonio de las Alazanas, entre las coordenadas geográficas 100° 27' y 100° 34' de longitud Oeste y entre los 25° 15' y 25° 17' de latitud Norte.	Tesis* (2001)	Crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen de la regeneración de <i>Pinus rudis</i> Endl. En la Sierra las Alazanas, Arteaga, Coah.	José Luis Bautista Malagon

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	R2	CME	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TEMA	AUTOR
3	<i>Pinus cembroides</i> Zucc	Fuste (m ³)	Y=β ₀ +β ₁ DN ² h Lineal Log ₁₀ Vol= - 0.417276 + 0.869548 log ₁₀ (DN ²) HT)	0.94039	0.000151	Serranías de San Antonio de las Alazanas latitud N de 25° 15' a 25° 19' 10" y de 100° 28' 35" a 100° 36' 42" de longitud O. Ejido El Cedrito 25° 15' 20" a 25° 16' 40" de latitud N y de 100° 49' 10" a 100° 50' 30" de longitud O. Predio de la Taiga. latitud N de 25° 37' 30" a 25° 40' y a una longitud O de 100° 33' a 100° 39'	Tesis * (1997)	Elaboración y Validación de Tabla de Volúmenes para <i>Pinus cembroides</i> Zucc; en la Sierra de Arteaga, Coahuila.	Sergio Armando Navarro Muñoz
			Exponencial Vol= 0.3835815 ((DN ²) HT) ^{0.869548}	SD	SD				
4	<i>Pinus greggii</i> Engelm	Fuste (rodajas) (m ³)	Y= β ₀ / (1+ β ₂ e ^{-β₁E}) Vol= 0.0297 / (1 + 0.4177 e ^{-54833*edad}	0.9808	0.0000021	Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) se localiza en los Lirios Arteaga Coah., entre los paralelos 25° 23' a 25° 24' latitud Norte y 100° 36' a 100° 37' longitud Oeste.	Tesis * (2010)	Estudio epidemico en una plantacion de <i>Pinus greggii</i> Engelm. En el CAESA, los Lirios, Arteaga, Coahuila.	Maria Antonia de la Cruz Flores
5	<i>Pinus greggii</i> Engelm	Fuste (m ³)	Y= β ₀ + β ₁ D ² Vol c=0.0075+0.00036 Dn ²	0.9578	0.000027	Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), en Arteaga, Coah, entre las coordenadas geográficas 25° 23' – 25° 24' de latitud Norte y 100° 36' – 100° 37' de longitud oeste	Tesis * (2009)	Captura de carbono en una plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm., en Arteaga Coahuila.	Jesús Águila Cerda
6	Matorral desértico rosetófilo.	Hojas	Ln Y = Ln (-1.688) + 0.655 Ln Vol	0.806	0.071	Municipios de Saltillo, General Cepeda y Parras de la fuentes. Ubicado entre las coordenadas 25° 07' 30" a 25° 20' 15" latitud Norte y 100° 52' 20" 101° 41' 20" longitud Oeste	Articulo (2009)	Tablas de producción para el inventario de cortadillo (<i>Nolina cespitifera</i> Trel.) en el sureste de Coahuila.	David Castillo Quiroz
	Transición entre Izotal y pastizal.		Ln Y = Ln (-2.887) + 0.735 Ln Vol	0.700	0.105				
	Bosque de pino-encino		Ln Y = Ln (-4.648) + 0.903 Ln Vol	0.849	0.133				
	Bosque encino		Ln Y = Ln (-2.286) + 0.750 Ln Vol Ln = Logaritmo natural Y= Peso de hojas Vol = Volumen (cm ³)	0.819	0.166				

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro * SD= Sin dato

4.4 Biomasa

En el concentrado de resultados de biomasa se pueden observar 7 trabajos de investigación, cuyas especie estudiadas tienen importancia agrícola y forestal para los manejadores de estos recursos. Los trabajos fueron realizados empleando métodos de tratamientos en los componentes evaluados, para obtener la biomasa esto ocurrió a la reacción que tuviera el componente de acuerdo al tratamiento empleado.

Cuadro 10. Información desglosada de los trabajos encontrados sobre Biomasa en Algodón, Orégano, Guayule y Girasol.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MÉTODO	DISEÑO EXPERIMENTAL	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
1	<i>Gossypium hisurtu</i> (algodón)	Tallos, ramas y hojas y los órganos reproductivos en cuadros (grs)	Se separaron los órganos vegetativos en tallos, ramas y hojas y los órganos reproductivos en cuadros, flores, bellotas y capullos. Para el secado se utilizo una estufa la cual estaba a una temperatura de 65°C durante 72 horas.	Distancia entre surcos cm 75= 1874.9 grs. 50= 1958.1grs. 35= 2634.6 grs.	El experimento se llevo a cabo en el Campo Experimental de la UAAAN Unidad Laguna, la cual se ubica geográficamente entre los 24° 48' y 25° 42' de latitud Norte y entre los 102° 57' y los 103° 31' de longitud Oeste.	Tesis * (2008)	Rendimiento, componentes de rendimientos y producción de biomasa del algodón en surcos ultra-estrechos	Cesar Pinales Borbolla
2	Orégano mexicano (<i>Lippia graveolens</i>)	Hojas (grs)	Las muestras tomadas fueron secadas en una estufa de aire caliente MAPSA modelo HDP334., posteriormente se pesaron las muestras en una Balanza analítica digital CHAUS modelo TS120, expresada en gramos.	T1= 69.05 grs T2= 74.37 grs T3=59.69 grs T4= 53.03 grs T= tratamiento	El trabajo se realizo en el invernadero 1 de Ornamentales del departamento de Horticultura, campus Saltillo, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en las coordenadas geográficas 25° 27' latitud Norte, 101° 02' longitud Oeste.	Tesis * (2009)	Evaluación de la producción de biomasa, variables fisiológicas y densidad estomática en Orégano mexicano (<i>Lippia graveolens</i>)	Karla Ramírez Leyva
3	Orégano mexicano (<i>Lippia graveolens</i>)	Hojas (gr)	El follaje cortado se guardo en bolsas de papel para secarlos en la estufa de aire caliente MAPSA modelo HDP334 a 65°C /72 hrs T1= Testigo T2= Solucion nutritiva T3= CuSO ₄ 0.6 gr/L T4= CuSO ₄ 1.2 gr/L	Medias T1= 72.883753 T2=74.375000 T3=76.911110 T4= 58.33332	El trabajo se realizo en en invernadero 1 de Ornamentales del Departamento de horticultura, Campus Saltillo, de la UAAAN. Ubicada geográficamente entre las coordenadas 25° 27' latitud N y 101° 02' Longitud O.	Tesis * (2010)	Evaluación de la producción de Biomasa variables fisiológicas en Orégano mexicano (<i>Lippia graveolens</i>) por efecto de inducción de estrés por cobre (Cu)	María Del Carne Escorcía Zavala

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MÉTODO	DISEÑO EXPERIMENTAL	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
4	Guayule (<i>Parthenium argentatum</i> Gray)	Tallo t/ha	Las semillas del guayule fueron germinadas en invernadero; las plantas fueron transplantadas al campo experimental de la UAAAN. se realizaron 8 cosechas, muestreando 7 plantas de cada tratamiento. El peso seco se determino con el tallo de cada planta del muestreo T1=12 riegos T2= 9 riegos T3=7 riegos T4= Agua de lluvia	T1= 20 t/ha T2=14.5t/ha T3=12.8t/ha T4=6t/ha	La primera parte del trabajo se llevo a cabo en el invernadero 1 de Ornamentales del Departamento de horticultura, Campus Saltillo, de la UAAAN. Ubicada geográficamente entre las coordenadas 25° 27' latitud N y 101° 02' Longitud O. La segunda parte se llevo a cabo en campo experimental de la UAAAN.	Artículo (2001)	Producción de Guayule: Respuesta de hule y biomasa al riego.	Raúl Rodríguez García
5	<i>Prosopis glandulosa</i> . var. glandulosa.	Ramas(kg)	Se evaluó una parcela con una superficie de 3 ha en la cual se establecieron dos tratamientos. T1= árboles podados T2= Testigo. Se utilizó un sistema de muestreo completamente al azar mediante un muestreo simple aleatorio para lo cual, se consideró como unidad experimental un árbol de mezquite que tienen varios retoños o tallos, los cuales se cortan $Y = 0.446326086 X$ Y = Peso total del mezquite en Kg. X= Área Basal a 30 cm de la superficie del suelo en cm ² .	Biomasa inicial T1=28.841 kg T2= 28.221 kg Biomasa Final T1=34.958 kg T2=42.269 kg	Región Lagunera, Coahuila y Durango, el cual se encuentra entre las coordenadas geográficas 25°53'05" Latitud Norte y 103°35'32" Longitud Oeste.	Publicación (2007)	Efecto de poda sobre potencial productivo de mezquites nativos en la comarca lagunera, México	R. Carrillo Flores
6	Algodón transgénico	Órganos vegetativos y reproductivos	Tasa de crecimiento del cultivo TOC= incremento de biomasa por unidad de tiempo (g m ² d ⁻¹) $TOC = P_2 - P_1 / A (t_2 - t_1)$ A = área donde el peso seco fue registrado P ₁ , P ₂ = peso seco de muestra 1 y 2 t ₁ , t ₂ = fecha de muestreo 1 y 2 DDS= días después de la siembra. Para el secado del tallos y las ramas, las hojas, y los frutos se colocaron en bolsas de papel por separado y se sometieron a secado en estufa marca "Felisa" a una temperatura de 65 °C/72 h, de lo cual se obtuvo su peso seco; la suma de estos representó el peso seco total (pst).	Dosis kg ha ⁻¹ (0) DDS 69=146.15pst 82=405.54 105=857.80 124=993.60 Dosis kg ha ⁻¹ (80) DDS 69=138.06 pst 82=402.41 105=921.40 124=979.40 Dosis kg ha ⁻¹ (160) DDS 69=125.51 pst 82=403.98 105=934.60 124=1043.70	Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizado en Torreón, Coah., México 25° 32' N, 103° 14' O.	Artículo (2008)	Dosis de nitrógeno y su efecto en la producción y distribución de biomasa de algodón transgénico	Jorge A. Orozco Vidal
7	Girasol	Planta (grs)	Se muestrearon seis plantas por parcela y se separaron en hojas, peciolos, tallos, botón, o capítulo. Estas partes fueron secadas en una estufa a 80°C por 72 h.	Varietades/Biomasa SAN 3-C= 153.9 SANE 23578= 97.1 SANE 1278= 118 GORDIS= 143.36 RIB 77= 138 KLM 123= 115.2	El estudio fue llevado a cabo en el campo experimental de la UAAAN en Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Ubicado geográficamente entre las coordenadas 25° 27' latitud N y 101° 02' Longitud O.	Publicación (1996)	Caracterización de Proteínas de las Hojas y Semillas de Girasol: Relación de Biomasa y Rendimiento de Semilla	Diana Jasso Cantú

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro *

Se encontraron 4 trabajos para la estimación de la biomasa, en los que se emplearon modelos estadísticos para la estimación de biomasa por cada componente estudiado, esto de acuerdo a la especie.

Cuadro 11. Información desglosada de los trabajos encontrados sobre Biomasa en Pino, Uva y Matorral tamaulipeco utilizando modelos estadísticos.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	R2	CME	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
1	<i>Vid (vitis vinifera)</i>	Hoja (gr)	$Y = 211.137 + 2.45x - 0.00124x^2$	0.91	SD	Campo Agrícola Experimental "La Laguna" (CEALALA), que se encuentra localizado entre las coordenadas (LN25° 32', LO 103° 15')	Tesis * (1988)	Determinación de la Relación Raíz-Copa en <i>Vid (vitis vinifera)</i> Mediante la Materia Seca Producida.	Salvador Domínguez Lomas
2	<i>Pinus greggii Englem</i>	Fitomasa total (gr)	$Y = \beta_0 + \beta_1 D^2 + \beta_2 H + \beta_3 D^2 H$ $Y = 29607.0000 + 293.4440 D^2 + 46.2085 H + 0.7450 D^2 H$	0.9669	1822812.0	El Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En los Lirios, Arteaga, Coah., entre las coordenadas geográficas 25° 23' a 25° 24' Norte y 100° 36' a 100° 37' Oeste.	Tesis * (2010)	Carbono almacenado en la fitomasa área en una plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm., en Arteaga, Coahuila	Emanuel Mora Castañeda
	Hojas (gr)	$Y = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2$ $Fh = (10954.00) + (-2.557.15 D) + (169.04 D^2)$	0.9039	121472.0					
	Ramas (gr)	$Y = \beta_0 + \beta_1 D^2$ $Fr = (867.23) + (57.34 D^2)$	0.9526	140093.0					
	Fuste (gr)	$Y = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 H$ $Ft = (-976.02) + (264.78 D) + (0.16 D^2 H)$	0.9802	426869.0					

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MODELO ESTADISTICO	R2	CME	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
3	<i>Pinus greggii</i> <i>Englem</i>	Fitomasa Total (Kg)	$\text{LnY} = \beta_0 + \beta_1 D$ $\text{LnY} = 0.3544 + 0.2402 D$	0.9493	11.8973	Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) Arteaga, Coahuila, entre las coordenadas geográficas 25° 23' – 25° 24' de latitud Norte y 100° 36' – 100° 37' de longitud oeste	Tesis * (2009)	Captura de carbono en una plantación de <i>Pinus greggii</i> Engelm., en Arteaga Coahuila.	Jesús Águila Cerda
		Fuste comercial (Kg)	$Y^{0.5} = \beta_0 + \beta_1 D$ $F^{0.5} = -1.0109 + 0.4292 D$	0.9309	6.8372				
		Ramas (Kg)	$\text{LnY} = \beta_0 + \beta_1 D$ $\text{LnFr} = -0.7942 + 0.2246 D$	0.895	1.9859				
		Hojas(Kg)	$Y^{0.5} = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 H$	0.7657	0.5413				
4	Matorral espinoso tamaulipeco.	Biomasa total (Kg Ms ha ⁻¹)	$B = 39707 + (-22741.13) \cdot \log_{10}(\% \text{ en gris claro})$	SD	SD	Rancho "el pato", el cual esta localizado entre las coordenadas 27° 43' 43" de latitud Norte y 101° 31' 2" de longitud Oeste, con una altura de 490 msnm.	Tesis * (2005)	Uso de la fotografía digital para estimar la biomasa en matorral espinoso Tamaulipeco	Domitila Quezada Trejo
		Forraje (Kg Ms ha ⁻¹) Ms=materia seca	$F = 2193.77 - 23.45 \cdot \% \text{ en gris claro}$						
		Tallo (Kg Ms ha ⁻¹)	$T = 36520.23 + (-21517.37) \cdot \log_{10}(\% \text{ en gris claro})$						

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro * SD=Sin dato

4.5 Densidad de la Madera

Se muestran los resultados de los trabajos de investigación encontrados para el componente de densidad de la madera. La especie con importancia forestal, más estudiada en éstos es el *Pinus rudis* Endl., los cuales se realizaron en la Sierra de Arteaga (Anexo 9).

Cuadro 12. Trabajos encontrados sobre densidad de la madera utilizando métodos.

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MÉTODOS	RESULTADOS	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
1	<i>Pinus greggii</i> engelm	Rodajas y virutas (gr/cm ³)	DN=Peso anhidro/Vol. Verde $DN = \frac{1}{\frac{P_1 - P_0}{P_0} + \frac{1}{P_{S_0}}}$ P0=Volumen verde P1= Peso anhidro Ds0=1.53	Valor total=0.474gr/cm ³ Madera juvenil=.466 gr/cm ³ Madera trancision.478gr/cm ³ Madera madura=.483gr/cm ³	Cañón de Caballo Latitud N 25°14' 27" y Longitud O 100° 53' 05". Ejido Cuauhtémoc 25° 16' 28" y Longitud O 100° 34' 07". Jame 25° 21' 36"Latitud N y 100° 36' 41". Lirios 25° 23' 14" Latitud N y 100° 33' 22". Santa Anita 25° 26' 44" Latitud N y 100° 36' 02" Longitud O. Sierra hermosa25° 18' 49" Latitud N y 100° 56' 03"Longitud O.	Tesis * (1997)	Variación de la Densidad de la Madera de <i>Pinus greggii</i> Engelm en el Norte de México	Miguel López Locia
2	<i>Pinus rudis</i> Endl.	Rodajas y virutas (gr/cm ³)	Método máximo de contenido de humedad DM= Densidad de la madera Ps= Peso saturado Pa= Peso anhidro 1.53= Gravedad específica de la madera solida. $DM = \frac{1}{\frac{Ps - Pa}{Pa} + \frac{1}{1.53}}$ $\sigma^2_e + k\sigma^2_{e(a,b)} + k_5\sigma^2_{b(a)} + k_6\sigma^2_a$ $\sigma^2 + 1.97\sigma^2_{e(a,b)} + 4.29\sigma^2_{b(a)} + 25.61\sigma^2_a$	Valor min= .38gr/cm ³ Valor max= .69gr/cm ³ Valor med=.53gr/cm ³	El predio Armenia lote N° 2, Sierra Las Alazanas, Mpio. De Arteaga, Coah., el cual se ubica entre los paralelos 25° 23' 06" y 23° 23' 30" de latitud N y 100° 30' 00" y 100° 30' 23" de longitud O.	Tesis * (1997)	Variación en Densidad de la Madera Entre y Dentro de Arboles en <i>Pinus rudis</i> Endl. En Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.	Francisco López Antonio
3	<i>Pinus rudis</i> Endl.	Rodajas y virutas (gr/cm ³)	Pa= Peso anhidro Ps=Peso saturado $DM = \frac{1}{\frac{Ps - Pa}{Pa} + \frac{1}{1.53}}$ rodal 1= no aclareado rodal 2= Aclareados rodal 3= Aclareado	Rodal1= 0.402 (gr/cm ³) Rodal2=0.444(gr/cm ³) Rodal3=0.439(gr/cm ³)	San Antonio de las Alazanas. Los rodales se ubican entre las coordenadas geográficas 25° 15' 40" y 25 17' 11" de latitud N y 100° 27' 16" y 100° 28' 55" de Longitud O.	Tesis * (2000)	Efecto de un aclareo, sobre propiedades de la madera e incremento en diámetro, de <i>Pinus rudis</i> Endl. En la Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.	Héctor Sánchez Cerano

Nº	ESPECIE	COMPONENTE	MÉTODOS	RESULTADOS	UBICACIÓN GEOGRAFICA	FUENTE DE INFORMACION	TITULO	AUTOR
4	<i>Pseudotsuga</i>	Rodajas y virutas (gr/cm ³)	Se calculó el peso saturado (Ps) y el peso anhidro (Po), de las secciones de las virutas de madera; se estimó la densidad de la madera para cada sección, para la densidad total, la fórmula que se utilizó fue la del "método del máximo contenido de humedad". Se realizó un análisis estadístico $Y_{ijk} = \mu + P_i + A_i(j) + E_i(jk)$ Así también se utilizó el Software SAS (Statistical Analysis System), versión 6.04	Parte de la médula DM1 Parte media (DM2) Parte externa o de la periferia (DM3) Densidad de la madera total (DMT) Variación a nivel de localidad (11.24%). Variación a nivel árbol dentro de localidad 38.11%,	Las localidades consideradas en el presente estudio se localizan entre las coordenadas 24°52'57" y 25°37'00" de latitud Norte y entre 100°11'57" y 106°25'00" de longitud Oeste; entre 2190 y 3490 msnm.	Tesis * (2000)	Variación de la densidad de la madera de <i>Pseudotsuga</i> entre árboles y entre localidades del Norte de México	María Cristina Zúñiga Barragán

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*

5. CONCLUSIONES

- Se concluye en este trabajo que existe una seria deficiencia sobre estudios relacionados a carbono, biomasa, volumen y densidad de la madera con lo que respecta al estado de Coahuila. Los trabajos encontrados fueron realizados con (Matorral, Pino, Pastizal, Algodón y Vid).
- Así también se concluye que los estudios realizados sobre captura de carbono en especies forestales, representan valiosa información para futuras evaluaciones en áreas prioritarias para el pago de servicios ambientales, ya que en la actualidad las dependencias gubernamentales que inciden en el sector forestal apoyan a ejidos y comunidades poseedoras de terrenos forestales mediante el buen manejo de las zonas con cobertura vegetal de importancia para la conservación. Con lo anterior, las personas que viven en las zonas prioritarias para la captura de carbono tendrán ingresos económicos importantes y por lo consiguiente el mejoramiento de su bienestar.
- La mayoría de los trabajos se relacionan en el area de influencia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; seguido de algunos estudios realizados por: la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Universidad autónoma del Estado de México (UAEMEX), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCFUANL).
- Se encontraron 12 trabajos de investigación relacionados a volumen, estas investigaciones fueron realizadas en bosques del Genero *Pinus*. La especie más estudiada es *Pinus rudis*, seguido de *Pinus cembroides*.
- Sobre biomasa al igual que la captura de carbono no se cuentan con muchos trabajos de investigación y los que existen son 15, realizados en algodón, orégano, vid y solamente un trabajo para Pino. Fueron 11 trabajos de biomasa y 4 sobre carbono.

- Se llevo a cabo la revisión la bibliográfica de trabajos realizados en densidad de madera ya que con esta se puede calcular el peso seco (biomasa) y por consiguiente estimar el contenido de carbono en Kg, de hojas, ramas, fuste o árbol completo se les puede estimar el contenido de carbono.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar investigaciones que ayuden a valorar y a evaluar la captura de carbono en los diferentes estratos vegetales, ya que es importante que se tengan más estudios que brinden información sobre la temática de captura de carbono en diversos tipos de vegetación y suelo, y su significancia en la biosfera.

Los trabajos sobre captura de carbono están enfocados a bosques naturales o bien a plantación forestales, sin embargo los pastizales están siendo visualizados, bajo el contexto de servicios ambientales, cosecha de agua, biodiversidad aire limpio, paisajismo y secuestro de Carbono (C).

Asi mismo, es importante hacer evaluaciones sobre la significancia de diferentes cultivos y especies en las plantaciones forestales con respecto a la captura de carbono.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. J. 2009. Captura de carbono en una Plantación de *Pinus greggii* Engelm., en Arteaga Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Bautista, M. J. L. 2001. Crecimiento e Incremento en altura, diámetro, área basal y volumen de la regeneración de *Pinus rudis* Endl. En la Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Braun, W.R.H; Pieper, R.D.1980. Producción primaria en Ecosistemas de Zonas Áridas. Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas. 32-40.p. Argentina.
- Bolin, B., B.R. Döös, J. Jager y R.A. Warrick. 1986. The greenhouse effect, climate change and ecosystems. Ed. John Wiley & Sons.
- Brown, S.; J. Sathaye; M. Cannell; P. Kauppi. 1996. Mitigation or carbon emission to the atmosphere by forest management. Commonwealth forestry Review. 75 (1): 80-91.
- Carande, V. and D.A. Jameson. 1986. Combination of weight estimates with Clipped Sample Data. J. of Range Management. 39(1):88-89. U.S.A.
- Carrillo, F. R; F. Gómez; J. Arreola. 2007. Efecto de la poda sobre potencial productivo de Mezquites nativos en la Comarca Lagunera, México. Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. Vol 6 (1) 47-54. (Fecha de consulta 2-11-2010). Disponible en la pagina de internet <http://www.chapingo.uruza.edu.mx/revista/Vol.6%20Num.%201,%202007.pdf>.
- Castro, T. A. 2008. Estimación del Secuestro de Carbono en Pastizales Áridos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Castillo, Q. D; T. Saenz; M. Torres y D. Sanchez. 2009. Tablas de producción para el inventario de Cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel) en el Sureste de Coahuila. Rev. Cien. For. México. Vol. 34. Num 105. (Fecha de consulta 2-11-2010). Disponible en la pagina de internet

http://www.inifap.gob.mx/revistas/ciencia_forestal/enero_junio2010.pdf#page=159

- Chave, J. 2002-2006. Medición de densidad de madera en árboles tropicales *manual de camp*. Lab. Evolution et Diversité Biologique. Université Paul Sabatier
- Cruz, De. L. J. 1984. Estudio Dasonómico del Bosque de Coníferas de la Sierra de Zapaliname, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- CONAFOR. 1997. Programa Forestal y de Suelo 1995-2000. Coahuila de Zaragoza. México.
- Derner, J.D. Briske D.D. and Boutton T.W. 1997. Does grazing mediate soil carbon and nitrogen accumulation beneath C₄ perennial grasses along an environmental gradient? *Plant and Soil* 191: 147-156.
- Domínguez, L.S. 1988. Determinación de la relación raíz-copa en vid (*Vitis vinífera*) mediante materia producida. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Escorcia, Z.M. Del. C. 2010. Evaluación de la Biomasa, variables fisiológicas en Orégano Mexicano (*Lippia graveolens*) por efecto de inducción de estrés por Cobre (Cu). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Espinoza, N., Gatica J. y Smyle, J. 1999. El pago de servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. RUTA/IICA. Costa Rica. 91 p.
- Flores, L.E.A.1989. Análisis dimensional en Guayule (*Parthenium argentatum* Gray) en el C.E.F. "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Franco, A.R.C.1997. Tabla de producción para *Pinus rudis* Endl. En Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Gay, C. y J. Martinez. 1995. Mitigation of emissions of greenhouse gases in México. *Interciencia* 20(6): 336-342

- Guerrero, B.A.A. 1981. Estudio Dasonómico del Bosque de Coníferas de la Sierra de Parras. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Hernández. Del. C. R. 2006. Opuntia rastrera: Captura de Carbono en ecosistemas naturales y agroecosistemas en el Sureste de Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Hernández, G. H. G. 1998. Análisis Dasométrico y Financiero de un Bosque de *Pinus rudis* Endl. Sujeto a dos intensidades de aclareo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Coahuila_de_Zaragoza#Fauna . Fecha de consulta (22 de Septiembre 2010).
- <http://www.conabio.gob.mx/> Fecha de consulta (22 de Octubre 2010).
- INEGI. 2009. Anuario estadístico de Coahuila de Zaragoza. (En línea). Fecha de consulta (22 de septiembre de 2010).
- INEGI. 1988. Carta de vegetación y uso del suelo. Escala 1:1 millon. Mexico, D.F.
- Jasso, C, D; García, R, R; García, R, J; y Angulo, S, J. 1996. Caracterización de Proteínas de las Hojas y Semillas de Girasol: Relación de Biomasa y Rendimiento de Semilla. Publicacion. UAAAN.
- Jiménez, P., O.A. Aguirre C., y J.I. Yerena Y. 2007. Catalogo de contenido de carbono en especies de tipo arbóreo del Noreste de México. Publicación .CONAFOR.
- Kantu, R. J. P. 2007. Estimación Potencial de la Captura de Carbono en una Comunidad de *Pinus cembroides* en el Sur de Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Kimble, J. M., R. Lal y R. F. Follett. 2002. Agricultural practices and polices for carbon sequestration in soil. Lewis Publishers, EUA. 512 p.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 365 p.

- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones Instituto Forestal de Investigación y Experiencias y Servicios de la madera. Madrid, España. 675p.
- Lee, D.C., Y. Shirnabukuro, B. Rudorff. y T. Krug (1995). "Timber volume estimation using qualitative variables". Memorias del VI Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Pto. Valiata. México. noviembre, pp. 613-621.
- López, A.F. 1997. Variación en densidad de la madera entre y dentro de árboles en *Pinus rudis* Endl. En Sierra las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- López, L.M. 1997. Variación en la densidad de la madera de *Pinus greggii* Engelm. En el Norte de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- López D, L Soto, G Jiménez, S Hernández (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 28:334-339.
- Masera, O., T. Hernández, A. Ordóñez y A. Guzmán, 1995. Land use change and forestry. in preliminary inventory of national greenhouse gases: Mexico. UNEP PROJECT # GF/4102-92-01 (pp/3011) México, D.F. 56-100. (sept.).
- Masera, O.; Jong, B. y Ricalde, I. 2000. Consolidación de la oficina mexicana para la mitigación de gases de efecto invernadero. Reporte final. Sector Forestal. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Mora, C. E. 2010. Carbono Almacenado en la fitomasa aérea en una plantación de *Pinus greggii* Engelm., en Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Morales, M. E. 2003. Caracterización dasométrica y de productividad de los Bosques del Predio El Pilar, Municipio de Arteaga, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

- Montero G.; Muñoz M.; Donés J. y A. Rojo. 2004. Fijación de CO₂ por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus pyrenaica* Willd. en los montes "Pinar de Valsaín" y "Matas de Valsaín". Revista Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales Vol 13 (2): 399-416.
- Moreno, M. H. 2010. Panorama de algunos modelos estadísticos. Revista de economía y administración denarius. 82 p.
- Nájera, C., J. A. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus* en Arteaga, Coahuila. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 155 p.
- Navarro, M. S. A. 1997. Elaboración y validación de Tablas de Volúmenes para *Pinus cembroides* Zucc; en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Navarro M., S. A., L. M. Torres E., A. Cano P., S. Valencia M. Y E. H. Cornejo O. 2000. Predicción de volúmenes de fuste para *Pinus cembroides* Zucc., en el Sureste de Coahuila. Foresta-AN. Nota Técnica No. 3 UAAAN. Saltillo, coahuila. 16 p.
- Ordóñez, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F.
- Orozco-Vidal, Jorge A.; Palomo-Gil, Arturo; Gutiérrez-Del Rio, Emiliano; Espinoza Banda, Armando y Hernández- Hernández, Vicente. Dosis de nitrógeno y su efecto en la producción Y distribución de biomasa de algodón transgénico. Terra Latinoamericana [en línea] 2008, vol. 26 [Fecha de consulta 4-11-2010]. Disponible en :<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57311561004>.
- Parra, S.R. 1999. Crecimiento estacional y características de rendimiento de Hule y Resina del cultivo de Guayule (*Parthenium argentatum*, Gray) Bajo condiciones de temporal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Pérez O., Delfin C., Fregoso A., Cotler H. y Equihua M. 2006. Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas de servicios

- ambientales hídricos. Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAT. Gaceta ecológica 78. Xalapa, Veracruz. pp 65-84.
- Pieper, R.D. 1978. Measurement techniques for herbaceous and Shrubby Vegetation. Dep. Of Animal, Range, and Wildlife Science. New Mexico State Univ. Las Cruces. U.S.A.
- Pinales, B.C. 2008. Rendimiento, componentes de rendimientos y producción de Biomasa del Algodón en surcos Ultra.estrechos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Prodan, M., R. Peters. F. Cox y P. Real. 1997. Mensura Forestal. IICA-GTZ. Serie de investigación y desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 560 p.
- Ramírez, L.K. 2009. Evaluación de la Población de Biomasa, Variables Fisiológicas y Densidad estomática en Orégano mexicano (*Lippia graveolens*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Reyes, C.S.A. 2010. Dinámica de la Caída de Hojarasca y Deposición de Carbono en un Bosque natural de *Pinus cembroides* Zucc., en Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Rodríguez, G. R; D. Jasso; J. Angulo. 2001. Producción de Guayule; Respuesta de hule y biomasa al riego. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Sáenz, R.J.T. 1986. Determinación de la calidad de estación para *Pseudotsuga flahaulti* Flous y análisis de costos de esta actividad, en los Lirios, Arteaga, Coah. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Sánchez, C.H. 2000. Efecto de un aclareo, sobre propiedades de la madera e incremento en diámetro, de *Pinus rudis* Endl. En la Sierra Las Alazanas, Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Schlegel, B., Gayoso, J. y Guerra, J. 2000. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal. Universidad Austral de Chile. 23 p.

- Schulze, E. D., ch. Wirte y M. Heimann. 2000. Managing forest after Kyoto. *Science* 289(5487):2058-2059.
- SEMARNAT. 2003. Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable. (En línea). Fecha de consulta (17 de marzo de 2010). Archivo disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.
- SEMARNAT. 2003. Introducción a los servicios ambientales. (En línea). Fecha de consulta (18 de noviembre del 2010). Archivo disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.
- SEMARNAT. 2005. El medio ambiente en México: En resumen. (En línea). Fecha de consulta (18 de noviembre del 2010). Archivo disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>.
- Smith, D.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. U.S. Forest Service. Forest Products Laboratory. Report 2014. Wisconsin, USA. 8 p.
- Snowdon P.; Raison J.; Keith H.; Montagu K.; Bi K.; Ritson P.; Grierson P.; Adams M.; Burrows W. and D. Eamus. 2001. Protocol for sampling tree and stand biomass. National carbon accounting system technical report No. 31 Draft-March 2001. Australian Greenhouse Office. 114 p.
- Torres R J M, A Guevara S (2002) El potencial de México para la producción de Servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica-INE*, No. 063. Distrito Federal, México. 40-59.
- Torres R., J. M. y O. S. Magaña T. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Limusa. México, D.F. 472 p.
- Valencia M., S. y J.J. Vargas H. 1997. Método empírico para estimar la densidad básica de la madera en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosques* 3 (1): 81-87.
- Villarreal Q, J.A. 2001. Listados florísticos de México, flora de Coahuila. Instituto de Biología/UNAM. México DF. 132p.
- Villers R., L. e I. Trejo V. 1997. assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. *Climate Research* 9:87- 93.

Zepeda B. E. M. y Acosta M. M. 2000. Incremento y rendimiento maderable de *Pinus montezumae* Lamb., en San Juan Tetla, Puebla. 6(1):15-27.

Zobel y Talbert, 1988. Técnicas de mejoramiento genético de arboles forestales. Limusa. México. 545p.

Zúñiga, B.M.C.1998. Variación de la densidad de la madera de *Pseudotsuga* entre arboles y entre localidades del Norte de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

8. ANEXOS

Anexo 1

Tipos de vegetación y sus principales especies de Coahuila

Tipos de vegetación	Principales especies
Bosque de coníferas distintas a Pino Bosque de encino Bosque de Pino	<i>Pseudotsuga mensiezzii</i> , <i>Abies vejari</i> <i>Quercus spp.</i> <i>Pinus cembroides</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>Pinus rudis</i> .
Chaparral	<i>Quercus cordifolia</i> , <i>Quercus grisea</i> , <i>Quercus emory</i> , <i>Arctostaphylos</i> <i>pungens</i> , <i>Dasyllirion beriandieri</i> , <i>Dasyllirion sp.</i> , <i>Rhus virens</i> , <i>Pinus</i> <i>cembroides</i> , <i>Cowania plicata</i> , <i>Yucca</i> <i>carnerosana</i> , <i>Agave montana</i> , <i>Arctostaphylos pungens</i> , <i>Quercus</i> <i>cordifolia</i> , <i>Quercus emory</i> , <i>agave</i> <i>lechuguilla</i> , <i>Gymnosperma glutinosum</i> , <i>Chrysactinia mexicana</i> , <i>Brickellia</i> <i>veronicaefolia</i> , <i>Muhlenbergia rigens</i> , <i>Nama parvifolium</i> , <i>erioneuron sp.</i> , <i>Arenaria ludens</i> , <i>arenaria</i> <i>lycopodioides</i> , <i>Sisymbrium linearifolium</i> y <i>Mamillaria sp.</i>
Matorral desértico micrófilo	<i>Larrea tridentata</i> , <i>Prosopis</i> , <i>Cercidium</i> , <i>Olneya</i> , <i>Condalia</i> , <i>Lycium</i> , <i>Opuntia</i> , <i>Fouquieria</i> , <i>Hymenoclea</i> , <i>Acacia</i> , <i>Chilopsis</i> .
Matorral espinoso tamaulipeco, submontano y subtropical	<i>Cercidium spp.</i> , <i>Leucophyllum spp.</i> , <i>Prosopis spp.</i> , <i>Castela tortuosa</i> , <i>Condalia spp.</i> y <i>Acacia spp.</i> ,
Matorrao rosetofoilo Matorral sarcocrasicaule	<i>Agave lechuguilla</i> <i>Pachycormus discolor</i> , <i>Fouquieria spp.</i> , <i>Pachycereus spp.</i> , <i>Opuntia spp.</i> , <i>Pedilanthus macrocarpus</i> .
Mezquital huizachal	<i>Prosopis glandulosa</i> y <i>Acacia</i> <i>farneciana</i>
Palmar	<i>Sabal mexicana</i> , <i>Scheelea liebmannii</i> , <i>Orbignya guacoyule</i> , <i>Paurotis wrightii</i> , <i>Orbignya cohune</i> , <i>Brahea dulcis</i> , <i>Sabal</i> <i>pumos</i> , <i>Erythea spp.</i>
Pastizal natural	<i>Bouteloua gracillis</i> , <i>Bouteloua</i> <i>curtipendula</i> , <i>Bouteloua hirsuta</i> , <i>Bouteloua rothrockil</i> , <i>Bouteloua</i> <i>radicosa</i> , <i>Bouteloua repens</i> , <i>Bouteloua</i>

Vegetación de galería	<i>eripoda, Bouteloua scorpioides.</i>
Vegetación de suelos arenosos	<i>Prosopis sp.</i> <i>Prosopis sp., Larrea tridentata, Ambrosia dumosa, Lycium spp., Atriplex spp., Encelia farinosa, Yucca spp., Opuntia, Macheaerocereus, Lophocereus.</i>
Vegetación halófila y gipsofila	<i>Atriplex spp., Suaeda spp., Batis marítima, Frankenia spp., abronia marítima, Limonium spp., Sesuvium spp., Hilaria spp, Eragrostis obtusiflora.</i>
Áreas sin vegetación aparente	Áreas sin vegetación

CONABIO 2010.

Anexo 2

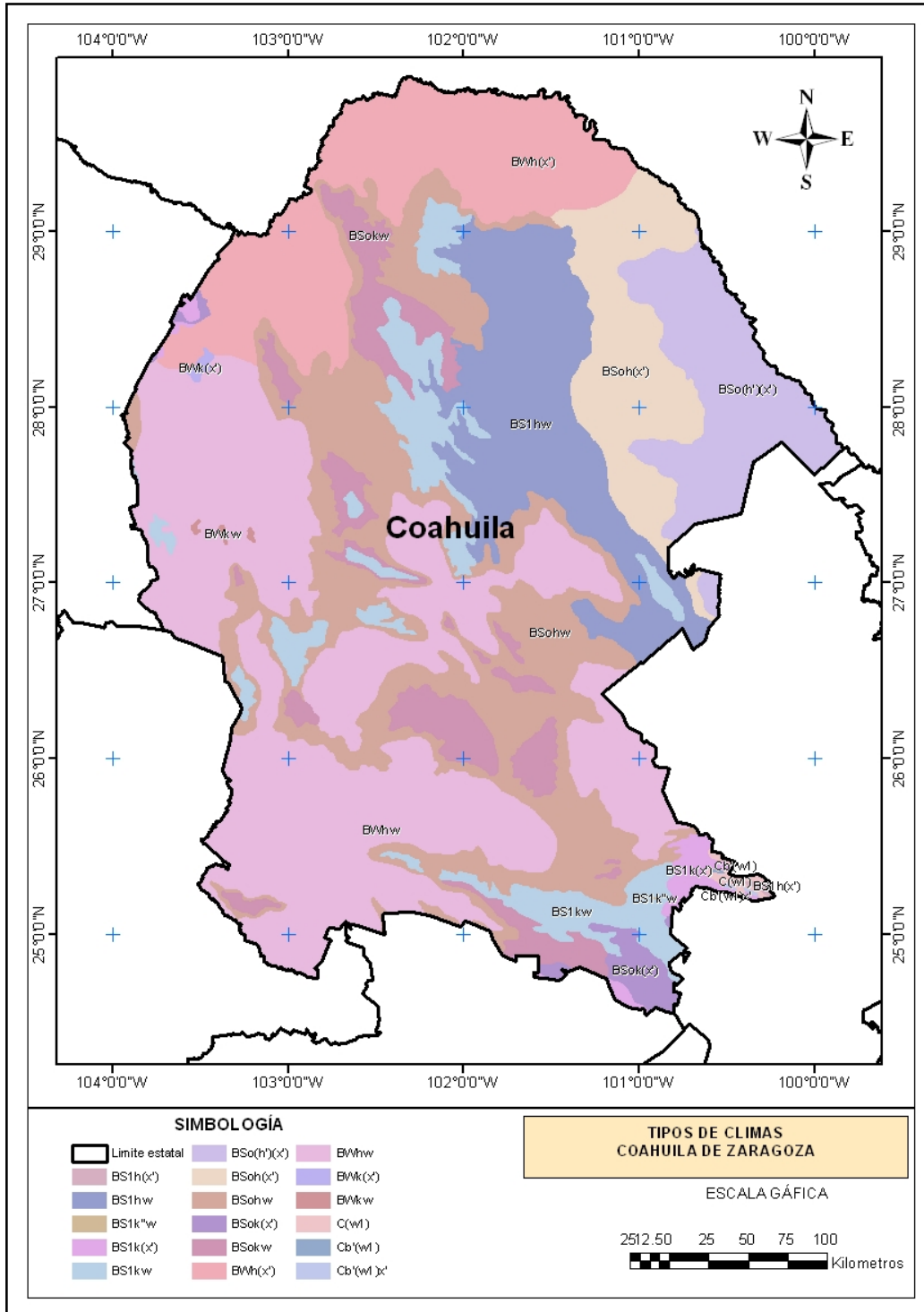
Pincipales especies de fauna en el Estado de Coahuila.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Liebre	<i>Lepus europaeus</i>	Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	Oso negro	<i>Ursus americanus</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>	Puma	<i>Puma concolor</i>
Tejón	<i>Meles</i>	Gato montés	<i>Lynx rufus</i>
Murciélago	<i>Chiroptera Sp.</i>	Rata	<i>Rattus Sp.</i>
Tlacuache	<i>Didelphimorphia</i>	Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Comadreja	<i>Mustela nivalis</i>	Zorrillo	<i>Spilogale gracilis</i>
Berrendo	<i>Antilocapra americana</i>	Lechuza	<i>Asio flammeus</i>
Halcón	<i>Falco Sp.</i>	Gavilán	<i>Parabuteo unicinctus</i>
Cuervo	<i>Corvus corax</i>	Cotorra serrana	<i>Rhynchopsitta pachyrhyncha</i>
Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	Águila	<i>Falconiformes Sp.</i>
Tordo	<i>Turdus merula</i>	Cenzontle	<i>Mimus polyglottos</i>
Calandria	<i>Mimus saturninus</i>	Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>
Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	Correcaminos	<i>Geococcyx californianus</i>
Paloma	<i>Columbidae Sp.</i>	Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>
Guajolote	<i>Meleagris Gallipavo</i>	Lagartija	<i>Liolaemus Sp.</i>
Víbora	<i>Viperinae Sp.</i>	Tortuga	<i>Testudo hermanni</i>
Araña	<i>Loxosceles laeta</i>	Escorpión	<i>Scorpionoidea Sp.</i>
Tarántula	<i>Grammostola spatulata</i>	Alacrán.	<i>Scorpionoidea Sp.</i>
Cardenal	<i>Cardinalis cardinalis</i>		

CONABIO 2010.

Anexo 3

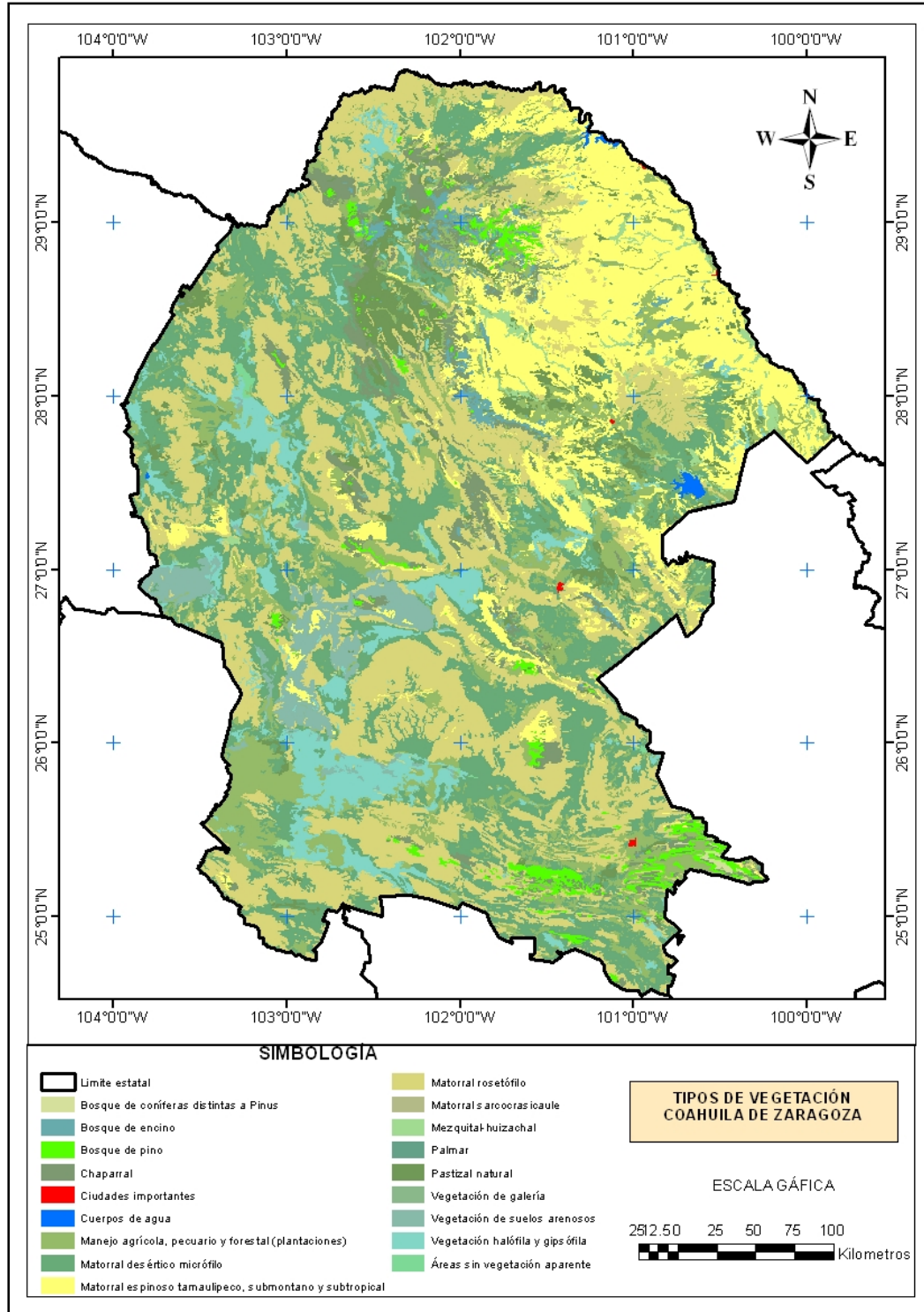
Tipos de climas presentes en el Estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 4

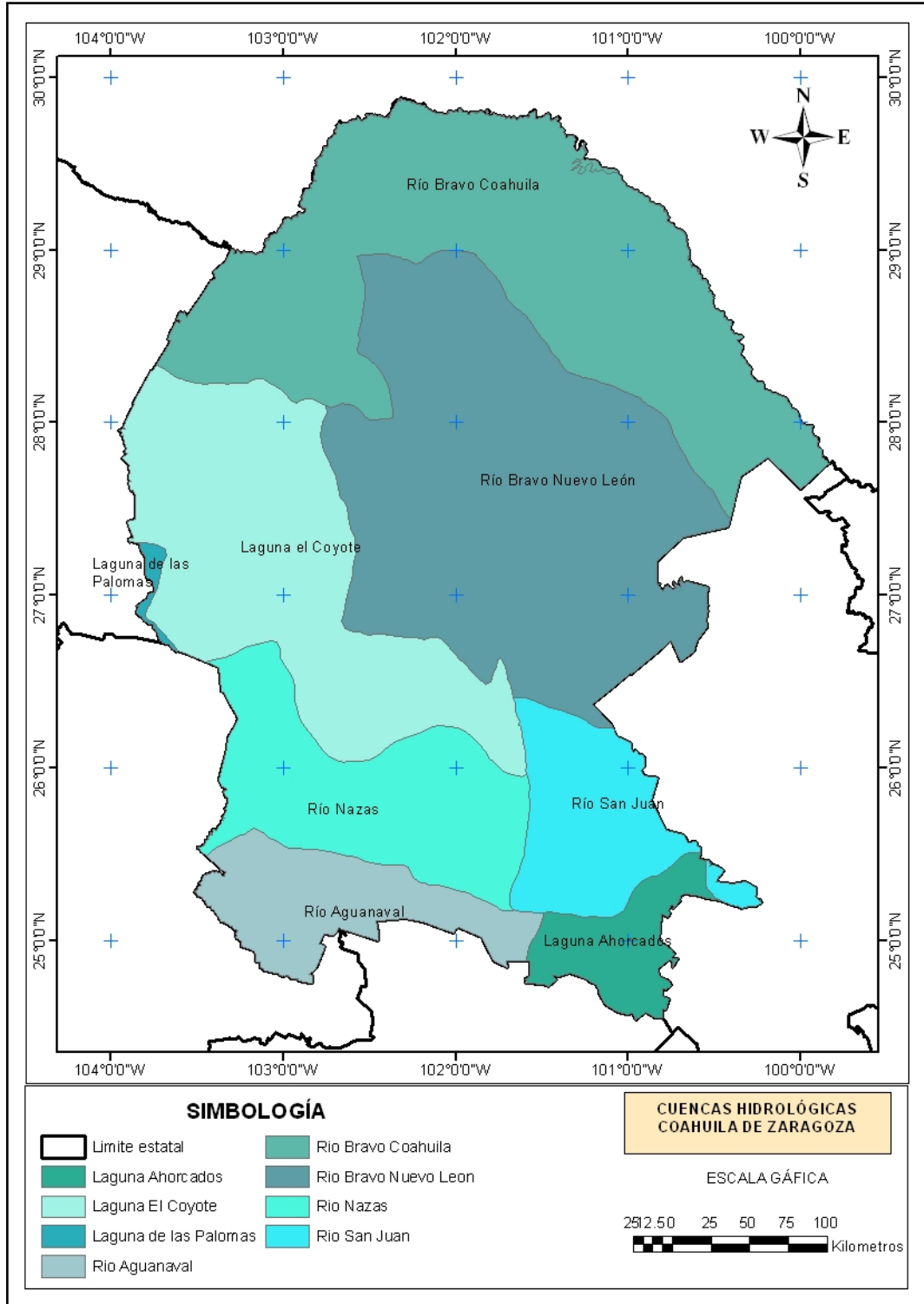
Tipos de vegetación presentes en el Estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 5

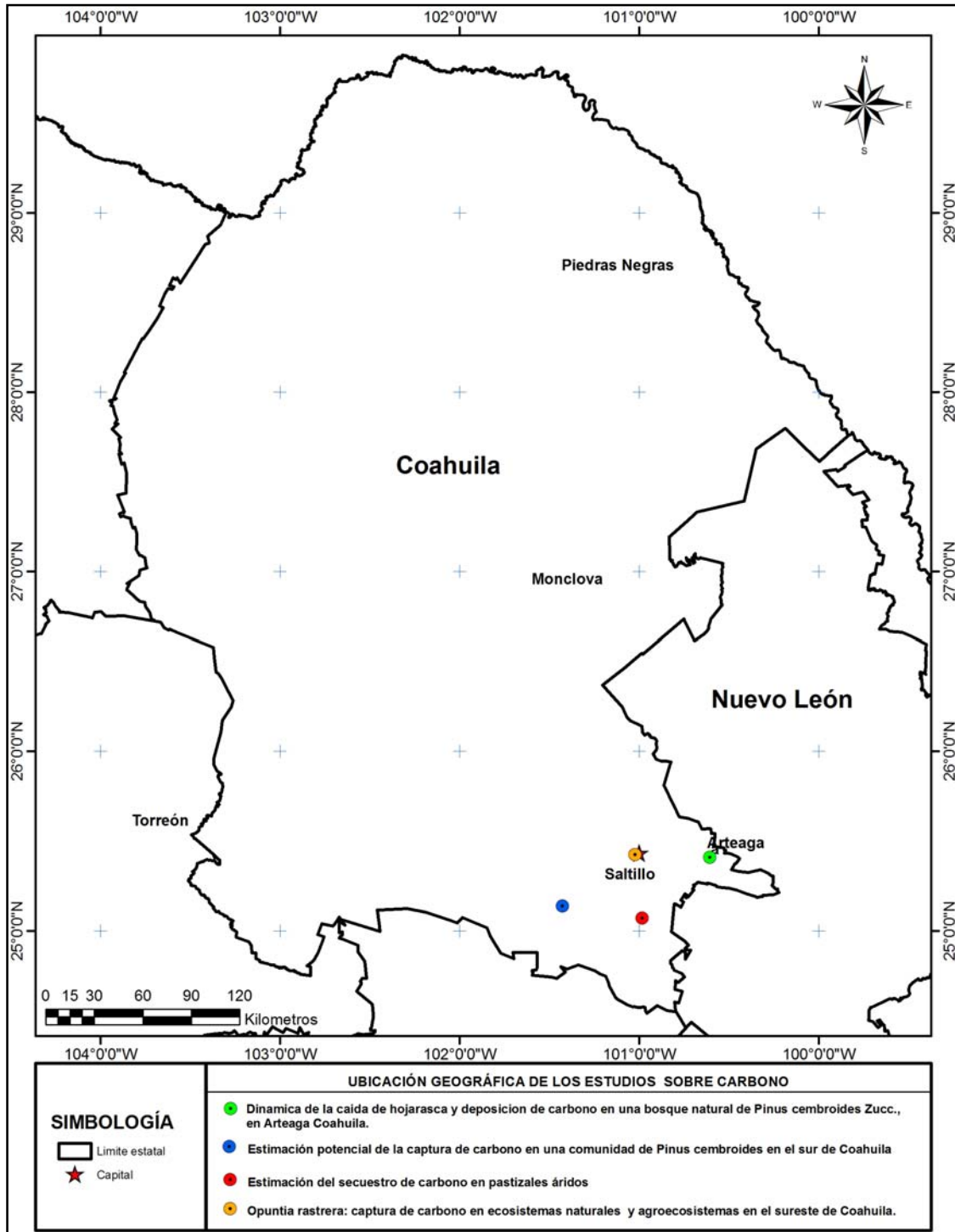
Regiones hidrológicas presente en el Estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 6

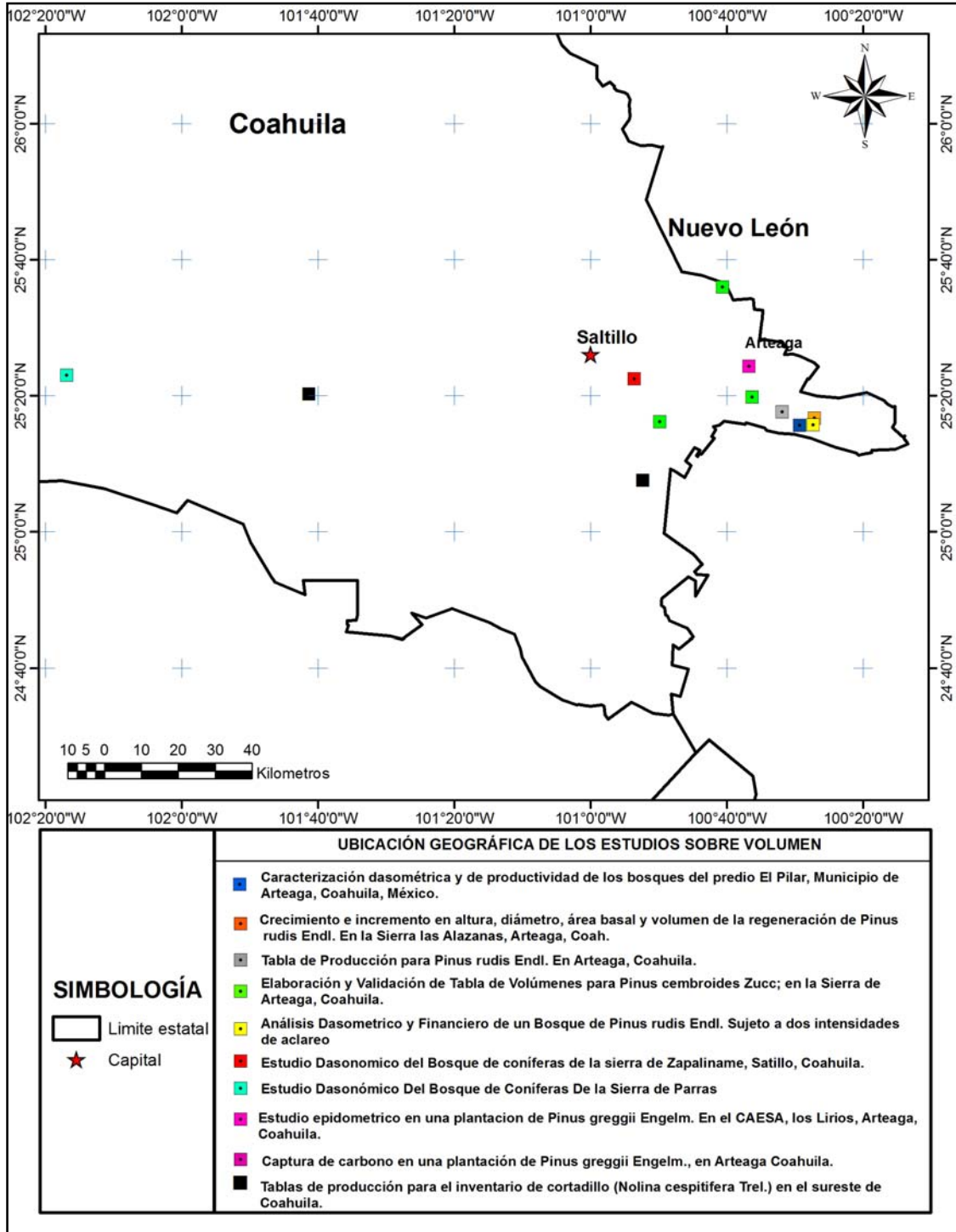
Ubicación de estudios de carbono en bosques naturales y pastizales áridos realizados en el estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 7

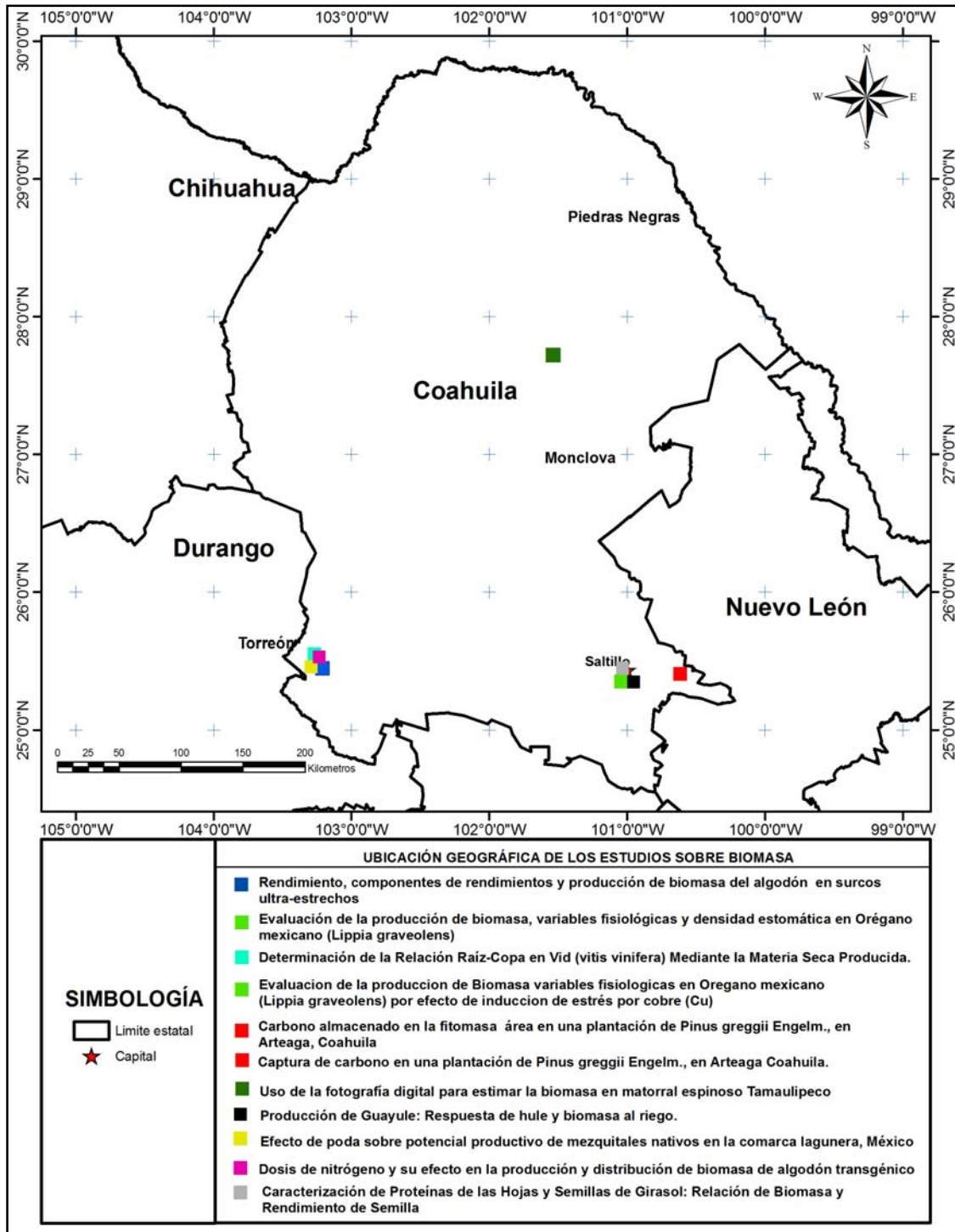
Ubicación de estudios sobre volumen bosques naturales y plantaciones forestales realizados en el estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 8

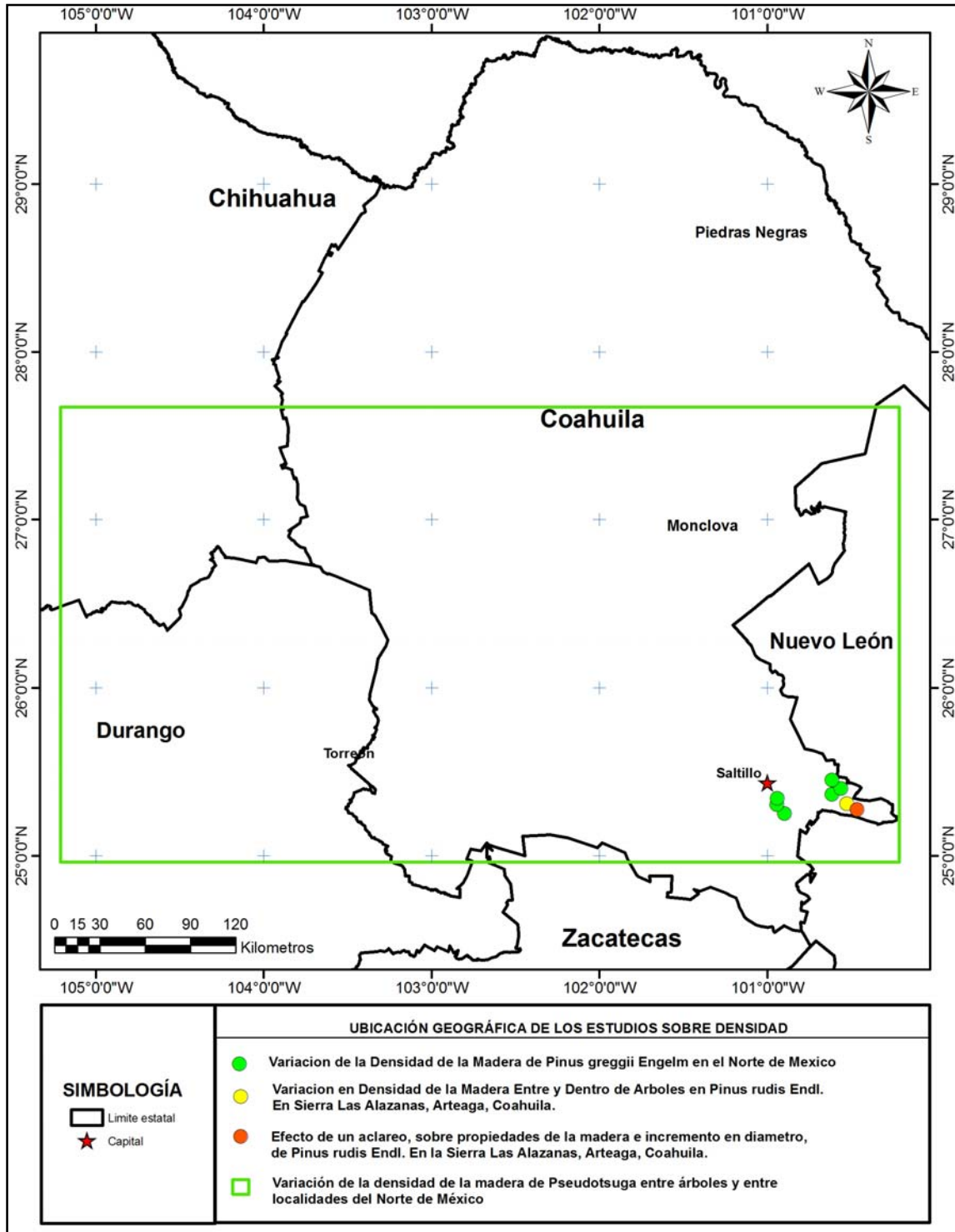
Ubicación de estudios de biomasa realizados en una plantación de *Pinus* en el estado de Coahuila.



CONABIO 2010.

Anexo 9

Ubicación de estudios sobre densidad de la madera en el estado de Coahuila.



CONABIO 2010.