

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



PROYECTO

**ESTIMACION POTENCIAL DE LA CAPTURA DE CARBONO EN UNA
COMUNIDAD DE *Pinus cembroides* EN EL SUR DE COAHUILA.**

Por:

JOSE PAUL KANTUN RAMÍREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre del 2007**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NARURALES RENOVABLES**

Estimación Potencial de la Captura de Carbono en una comunidad de *Pinus cembroides*
en el sur de Coahuila.

Presentada por:

JOSE PAUL KANTUN RAMIREZ

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
Parcial para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobada

M.C. Luis Pérez Romero
Presidente del Jurado

Dr. Juan José López González
Sinodal

Dr. Álvaro Fernando Rodríguez Rivera
Sinodal

Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la división de Ciencia Animal

Buenavista, saltillo, Coahuila, México, a Diciembre de 2007

DEDICATORIAS

A Dios

Le doy gracias al señor por darme esta vida, el privilegio y la oportunidad de seguir vivo. Gracias por darme la salud y la fuerza para seguir viviendo día a día. Al hacer de mi, cada día; un mejor hombre.

A mis Padres

M. Candelaria Ramírez Romero y Mario Kantún Uitz

A quienes les dedico este éxito y por que hicieron de un mocoso travieso, un Ingeniero Agrónomo Zootecnista, y también les quiero decir: ¡gracias!, gracias por darme la vida, su amor, su confianza y cariño. Por apoyarme en todos mis proyectos tanto en mi carrera estudiantil y en la vida, por eso y muchas cosas más. Gracias por guiarme, a las buenas y malas. Gracias por todo ese calor de hogar, ¡dios quiera y nunca se acabe!, ¡gracias!

A mis Hermanos y mi Sobrino

Elsy Judith Kantún Ramírez

Karla Cristina Kantún Ramírez

Kevin Eduardo Kantún Ramírez

Alexander Jesús Cruz Kantún

Por que quisiera que no solo sea un ejemplo a seguir, por el hecho de ser su hermano mayor, si no también un logro para superar. Quiero que sepan que siempre estaré con ustedes, siempre que me lo pidan, y cuando no, también. Porque para eso somos hermanos si no para apoyarnos mutuamente como lo que somos y ayudarnos incondicionalmente sin importar todos los problemas que hemos pasado como familia.

A mi Tía y Primos

Araceli Salazar de Kantún

Araceli Kantún Salazar

Elsy Kantún Salazar

Roger Elíezer Díaz Ramírez

Les doy gracias por que siempre me han tenido como un hermano y por que siempre están cuando mas he necesitado y brindado su confianza para vivir con ustedes.

A mis Tíos

Luís Humberto Ramírez Romero

José Guadalupe Ramírez Acosta

Alejandra Ramírez Romero

Gracias por todos lo momentos en que necesite de ustedes y por apoyarme emocionalmente, dándome ver que en esta vida la superación es la base del éxito y que soy un integrante mas de la familia ya recibido y que aportare un grano mas a casa.

A la Familia Miramontes Dávila

Gracias por todo su apoyo y confianza que hubo en un tiempo y por apoyarme en todo momento cuando lo necesite. Y por su comprensión y amistad que me dieron.

A la mujer que más he amado

Gracias por estar en todo momento cuando mas lo necesite y por apoyarme en los momentos de soledad y brindarme tu amor y cariño por estos seis años.

Temblad ante el esclavo cuando
Rompe sus cadenas, no tembléis ante
El hombre libre. (Jean - Paul Sartre)

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quisiera agradecer a dios y a mis padres por darme lo mas lindo que pueda tener en la vida que es la dicha de existir.

A mí “ALMA TERRA MATER” (La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) por abrirme sus puertas y ser parte fundamental para mi desarrollo personal así como brindarme la oportunidad de realizar mis estudios con los cuales me forme dentro de una de las actividades mas lindas que hay en la vida y que es el de saber hacer producir la tierra.

A la División de Ciencia Animal, especialmente a todos mis profesores, que con su esfuerzo y empeño de enseñanza, hicieron de mí un profesionista para cumplir una etapa más de mi vida.

Al Departamento de Recursos Naturales Renovables por haberme brindado la oportunidad de la realización de este proyecto a si como a todos los profesores que me dieron clases así como a mi asesor.

Al MC. Luis Pérez Romero, por darse la oportunidad y el tiempo de ser mi asesor para la realización de este proyecto durante todo este tiempo. Gracias.

A mis Amigos: Toribio, Salvador, Fabio, Carlos Emmanuel, Guadalupe, Gladys Castro, Martha perla, José Raúl, Luis Enrique, Sergio, Roger, Irma, Carlos lozano, Álvaro, Isaac, por haberme apoyado en estos últimos meses para la realización de esta tesis.

A la Lic. Sandra Vanesa Canto Be, gracias por todo tu apoyo y comprensión, pero principalmente tú amistad y cariño que me haz demostrado en todo este tiempo y más por que tuvimos la oportunidad de trabajar juntos y ese sentimiento que yo no he sabido valorar.

A mis Compañeros de Generación: Silvia Escalante (chiva), Zaid, Edgar Callejas, Edgar Moreno, Freddy, Luis Narciso, Guadalupe, Oseas, Fabio, Cutberto, Hipólito, Alermo

REFLEXIONES

“Nunca consideres el estudio como una obligación, si no como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein

“Los únicos sueños reales, son aquellos sueños con los ojos abiertos.”

Anónimo

“Cuando haces cosas grandes, mas grandes son tus errores, pero mayores serán tus satisfacciones.”

Anónimo

“Alcanzar una meta no es un destino, es solo parte de nuestro camino.”

Anónimo

“Empieza por hacer lo necesario, luego lo que es posible, y de pronto te encontraras haciendo lo imposible.”

San Francisco de Asís

“La posibilidad de realizar un sueño es lo que hace que la vida sea interesante.”

Paulo Coelho

“Mientras el tímido reflexiona, el valiente va, triunfa y vuelve.”

Proverbio griego

INDICE DE CONTENIDO

| | Pagina |
|---|-------------|
| Dedicatoria | i |
| Agradecimientos | iii |
| Reflexiones | iv |
| Índice de Contenido | v |
| Índice de Cuadros | vii |
| Índice de Figuras | viii |
| Resumen | ix |
| | |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| OBJETIVO | 2 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Fijación de Bióxido de Carbono | 3 |
| 2.1.1 Ciclo del Carbono | 4 |
| 2.2 Efecto Invernadero | 7 |
| 2.2.1 Gases de Efecto Invernadero | 8 |
| 2.3 Los bosques y el Cambio Climático Global | 9 |
| 2.3.1 Los bosques y sus emisiones de Carbono | 9 |
| 2.3.2 Los bosques como reservorios de Carbono | 9 |
| 2.4 <i>Pinus cembroides</i> (pino piñonero) | 11 |
| 2.5 Recursos Naturales | 12 |
| 2.6 Recursos Forestales | 12 |
| 2.7 Bienes y servicios ambientales | 12 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 14 |
| 3.1 Descripción del área de estudio | 14 |
| 3.1.1 Ubicación del área de estudio | 14 |
| 3.1.2 Geografía | 14 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.3 Fisiografía..... | 14 |
| 3.2 Características Físicas | 17 |
| 3.2.1 Clima | 17 |
| 3.2.2 Tipo de suelo | 19 |
| 3.2.3 Hidrología..... | 20 |
| 3.3 Características Biológicas | 22 |
| 3.3.1 Vegetación..... | 22 |
| 3.3.2 Fauna | 27 |
| 3.3.2.1 Característica de la zona..... | 27 |
| 3.3.2.2 Especies de interés cinegético | 27 |
| 3.3.2.3 Especies amenazadas ó en peligro de extinción | 28 |
| 3.4 Método de muestreo | 29 |
| 3.4.1 Parámetros | 29 |
| 3.5 Actividades Propuestas | 30 |
| 3.5.1 Evaluación y estimación de la masa forestal..... | 30 |
| 3.5.2 Estimación de Potencial para captura de Carbono | 30 |
| 3.5.3 Actividades de Conservación | 30 |
| 3.5.4 Tecnología que será empleada | 31 |
| 3.5.5 Obtención de factor para estimación de carbono forjado en fustes..... | 32 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 33 |
| V. CONCLUSIONES | 37 |
| VI. LITERATURA CITADA | 39 |
| VII. APENDICE..... | 44 |
| Glosario | 44 |

INDICE DE CUADROS

| | Pagina |
|--|---------|
| Cuadro 1. Caracterización Fisiográfica del Predio | 16 |
| Cuadro 2 Tipos de suelos que existen en el predio..... | 19 |
| Cuadro 3. Cuencas Hidrológicas existentes en el predio..... | 20 |
| Cuadro 4. Vegetación existente en el Predio | 22 |
| Cuadro 5. Especies comunes presentes en el sitio | 25 y 26 |
| Cuadro 6. Especies sujetas a protección especial | 28 |
| Cuadro 7. Morfometría de <i>Pinus cembroides</i> en el Rancho “El Capulín”, Saltillo, Coahuila..... | 34 |
| Cuadro 8. Condición Original (CONCENTRADO) ESPECIE: <i>Pinus cembroides</i> | 34 |
| Cuadro 9. Existencias | 35 |
| Cuadro 10. Estimación de Carbono orgánico almacenado | 36 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pagina |
|--|--------|
| Figura 1. Ciclo del Carbono..... | 4 |
| Figura 2. Diagrama simplificado de los flujos y almacenos de carbono en un ecosistema forestal | 6 |
| Figura 3. Efecto Invernadero | 7 |
| Figura 4. Mapa del Clima del predio “El Capulín” | 18 |
| Figura 5. Plano correspondiente a la ubicación hidrológica del predio..... | 21 |
| Figura 6. Tipo de vegetación | 23 |
| Figura 7. Uso del suelo y vegetación..... | 24 |

RESUMEN

Específicamente para México, este fenómeno es de singular importancia, ya que México se encuentra entre los 20 países con mayores emisiones de estos gases y por el otro se encuentra entre las regiones mas vulnerables a los impactos asociados al cambio climático debido a sus condiciones bioclimáticas y socioeconómicas.

Los bosques y selvas, además de proporcionar al hombre una abundancia de productos, desempeñan una importante función dentro de los ecosistemas ya que son generadores de una serie servicios ambientales, tales como: la fijación de bióxido de carbono (CO₂) de la atmosfera, la protección a cuencas (conservación del suelo, agua y biodiversidad).

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una estimación potencial de la captura de carbono en un bosque de *Pinus cembroides* en el sur de Coahuila, esto con el objeto de conocer el potencial de fijación de carbono que tiene este bosque durante los últimos 50 años, obteniendo como resultado una cantidad de 5,168.9 ton de carbono orgánico almacenado total, en los tres sitios que se realizo el estudio, los cuales son: “los mochos”, “las lajas”, “las minas”; el cual estos suman una superficie de mas de 915 has, dando como resultado los arboles en el sitio “las lajas” la mayor altura de hasta 9.57 m. En promedio teniendo la mayor altura dominante de 14.71 m. los sitios “los mochos” y “las minas” presentan alturas de 13.2 y 13.6 m. respectivamente, dichos arboles tienen aproximadamente una edad de 53.5 – 56.5 años.

Por otro lado se observa que en el sitio “las minas” es el que presenta con una mayor densidad de arboles teniendo aproximadamente 710 arboles por hectárea, por el contrario en el sitio “las lajas” es el que tiene una menor densidad de arboles, teniendo una cantidad de 386 arboles por hectárea.

En otra observación en el sitio “las minas” además de ser el que tiene mayor densidad de arboles es donde hay una mayor cantidad de carbono orgánico almacenado ya que cuenta con 12.26 ton de COT en una superficie de 309 hectáreas. Otras muestras obtenidas sobre el sitio “los mochos” es el que tiene menor contenido de carbono almacenado ya que en él existe aproximadamente 1.2 ton de COT.

Todos estos datos obtenidos de los tres sitios se suman y nos da un total de 5,168.9 ton de carbono orgánico total en una superficie de 915 hectáreas a través de más de 50 años.

INTRODUCCION

Los principales almacenes de Carbono en los ecosistemas forestales son: el suelo; la vegetación; y la cubierta de materia orgánica vegetal.

En lo que respecta a la vegetación, ésta es la encargada de incorporar el Carbono atmosférico al ciclo biológico, lo cual se realiza a través de la fotosíntesis. En ese sentido, los bosques del mundo, capturan y conservan más Carbono que cualquier otro ecosistema terrestre, participando con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo (Apps, 1993; Brown, 1993; Dixon, 1994).

Durante los últimos siglos, el clima de la tierra ha sido beneficioso para la humanidad. La mayoría de los seres vivos que habitan el planeta se han desarrollado bajo una atmósfera benigna, tal desarrollo ha generado grandes cambios, uno de ellos podemos señalarlo como un “experimento mundial” que sin darnos cuenta el resultado es el cambio de aspecto del planeta, este experimento en la actualidad se conoce como Cambio Climático Global (CCG).

El cambio climático global se puede definir como el posible aumento de la temperatura del aire del planeta, dado principalmente por la alta concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) como: el bióxido de carbono, vapor de agua, metano, óxido nitroso, ozono, bióxido de azufre y clorofluorocarbonos, los cuales tienen la capacidad de actuar como el vidrio que cubre la estructura de un invernadero, el cual absorbe los rayos solares en vez de reflejarlos.

Otra causa que contribuye con grandes emisiones de GEI sin duda es el cambio en el uso del suelo ya que anualmente se deforestan 17 millones de hectáreas en el mundo, lo que significa una liberación de cerca de 1.8 billones de toneladas de carbono, que es del 20 al 30% de las emisiones antropogénicas (Montoya *et al.*, 1995).

Una forma de mitigar el CCG es con la ayuda de la vegetación ya que esta actúa como reservorio o almacén de carbono. Debemos de tomar en cuenta que la capacidad de almacenamiento de carbono en los bosques se está perdiendo rápidamente debido a los procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales. Para proponer estrategias viables y dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible; por un lado, conocer la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales, y por otra, las modificaciones a los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso del suelo.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una Estimación Potencial de la Captura de Carbono en una comunidad de *Pinus cembroides* en el sur de Coahuila.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Fijación de bióxido de carbono

Montoya (1995), afirma que, a través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO_2 atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra.

Montoya (1995) y Ordoñez, (1999), describen que, con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO_2 en dos formas.

a) Creando nuevos reservorios de bióxido de carbono. Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural, y por la extracción de madera.

En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles y, al extraer la madera, convertirla en productos durables. El carbono acumulado se mantendrá durante la vida útil del producto. Al extraer la madera, la regeneración actuará almacenando carbono por el crecimiento. Los sistemas forestales y agroforestales pueden capturar en sus diferentes almacenes de 80 a 350 toneladas de carbono por hectárea.

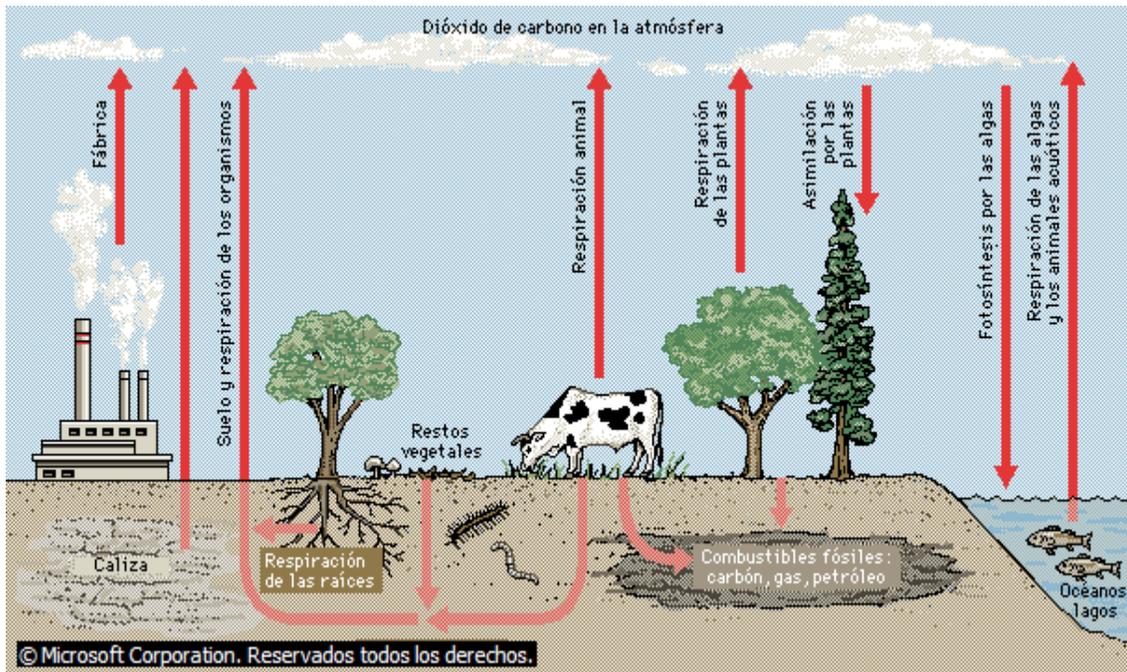
b) Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea. Mencionan que “Mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos son requeridos para validar dicha protección“, no obstante, los aspectos técnicos pierden su efectividad si no participa la población, es decir, tanto los dueños de los recursos como los que consumen los productos derivados del bosque.

2.1.1 Ciclo del Carbono

Ciclo del carbono, en ecología, ciclo de utilización del carbono por el que la energía fluye a través del ecosistema terrestre. El ciclo básico comienza cuando las plantas, a través de la fotosíntesis, hacen uso del dióxido de carbono (CO_2) presente en la atmósfera o disuelto en el agua. Parte de este carbono pasa a formar parte de los tejidos vegetales en forma de hidratos de carbono, grasas y proteínas; el resto es devuelto a la atmósfera o al agua mediante la respiración. Así, el carbono pasa a los herbívoros que comen las plantas y de ese modo utilizan, reorganizan y degradan los compuestos de carbono. Gran parte de éste es liberado en forma de CO_2 por la respiración, como producto secundario del metabolismo, pero parte se almacena en los tejidos animales y pasa a los carnívoros, que se alimentan de los herbívoros. (Encarta 2005).

En última instancia, todos los compuestos del carbono se degradan por descomposición, y el carbono es liberado en forma de CO_2 , que es utilizado de nuevo por las plantas.

Figura 1. Ciclo del Carbono



El carbono, 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. Aunque parte del carbono desaparece de forma temporal del ciclo en forma de carbón, petróleo, combustibles fósiles, gas y depósitos calizos, la respiración y la fotosíntesis mantienen prácticamente estable la cantidad de carbono atmosférico. La industrialización aporta dióxido de carbono adicional al medio ambiente. (Encarta 2005).

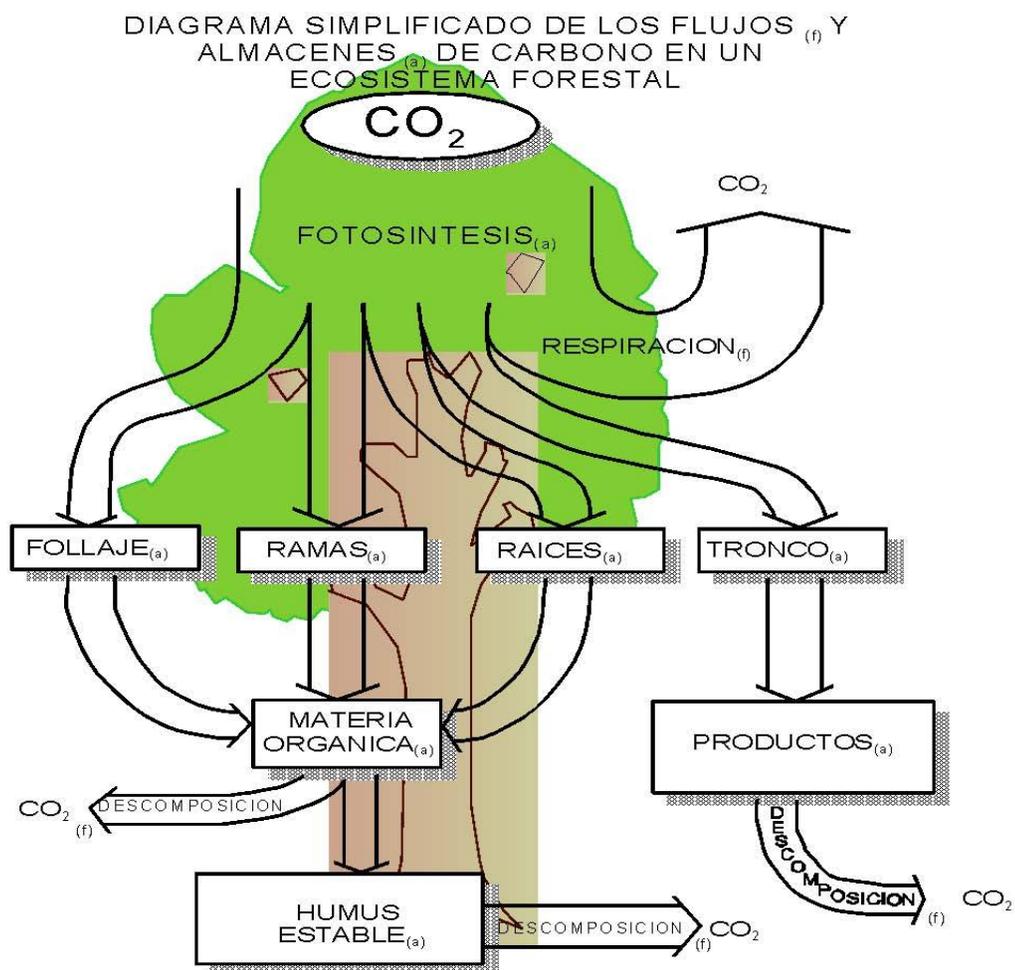
Castellanos y col. (1991), afirman que el carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de C al suelo. Especie de planta asignará más o menos C para producir biomasa en la parte aérea o en la parte subterránea. Por ejemplo, la biomasa subterránea en la selva estacional representa entre 40 y 50 % de la biomasa total, mientras que en el bosque templado y la selva húmeda, la biomasa subterránea representa menos del 15%.

Oliva y García-Oliva (1998), describen que, la incorporación de C al suelo en los ecosistemas naturales se da por dos vías principales: por el mantillo (capa superficial de materia vegetal) y por la biomasa radicular. La velocidad de la descomposición de este material depende de las poblaciones microbianas del suelo y de las características del material vegetal.

Oliva y García-Oliva (1998), narran que, cuando el material llega al suelo, primero van a ser descompuestas las formas más sencillas (e.g., carbohidratos) aumentando la actividad microbiana y posteriormente serán degradados los compuestos más complejos con una menor velocidad y actividad microbiana. Esto sugiere que la entrada de C nuevo al mantillo y al suelo es muy importante para mantener activas a las poblaciones microbianas. Esta incorporación de C nuevo es por medio de la vegetación, por lo que la producción y la fenología son otros mecanismos que controlan el flujo de C atmósfera - planta – suelo.

García-Oliva y Ordóñez (1999), describen que, esto es resultado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales. En efecto los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, (figura 2) mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal.

Figura 2. Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal (Ordóñez, 1998 y 1999).

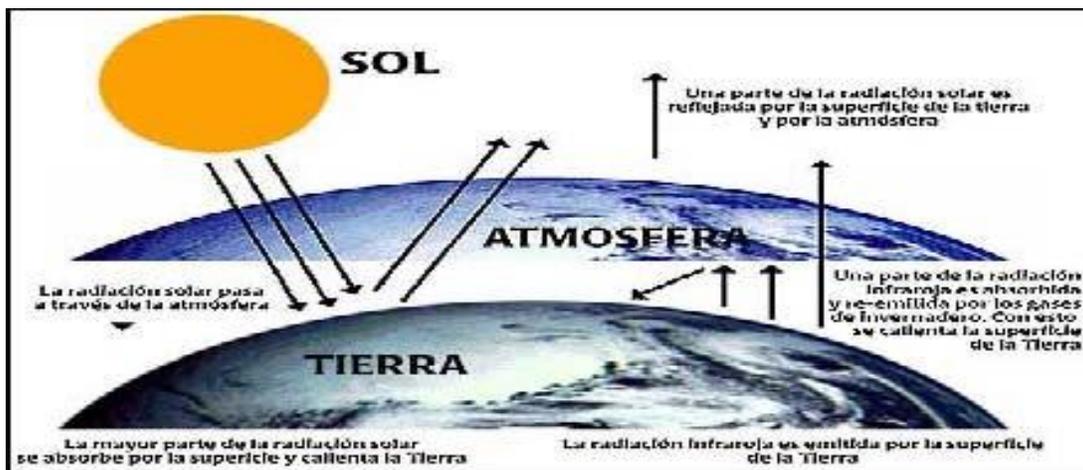


2.2 Efecto Invernadero

Nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera, compuesta por nitrógeno (78.3%), oxígeno (21.0%), argón (0.3%), bióxido de carbono (0.03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón y xenón. Además contiene aerosoles (partículas) en cantidades variables, dependiendo de su origen y concentración, y vapor de agua en concentraciones fluctuantes. Este último es responsable de gran parte de los fenómenos meteorológicos (Salati, 1990).

El efecto invernadero se debe a que ciertos gases en la atmósfera permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, mientras que se absorbe y remate parte de la radiación infrarroja que el planeta regresa al espacio exterior. Cuanto mayor es la concentración de los gases de invernadero, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta remite libremente al espacio exterior. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta (Ordóñez, 1999).

Figura 3. Efecto invernadero (Colegio de la Frontera Sur, 2003).



La figura No. 3 ilustra como la radiación infrarroja liberada es absorbida por las nubes y los gases de efecto invernadero, manteniendo así la temperatura de la tierra a 33°C más caliente de lo que de otra manera estarían.

2.2.1 Gases de efecto invernadero

El clima de la Tierra está dado por el balance radiactivo de la atmósfera, el cual depende, a su vez, de la entrada de energía en forma de radiación solar, su actividad radiactiva, la abundancia de gases de efecto invernadero en la atmósfera, nubes y aerosoles (IPCC, 1992).

Diferentes autores (Schneider, 1989; Houghton y Woodwell, 1989; Goudie, 1990; Dixon *et al.*, 1994; Masera, 1995) afirman que el bióxido de carbono (CO₂) es el principal gas de efecto invernadero. Otros gases con concentraciones menores producen el mismo efecto con diversas intensidades, tales como metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O₃).

Desde la revolución industrial, la concentración de gases de efecto invernadero se ha incrementado rápidamente la concentración de 360 ppmv² del bióxido de carbono (CO₂) en 1990, resultó 25% mayor que en la etapa preindustrial (antes de 1750), cuyo valor era de alrededor de 280 ppmv, y por arriba, a su vez, de cualquier periodo durante los últimos 160 años (Goudie, 1990; Masera, 1991 citado por Ordóñez, 1999), sobre todo como resultado de las actividades humanas.

Muchos de estos gases tienen tiempos de vida (residencia atmosférica) que van desde décadas hasta centenares de años, por lo que los cambios en las concentraciones de la atmósfera se manifiestan lentamente como respuesta a los que se dan en las tasas de emisión (Goudie, 1990; IPCC, 1990).

2.3 Los bosques y el cambio climático global

2.3.1 Los bosques y sus emisiones de carbono

Aproximadamente el 15.7% del área forestal total del país está clasificada en el inventario nacional como área forestal perturbada, es decir, que ha perdido "calidad" de recurso forestal debido a los procesos de degradación y fragmentación relacionados con la reducción y pérdida de biomasa y a la pérdida de potencial productivo del área, así como a la alteración de suelos y de su correspondiente flora y fauna.

En la actualidad, el sector de cambio de uso del suelo y silvicultura en México es una fuente neta de emisiones de gases de invernadero. Según el Instituto Nacional de Ecología en su Inventario de emisiones de gases de invernadero, la deforestación y degradación forestal representan la segunda fuente de emisiones de GEI en importancia en México, con emisiones netas de 37 millones de toneladas métricas de carbón por año en 1990. Estas emisiones representaron ese año 31.4% del total de emisiones de CO₂ en el país (INE, 1997).

Las áreas forestales se desmontan por diversas razones a menudo relacionadas entre sí. Se desmontan las tierras para ampliar la producción agrícola, en particular para el cultivo y la ganadería. También se pierden los bosques debido a los incendios (Conabio 1998; Food and Agricultural Organization 1999). Además, se desmontan para la obtención de madera destinada a la industria del ramo.

2.3.2 Los bosques como reservorios de carbono

La superficie forestal estimada en la Tierra es de 4.1×10^9 ha, y donde las áreas naturales protegidas abarcan el 2.3%, y menos del 10% de dichas áreas que se encuentran bajo manejo. Aproximadamente el 37% de carbono se encuentra en latitudes bajas (0° a 25° Lat.), 14% en las medias (25° a 50° Lat.) y 49% en las altas (50° a 75° Lat.). Por esto Dixon *et al* (1994), afirman que la proporción de carbono capturado por la vegetación y suelo difiere en cuanto a su ubicación geográfica respecto de su latitud.

Dos terceras partes del carbono en ecosistemas forestales se encuentra contenido en el suelo (Ordóñez, 1999).

Los biomas boreales y circumpolares tienen una cobertura de 2×10^9 ha en el hemisferio norte, y contienen 800 GtC en reservas de carbono contenido en la biomasa, detritus, suelo y turba. En los ecosistemas forestales boreales, la biomasa, el mantillo, la turba (con 419 GtC) y el suelo (con 290 GtC) contienen en su totalidad 709 GtC (Apps *et al.*, 1993). Los bosques tropicales almacenan en la vegetación y el suelo 159 GtC y 216 GtC, respectivamente, para un total de 375 GtC (Brown *et al.*, 1993).

Actualmente la deforestación y la degradación forestal son factores importantes para el cambio climático global, puesto que producen emisiones netas de bióxido de carbono. Además generan grandes problemas locales y regionales, como el incremento de la erosión y el abatimiento de los mantos acuíferos, entre otros. Sin embargo, se ha estimado que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% de las emisiones netas de bióxido de carbono a la atmósfera (IPCC, 1995).

Por lo anterior, es necesario conservar los bosques y manejarlos adecuadamente, y comenzar a reforestar en zonas altamente degradadas, permitiendo una regeneración de la cobertura vegetal acorde al tipo de suelo, fisonomía del terreno y cercanía de cuerpos de agua, e integrando este proceso en todo momento a las actividades agrícolas y pecuarias de una región determinada.

2.4 *Pinus cembroides* (Pino Piñonero)

Árbol de 5 a 15 m de alto y 30 cm de diámetro, copa redondeada o piramidal. El fuste suele ser corto y el follaje ralo.

Ramas: hojas ascendentes y delgadas, agrupadas en 3, pero a veces 2 a 4 y aun 5; de 3 a 7 cm distribuidas irregularmente en el tallo, rígidas y encorvadas, de color verde oscuro, algo azulado pálido, brillantes.

Fruto: la floración se lleva a cabo de marzo a abril, la maduración del cono y las semillas después de la polinización es de 30 a 36 meses. Los conos son globulosos, de 5 a 6 cm de diámetro, aislados o en grupos de hasta 5; caedizos y casi sésiles de color anaranjado o rojizo, con pocas escamas. Sus conos abren de Noviembre a Diciembre, presentando de 2,250 a 3,144 semillas por kilogramo.

Distribución en el Estado: es una especie de alto potencial adaptativo, resistente a las heladas, sequías y temperaturas elevadas. El género *Pinus cembroides* esta representado en partes del Norte de México, Arizona, Texas.

Características Ambientales: Se desarrolla en un rango altitudinal de 2,100 a 3,100 msnm con temperatura media de 17.9 °C, y precipitación de 365 a 800 mm, en periodos de lluvias junio y septiembre.

Usos: Es una especie propia para reforestar zonas áridas, semiáridas y zonas muy erosionadas. Por su apariencia se recomienda también para parques, jardines y vialidades, en estas ultimas debido a su baja altura; su semilla (piñón) es de alto valor comercial; la madera tiene poco valor económico, sin embargo es útil para la construcción rural, postes, y es casero, también se utiliza para la extracción de aceite de pino y alquitrán.

2.5 Recursos Naturales

La Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP, 1997), señala que en México, el medio ambiente y los recursos naturales están sometidos a un uso intensivo cuyo resultado se expresa en elevadas tasas de pérdida de biodiversidad, deforestación, erosión de suelos, desertificación, contaminación de las principales cuencas hidrológicas y contaminación atmosférica.

Estas tendencias se agravan por una distribución irregular y extensiva de asentamientos humanos, actividades económicas totalmente inadecuadas y la falta de una conciencia y educación dirigida hacia el manejo y conservación de los recursos naturales del país.

2.6 Recursos Forestales

En México, los bosques, las selvas y otras áreas con vegetación natural ocupan 141.7 millones de hectáreas, aproximadamente un 72% del territorio nacional. De esta superficie, 56 millones de ha son de bosques y selvas, de las cuales 32.5 millones de ha están ocupadas por formaciones cerradas y 22.9 millones de ha son abiertas. Los bosques de coníferas ocupan 21 millones de ha, las latifoliadas 9.5 y 1.4 los mesófilos. Las selvas incluyen en su integración vegetación del trópico húmedo y del seco.

La vegetación del trópico húmedo incluye selvas altas y medianas y ocupa aproximadamente 14.1 millones de hectáreas (SEMARNAP, 1997).

2.7 Bienes y servicios ambientales

Montoya y col. (1995), indican que desde la celebración de la “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro (1992), se enfatizó que a fin de alcanzar la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales es necesario generar estructuras internalicen los costos y beneficios de los sistemas de mercado. (Olguín, 2001)

Daily y col. (1996), afirma que en este sentido varios autores han coincidido en incorporar una perspectiva integral económico-ecológica, basada principalmente en los bienes y servicios ambientales (BSA). El reconocimiento de los BSA, además de establecer un valor económico a los beneficios que la naturaleza brinda de forma gratuita, alerta a las sociedades sobre pérdidas de elementos y funciones ecológicas que son sustento de la actividad económica y de su propio bienestar (Olguín, 2001)

Constanza y col. (1997), Scott y col. (1998), describen que, los BSA son diferentes entre sí, mientras los bienes ambientales son producto de las funciones ecológicas (e. g, alimentos y agua), los servicios son atributos de estas; por ejemplo, ciclaje de nutrientes, formación y retención del suelo, flujo y almacenamiento del agua (Olguín, 2001)

Christensen y Franklin (1997), afirman que, sin embargo ambos dependen de la estructura y diversidad presente en cada ecosistema (Olguín, 2001).

Scott et al. (1998), reafirma que, por lo que la cantidad y calidad de los BSA se pone en peligro al deteriorarse los procesos u otros elementos de base que mantienen las condiciones óptimas de los ecosistemas (Olguín, 2001).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación del área de estudio

El predio, denominado “El Capulín”, cuenta con una superficie total de 3,484.775 Has. Y una superficie arbolada de 915- 27- 75 Has, siendo en estas últimas donde incide el proyecto

Para llegar al predio, partiendo de la ciudad de Saltillo, se toma la carretera federal # 54 rumbo a Concepción del Oro, Zacatecas, por la cual se recorren 28.1 Km. hasta el sitio en donde se encuentra la intersección (hacia la derecha) de la carretera Derramadero – General Cepeda.

De esta vía se recorren 12.72 Km., en donde se conecta un camino de terracería que se ubica con rumbo sur, el cual se transita por un tramo de 13 Km. para finalmente llegar al predio.

.

3.1.2 Geografía

El Predio particular “El Capulín” se encuentra territorialmente ubicado al suroeste de la cabecera municipal, Saltillo. Geográficamente se ubica en las siguientes coordenadas 25° 08’ 22.72” de latitud norte y 101° 15’ 34.78” de longitud oeste respectivamente con relación al Meridiano de Greenwich.

3.1.3 Fisiografía

En el estado de Coahuila sus áreas corresponden a tres provincias fisiográficas de México, la provincia de Sierras y Llanuras del Norte, la Sierra Madre Oriental y las Grandes Llanuras de Norteamérica

El predio el Capulín se encuentra dentro de la Provincia Sierra Madre Oriental y dentro de las Subprovincias denominadas: Pliegues Saltillo – Parras y Sierras Transversales, las cuales se describen brevemente a continuación:

- Provincia Sierra Madre Oriental.

Corre en sentido paralelo a la Costa del Golfo de México desde la frontera norte del país hasta sus límites con el Eje Neovolcánico en la cercanía de Teziutlán, Puebla. Abarca partes de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla.

La Sierra Madre Oriental es, fundamentalmente, un conjunto de sierras menores de estratos plegados. Estos estratos son de antiguas rocas sedimentarias marinas (del Cretácico y del Jurásico Superior), entre las que predominan las calizas y, en segundo término, las areniscas y las lutitas.

En estas sierras el plegamiento se manifiesta de múltiples maneras, pero su forma más notable es la que produce una topografía de fuertes ondulados paralelos, semejantes a la superficie de un techo de lámina corrugada. Las crestas reciben el nombre de anticlinales y los senos de sinclinales. El flexionamiento de las rocas en las crestas, las estira y las fractura, haciéndolas más susceptibles a los procesos erosivos.

Es por ello que en su estado actual de desarrollo son comunes en esta gran sierra las estructuras constituidas por dos flancos residuales de un anticlinal con un valle al centro. En general, las altitudes en las cumbres de la Sierra Madre Oriental van de los 2000 a 3 000 m.s.n.m.

De esta provincia, el predio se ubica en dos de sus subprovincias, las cuales se describen a continuación:

- Subprovincia de las Sierras Transversales.

Esta Subprovincia es de sierras que corren paralelas a los cuerpos centrales de la Sierra Madre Oriental, separadas unas de otras por llanuras más o menos amplias. Es la parte norte de la Subprovincia la que queda en Coahuila.

- Subprovincia pliegues Saltillo – Parras.

Los 9,195.35 km² de la mitad sur de esta Subprovincia se encuentran incluidos dentro del territorio del estado de Coahuila, incluye partes de los municipios de Parras, General Cepeda, Saltillo, Arteaga, Ramos Arizpe, Castaños, Candela y Monclova.

Cuadro 1. Caracterización fisiográfica del predio.

| Provincia | Subprovincia | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|
| Sierra Madre Oriental | Pliegues Saltillo-Parras | 584-74-30 | 16.78 |
| | Sierras Transversales | 2,900-03-20 | 83.22 |
| Totales | | 3,484-77-50 | 100.00 |

3.2 Características físicas

3.2.1 Clima

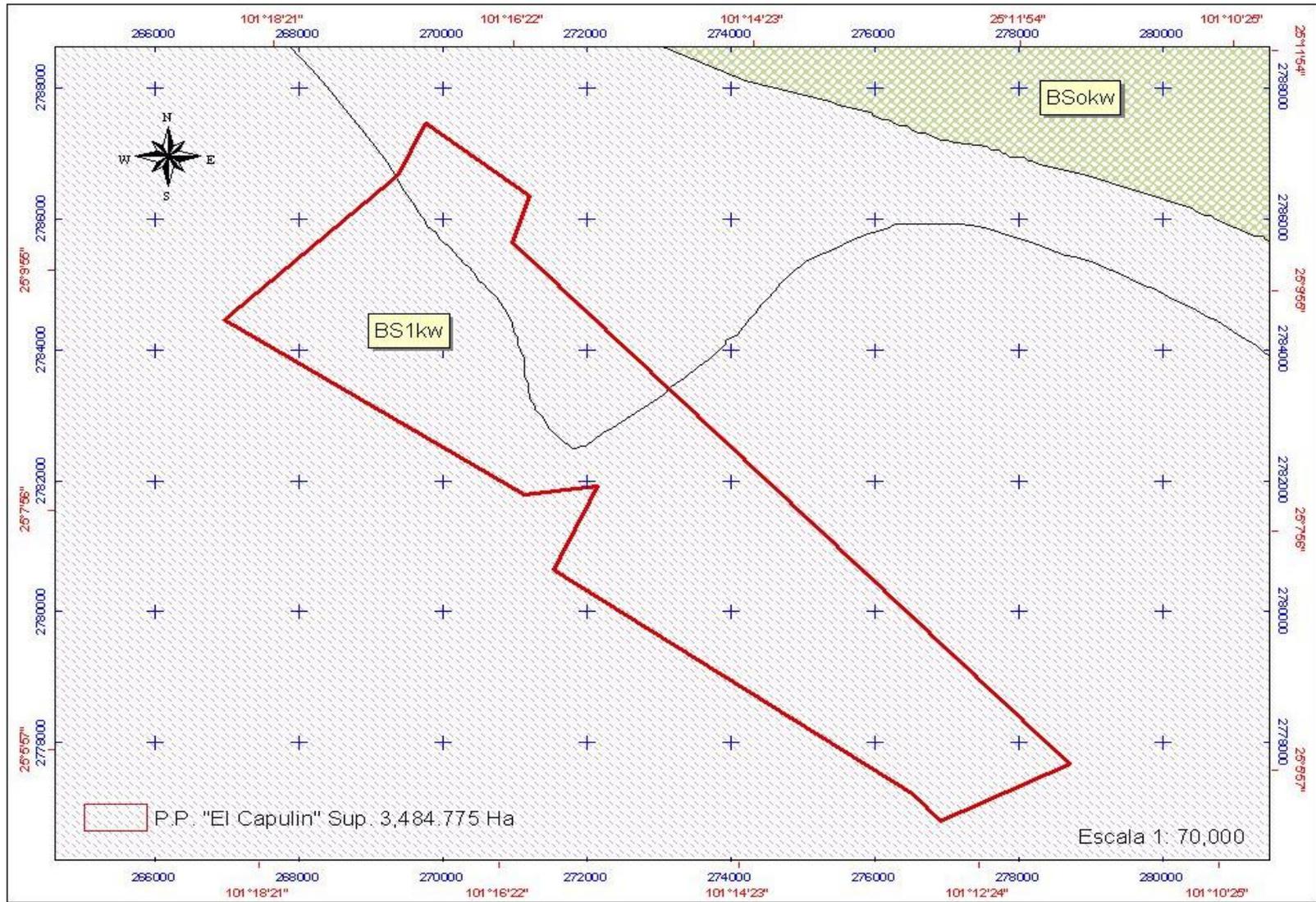
En el área geográfica de las subcuencas en donde se localiza nuestro predio, los climas que inciden en ellas son características de las regiones áridas y semiáridas del norte de México, constituidos estos, por los climas secos, los climas muy secos y los climas semisecos.

De acuerdo a los datos vectoriales de SIG-COAHUILA y al sistema de clasificación climática de Wladimir Köppen, adaptado y modificado por Enriqueta García, el tipo de climas que se encuentra dentro del predio “El Capulín”, se describe mediante la siguiente fórmula climática: **BS₁kw**.

Descripción:

BS₁kw. Se trata de un Clima semiseco semicálido con lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal entre el 5 y 10.2 con invierno fresco.

Figura 4. Mapa del clima del predio “El Capulín”.



3.2.2 Tipo de suelo

En este predio se determinaron y encontraron una serie de tipos de suelos que están presentes en este rancho de acuerdo a los datos vectoriales del Sistema de Información Geográfica de Coahuila obtenido del Programa de Ordenamiento territorial del Estado de Coahuila, se tienen los siguientes suelos dominantes en el predio el Capulín.

Cuadro 2. Tipos de suelos que existen en el predio.

| Tipo de suelo | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Feozem calcárico | 181-02-88 | 5.19 |
| Feozem lúvico | 448-63-78 | 12.87 |
| Litosol | 2,480-37-68 | 71.17 |
| Rendzina | 72-64-48 | 2.08 |
| Xerosol háplico | 302-08-68 | 8.69 |
| Totales | 3,484-77-50 | 100.00 |

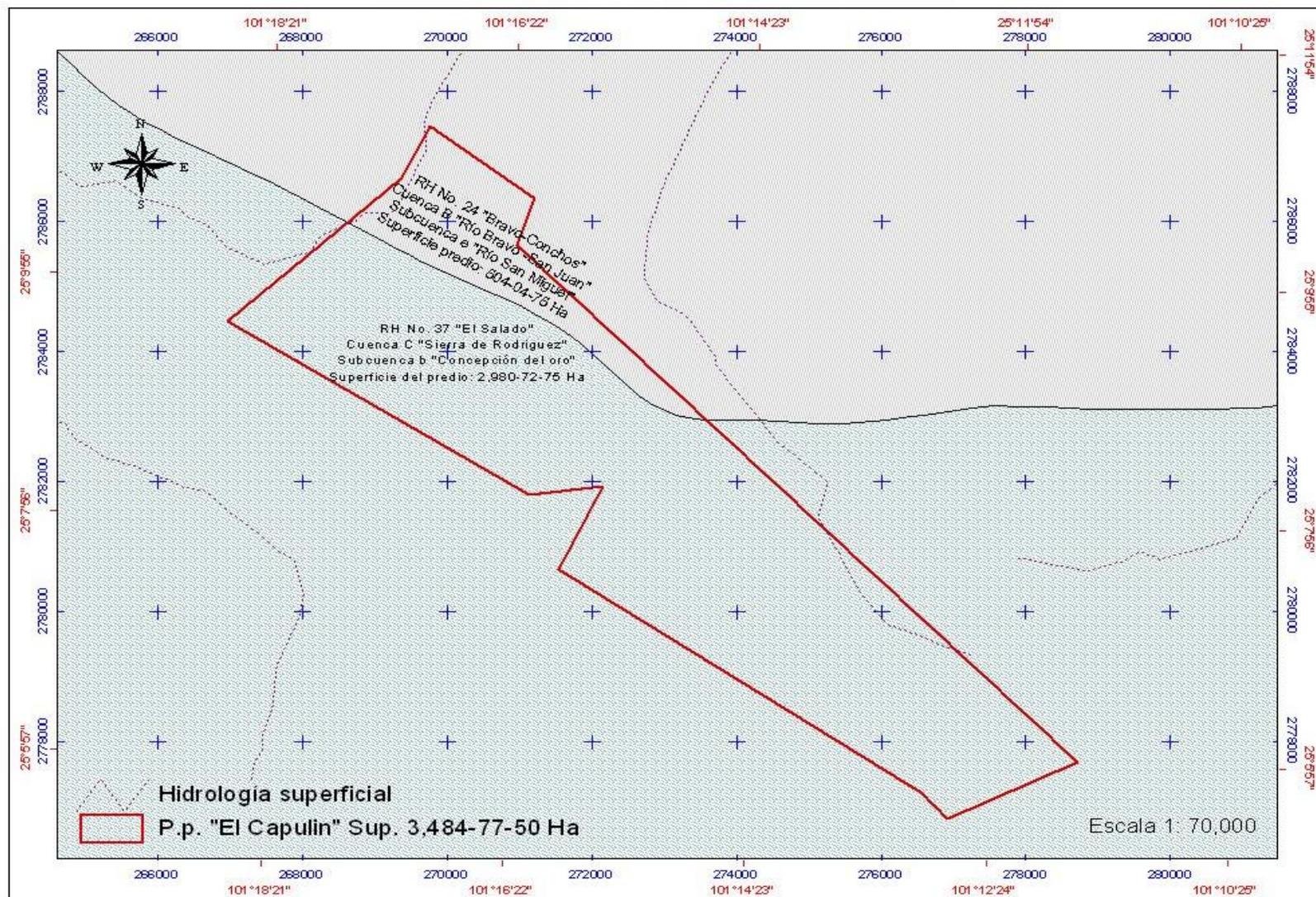
3.2.3 Hidrología

Hidrográficamente, el área de estudio pertenece a dos regiones hidrológicas, las cuales son presentadas en la tabla siguiente en donde se indica la superficie del predio que se localiza en cada una de éstas:

Cuadro 3. Cuencas hidrológicas existentes en el predio.

| Región hidrológica | Cuenca | Subcuenca | Superficie (ha) |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| No. 24 "Bravo-Conchos" | B "Río Bravo – San Juan" | e "Río San Miguel" | 504-04-75 |
| No. 37 "El Salado" | C "Sierra de Rodríguez" | b "Concepción del Oro" | 2,980-72-75 |
| Total superficie del predio | | | 3,484-77-50 |

Figura 5. Plano correspondiente a la ubicación hidrográfica del predio.



3.3 Características Biológicas

3.3.1 Vegetación

En el predio “El Capulín”, se cuenta con los siguientes tipos de vegetación en sus terrenos:

Cuadro 4. Vegetación existente en el predio.

| TIPOS DE VEGETACIÓN | SUPERFICIE (HA) | PORCENTAJE (%) |
|---|------------------------|-----------------------|
| Bosque natural de coníferas | 915 – 27 – 76 | 26.27 |
| Chaparral | 454 – 68 – 36 | 13.05 |
| Matorral micrófilo subinorme | 33 – 57 – 06 | 0.96 |
| Matorral rosetófilo crasirosulifolio | 1,995 – 37 – 35 | 57.26 |
| Pastizal inducido | 85 – 87 – 06 | 2.46 |
| TOTALES | 3,484 – 77 – 59 | 100 % |

Por lo tanto el predio el Capulín se encuentra ubicado en el rango de 10 – 30 % de superficie arbolada con un porcentaje neto de 26.27% de bosque de pino de coníferas.

Figura 6. Tipo de vegetación

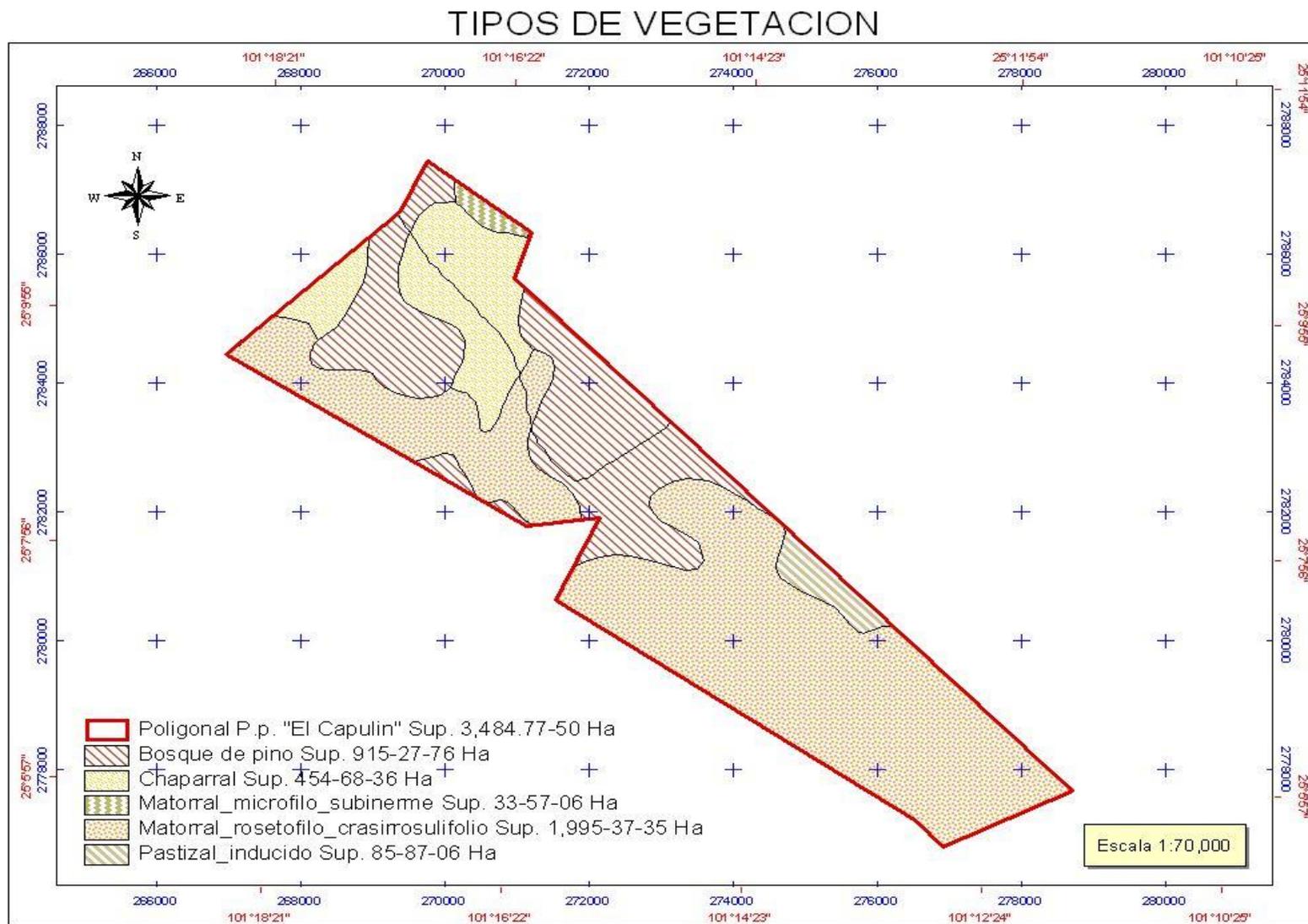
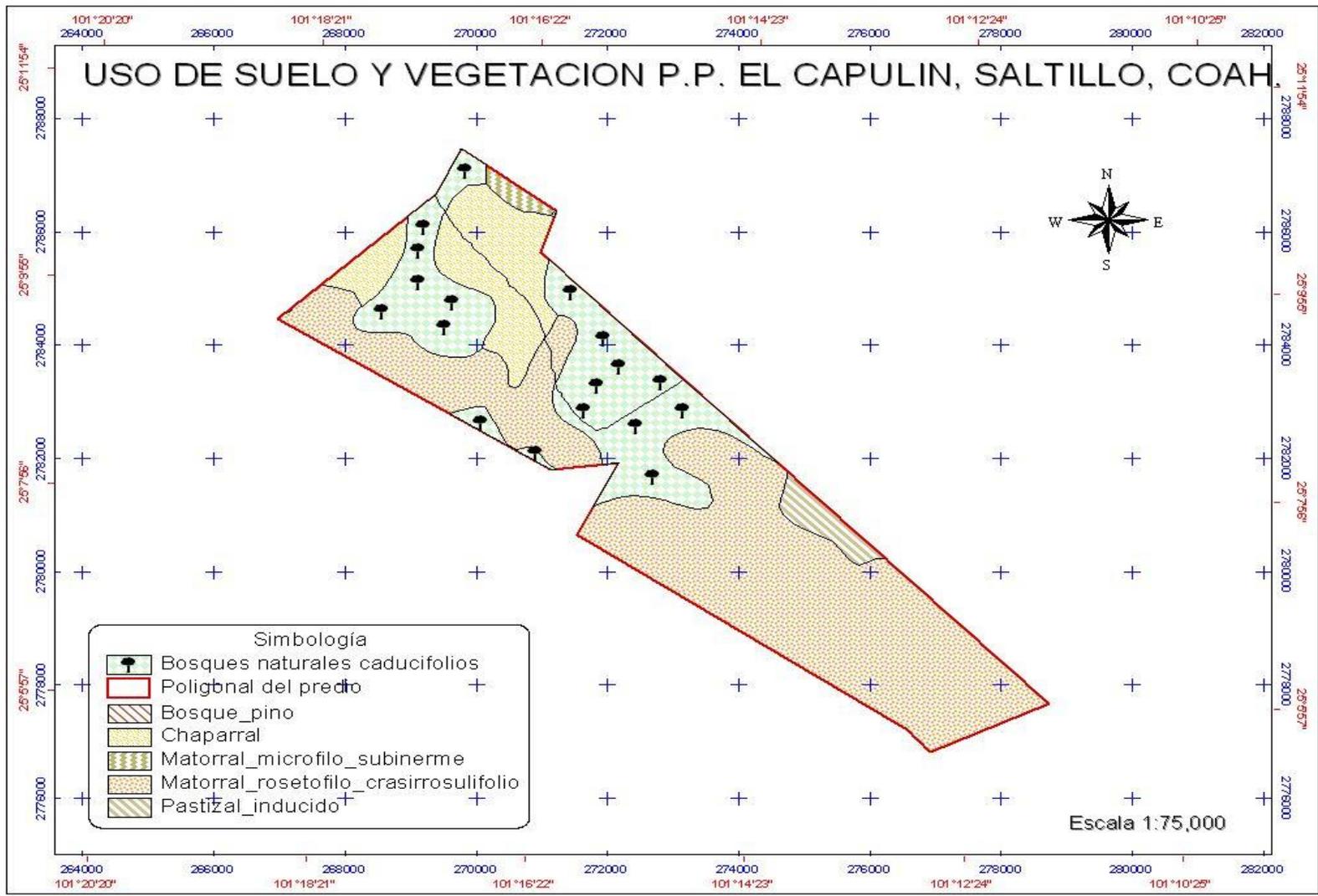


Figura 7. Uso del suelo y vegetación



Cuadro 5. Especies comunes presentes en el sitio.

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| Gramineae | <i>Aristida adscencionis</i> | Zacate |
| | <i>Aristida romeriana</i> | Zacate |
| | <i>Bouteloua curtipendula</i> | Zacate banderita |
| | <i>Bouteloua gracilis</i> | Zacate navajita |
| | <i>Bouteloua hirsuta</i> | Zacate grama |
| | <i>Triodia pulchella</i> | Zacate borreguero |
| Bromeliaceae | <i>Hechtia glomerata</i> | Guapilla |
| Agavaceae | <i>Dasyilirion berlandieri</i> | Sotol |
| | <i>Yucca carnerosana</i> | Palma samandoca |
| | <i>Yucca filifera</i> | Palma china |
| | <i>Agave lechuguilla</i> | Lechuguilla |
| | <i>Agave asperrima</i> | Maguey cenizo |
| | <i>Agave falcata</i> | Espadín |
| Chenopodiaceae | <i>Salsola kali</i> | Maroma |
| Berberidaceae | <i>Berberis trifoliolata</i> | Agrito |
| Leguminosae | <i>Prosopis glandulosa</i> | Mezquite |
| | <i>Acacia berlandieri</i> | Guajillo |
| Zygophyllaceae | <i>Larrea tridentata</i> | Gobernadora |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia antisiphilitica</i> | Candelilla |
| Cactaceae | <i>Lophophora williamsii</i> | Peyote |
| | <i>Echinocactus texensis</i> | Manca caballo |
| | <i>Thelocactus bicolor</i> | Biznaga arco iris |

| FAMILIA | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| Cactaceae | <i>Ferocactus haematacanthus</i> | Biznaga ganchuda |
| | <i>Opuntia rastrera</i> | Nopal rastrero |
| | <i>Opuntia microdasys</i> | Nopal cegador |
| | <i>Opuntia lindheimieri</i> | Nopal |
| | <i>Opuntia imbricata</i> | Coyonoxtle |
| Fouquieriaceae | <i>Fouquieria splendens</i> | Albarda |
| Asteraceae | <i>Flourensia cernua</i> | Hojasén |
| | <i>Parthenium argentatum</i> | Guayule |
| Cupressaceae | <i>Cupressus arizonica</i> | Cedro |
| | <i>Juniperus flaccida</i> | Cedro rojo |
| | <i>Juniperus monosperma</i> | Cedro |
| Pinaceae | <i>Pinus cembroides</i> | Pino piñonero |
| | <i>Pinus arizonica</i> | Pino |
| | <i>Pinus ayacahuite</i> | Ayarín |
| | <i>Abies vejarii</i> | Oyamel blanco |
| | <i>Pseudotsuga sp.</i> | Oyamel rojo |
| Fagaceae | <i>Quercus laceyi</i> | Encino |
| | <i>Quercus saltillensis</i> | Encino |
| | <i>Quercus cordifolia</i> | Encino |
| Ephedraceae | <i>Ephedra aspera</i> | Popotillo |
| | <i>Koeberlinia spinosa</i> | Junco |

3.3.2 Fauna

3.3.2.1 Característica de la zona.

En el área de influencia del predio es notable la presencia de especies de fauna cuya distribución natural comprende la provincia fisiográfica sierra madre oriental y por lo tanto es abundante la actividad de fauna silvestre, encontrándose especies de suma importancia, características de este ecosistema: Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*), Puma o león de Montaña (*Felis concolor*), Coyote (*Canis latrans*), Oso negro (*Ursus americanus*), Conejo (*Sylvilagus floridanus*). Liebre (*Lepus californicus*), Zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), Gato Montes (*Linx rufus*).

En lo referente a aves estas especies son de suma importancia en el área de influencia, ejemplo: Carpintero frente amarilla (*Malanerpes aurifrons*), Perlita gris (*Polioptila caerulea*), Aguililla coliroja (*Buteo jamaicensis*), Zanate mexicano (*Cassidix mexicanus*), Cuervo mexicano (*Corvus imparatus*), Pauraque (*Chordeiles acutipennis*), Paloma huilota (*Zenaida macroura*), Paloma ala blanca (*Zenaida asiatica*), Cenzontle (*Mimus polyglottos*), Cardenal pardo o zaino (*Cardinalis sinuatus*), y tórtola (*Columbina passerina*), Guajolote silvestre (*Meleagris gallipavo intermedia*).

Únicamente las especies mencionadas en los párrafos anteriores de mamíferos y aves muestran actividad en el área de influencia, mas sin embargo, en la región se tienen registros históricos de más especies de ambos grupos, factor preponderante de su buena actividad.

3.3.2.2 Especies de interés cinegético.

Las especies con valor cinegético muestran gran actividad en el área de influencia del predio donde se realiza este trabajo, siendo las principales el Venado Cola Blanca, la Codorniz, Coyote, Gato Montes y el Puma, las cuales se encuentran bajo un manejo y aprovechamiento sustentable, que lo determina un plan de manejo aprobado por la SEMARNAT.

3.3.2.3 Especies amenazadas o en peligro de extinción.

La norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-1994, publicada en el diario oficial de la federación el 16 de mayo de 1994, determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y/o sujetas a protección especial para la región (cuenca hidrológica) donde se localiza el predio, reporta las siguientes especies que caen bajo la categoría de “protección especial”.

Cuadro 6. Especies sujetas a protección especial

| NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN |
|------------------------------|--------------------------|
| <i>Rhynchopsitta terresi</i> | Cotorra serrana Oriental |
| <i>Ursus americanus</i> | Oso negro |
| <i>Aquila chrysaetos</i> | Águila real |
| <i>Buteo jamaicensis</i> | Aguililla cola roja |

En el caso de la cotorra serrana, el valle es solo un corredor de paso hacia los lugares mas elevados y donde se localiza el bosque de coníferas especialmente la especie de pino piñonero el cual se concentra en el área de estudio. Con respecto al oso negro, este muestra gran actividad en el predio, refugiándose entre el pino piñonero localizado en la parte alta del predio, esta especie por su estatus en nuestro país y sus característica propias de su ciclo biológico, dentro del predio el Capulín se le brinda protección especial.

3.4 Método de muestreo.

El muestreo utilizado en el campo, correspondió al método denominado: muestreo Sistemático Estratégico, el cual consiste en determinar el número de sitios de muestreo, a partir de una intensidad de muestreo del 3%.

Determinando el número de puntos de muestreo necesario, se determinara la distancia entre puntos y entre líneas, posteriormente se realizara una plantilla de los puntos de muestreo en el área a inventariar, lo cual contiene su georeferenciación.

3.4.1 Parámetros.

- ✓ Superficie a inventariar ----- 915 has
- ✓ Intensidad de Muestreo ----- 3%
- ✓ Tamaño de sitios ----- 1,000 m²
- ✓ Numero de sitios ----- 274

Con los datos obtenidos se estimo la volumetría y la biomasa de las especies tipo preestablecidas, utilizando modelos matemáticos para la determinación del carbono capturado en Fustes, cuyos resultados se presentan como los primeros escenarios de línea base.

3.5 Actividades Propuestas:

3.5.1 Evaluación y estimación de la masa forestal.

Será obtenido a través del desarrollo y aplicación de diversas actividades y metodologías, siendo las principales;

- a).- Fotogrametría.
- b).- Inventario forestal.
- c).- Procesamiento de datos.
- d).- Planimetría.

3.5.2 Estimación de potencial para captura de carbono.

a).- Recolección de muestras.

- Madera (Virutas obtenidas con taladro de Pressler).
- Recolección de muestras del suelo.
- Recolección de muestras de mantillo forestal.
 - Análisis de muestras.

b).- Determinación de factor de acumulación de carbono.

- Análisis de laboratorio.

3.5.3 Actividades de Conservación.

- Exclusión del área.
- Supresión del pastoreo.
- Manejo de las áreas arboladas.
- Prácticas de conservación de suelo.
- Prevención de incendios forestales.
- Protección a la biodiversidad.

3.5.4 Tecnología que será empleada.

Bajo la premisa de que el potencial de captura de Carbono es directamente proporcional al volumen de la masa forestal, la primera actividad desarrollada constituyó precisamente la evaluación de la masa forestal en el sitio propuesto.

Bajo éste contexto, la metodología empleada esta conformada de los siguientes elementos.

- Inventario forestal.

a) Ubicación planimétrica del predio.

Se realizó la ubicación del predio y la cuantificación de superficies en cartas geográficas, empleando programas computarizados de Sistemas de Información Geográfica (SIG); Arc View; Map Source; y Google Earth.

b) Recorridos preliminares de campo.

La información obtenida en gabinete se verificó en campo, realizando los ajustes pertinentes.

c) Rodalización de la masa arbolada y determinación de superficie a inventariar.

Consiste en la agrupación de vegetación que presenta las mismas características en un plano o imagen dada y que se realiza en gabinete.

d) Toma de datos dasométricos.

Para la localización de los sitios de muestreo, se utilizaron Geoposisionadores Satelitales (GPS)

La posterior estimación de biomasa, se basó en la aplicación de la siguiente metodología:

- Toma de datos dasométricos.
- Procesamiento de información.
- Obtención de resultados.

- Equipo utilizado.

Taladros de Pressler para la extracción de virutas para el conteo de anillos y medición de edades; cintas diamétricas para medición de diámetros; cuerdas compensadas para el establecimiento de sitios de muestreo, clisímetros para la medición de alturas, bolsas de papel.

3.5.5 Obtención de factor para estimación de carbono forjado en fustes.

- Toma de muestras de madera, suelo y mantillo forestal.
- Traslado de muestras e información, al Laboratorio del Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey.
- Determinación del contenido de Carbono de la masa forestal.

- Método empleado:

18340802 Solid TOC Analysis of Soils, Wood Fibers, and Marine Sediment.

- Analizador de Carbono Orgánico Total.

Modelo TOC Solids Marca O.I. Analytical Temp. 0-950 °C

IV RESULTADOS Y DISCUSION

Dada las características del predio se pueden diferenciar tres sitios, los cuales están definidos por la fisiografía del terreno es decir por su topografía, exposición, profundidad del suelo e historial de manejo entre otros. En función a todas estas características se consideran los sitios: “Los Mochos”, “Las Minas” y “Las Lajas”. Dichos sitios se encuentran dominados por la especie de *Pinus cembroides*. En el cuadro 7 se presentan las características morfológicas del arbolado, en el se muestra que en el sitio “Las Lajas” los arboles presentan la mayor altura de hasta 9.57m en promedio teniendo una altura dominante de 14.71m; los sitios “Los Mochos” y “Las Minas” presentan altura de 13.2 y 13.6 m respectivamente. Dichos arboles tienen aproximadamente una edad de 53.5 – 56.5 años.

Se observa además que, el sitio “Las Minas” es la que presenta una mayor densidad con aproximadamente 710 arboles por hectárea, por el contrario en “Las Lajas” existe una densidad de 386 arboles por hectárea (cuadro 8).

Cuadro 7. Morfometría de *Pinus cembroides* en el Rancho “El Capulín”, saltillo, Coahuila.

| AREA | AB/M ² /HA | ALTURA MEDIA | ALTURA DOMINANTE | DIAMETRO NORMAL | EDAD EN AÑOS | TIEMPOS DE PASO | NO. DE ARBOLES |
|------------|-----------------------|--------------|------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------|
| LOS MOCHOS | 16.1241 | 86 | 132 | 153 | 565 | 187 | 455 |
| \bar{X} | 1.61241 | 8.6 | 13.2 | 15.3 | 56.5 | 18.7 | 45.5 |
| LAS MINAS | 8.3094 | 71 | 109 | 160 | 428 | 127 | 355 |
| \bar{X} | 1.03 | 8.87 | 13.62 | 20.00 | 53.50 | 15.87 | 44.37 |
| LAS LAJAS | 7.4351 | 67 | 103 | 132 | 387 | 127 | 386 |
| \bar{X} | 1.062 | 9.57 | 14.71 | 18.85 | 55.28 | 18.14 | 55.14 |

Cuadro 8. Condición Original (CONCENTRADO) ESPECIE: *Pinus cembroides*

| AREA | AB/M ² /HA | ALTURA MEDIA m | DN Cm | EDAD AÑOS | T.P. | C.F. | E.R. M ³ /HA | IMA M ³ /HA | ICA M ³ HA | DENSIDAD ARBOLES HECTAREA | T.P. X D.N. |
|--------|-----------------------|-------------------|----------|--------------|-------|--------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------|
| MOCHOS | 1.61241 | 8.6 | 15.3 | 56.5 | 18.7 | 0.0468 | 2.87 | 0.0503 | 0.1258 | 455 | 228 |
| MINAS | 1.03 | 8.87 | 20.00 | 53.50 | 15.87 | 0.1725 | 28.67 | 0.5309 | 0.8959 | 710 | 320 |
| LAJAS | 1.062 | 9.57 | 18.85 | 55.28 | 18.14 | 0.1004 | 7.47 | 0.1357 | 0.2766 | 386 | 270 |

En el (cuadro 9 y 10) se muestran la existencia de carbón almacenado en los fustes del arbolado. Se muestra que el sitio “Las Minas” es el que mayor cantidad de carbono orgánico almacenado ya que se encuentran 12.6 ton de COT en una superficie aproximada de 309 has. Muestra que el sitio “Los Mochos” es el que menor contenido de carbono almacenado ya que en el existe aproximadamente 1.2 ton COT. Sin embargo desde el punto de vista predial se estima que en las 915 hectáreas de *Pinus cembroides* se encuentra almacenado en un total de 5, 168.9 ton de carbono orgánico total, capturado a través de mas de 50 años.

Cuadro 9. Existencias

| AREA | SUPERFICIE (HA) | E.R. HA (M ³ rta) | E. R. TOTALES (M ³) |
|------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|
| LOS MOCHOS | 284 – 76 – 45 | 2.87 | 817.2741 |
| LAS MINAS | 309 – 35 – 15 | 28.67 | 8,869.1075 |
| LAS LAJAS | 321 – 16 – 15 | 7.47 | 2,399.0764 |
| TOTAL | 915 – 27 – 75 | | 12,085.458 |

Cuadro 10. Estimación de Carbono Orgánico Almacenado.

| AREAS | SUPERFICIE HECTAREAS | ER/HA M ³ rta | TONELADAS DE CARBONO ORGANICO TOTAL (TOC) | | |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------|--|-----------------|--------------------------|
| | | | (% P/P) FUSTE | POR HECTAREA | EN 915 – 27 – 75 HAS. |
| LOS MOCHOS | 284 – 76 – 45 | 2.87 | 42.77* | 1.227499 | 349.548139 |
| LAS MINAS | 309 – 35 – 15 | 28.67 | 42.77* | 12.262159 | 3,793.3173 |
| LAS LAJAS | 321 – 16 – 15 | 7.47 | 42.77 | 3.194919 | 1,026.0850 |
| | 915 – 27 – 75 | 13.003 | 42.77 | 5.5615 | 5, 168.9504 TOC |

TONELADAS DE CARBONO ORGANICO TOTAL CAPTURADO EN EL AREA DEL PROYECTO: 5,168.9504 (SOLO FUSTES)

TONELADAS CARBONO ORGANICO POR HECTAREA: 5,5615 (SOLO FUSTES)

*** ACORDE A FACTOR DE CONVERSION PARA DE CARBONO OBTENIDAS DE MUESTRAS RECOLECTADAS EN EL SITIO DEL PROYECTO Y ANALIZADAS EN EL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL INSTITUTO TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY ITESM CAMPUS MONTERREY.**

Implicaciones de Manejo.

El presente proyecto se elaboró en función de la oportunidad de venta de los servicios ambientales por captura de carbono, estimándose un costo de \$ 6.00 Dólares por mgC, el cual se determinó de lo establecido por el Programa de Captura de Carbono para Latinoamérica, tomando en cuenta variables tales como; Ubicación; Especies Forestales presentes; Grado de perturbación del área, entre otras, mismas que magnifican el efecto invernadero, que se incrementa a pasos agigantados por la creciente industrialización del ámbito estatal. Finalmente, se manifiesta que los posibles beneficios económicos que sean obtenidos de la venta de este servicio ambiental, se destinarán a la conservación y mantenimiento del bosque del Rancho El Capulín.

Se considera que el rango de toneladas de carbono orgánico por hectárea sería de 1.2 – 12.2 con un promedio de 5.5 toneladas de carbono orgánico por hectárea el cual corresponde aproximadamente a lo reportado por (Rodríguez et al 2006) para un bosque de niebla, así mismo (Acosta et al 2005) considera que aproximadamente el 50% del árbol es carbono.

V CONCLUSIONES

El efecto invernadero es uno de los fenómenos más importantes en la actualidad y una forma de aminorar los efectos de este problema es con ayuda de la vegetación, al utilizarla como reservorio de carbono, como es el caso del predio “El Capulín”

El dióxido de carbono es el gas que reviste mayor importancia del fenómeno más conocido actualmente en el mundo, el “Efecto Invernadero”, siendo por lo tanto uno de los responsables del cambio climático.

En nuestro país son muy pocos los estudios realizados sobre este efecto invernadero y sobre la estimación del potencial de captura de carbono en ecosistemas forestales.

Por este motivo, el presente estudio constituye un esfuerzo más de captura carbono, basado en una metodología aplicada para un bosque de pino piñonero, en el Noreste del País y de esta forma poder ofrecer opciones de mitigación de gases de efecto invernadero, en corto, mediano y largo plazo.

Este estudio se enfoca además de determinar el potencial de captura de carbono, a desarrollar una sensibilidad de conservación y protección del ecosistema local, que genera un servicio ambiental de suma importancia y del cual, además de verse favorecidos económicamente los poseedores del recurso, se contribuirá al mejoramiento de la calidad ambiental, en un zona que presenta grandes riesgos de contaminación por la industrialización a que se pretende someter la región en el futuro inmediato.

Con respecto a lo antes mencionado, en el Rancho “El Capulín” ubicado en el Municipio de Saltillo, del Estado de Coahuila, se determinó y evaluó la captura de de carbono, mediante métodos y técnicas científicas comprobadas y específicas Para determinar la cantidad volumétrica de este gas que secuestran las 915 hectáreas de bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*), estudio que determinó que anualmente esta superficie tiene la capacidad de secuestrar un volumen aproximado de mgC 5,168.9, tal resultado, es significativo, por lo que se implementarán y ejecutar acciones para su conservación y protección y paralelamente se incrementará el área boscosa con el establecimiento de una reforestación de 200 hectáreas de pino piñonero.

VI LITERATURA CITADA

Acosta M. M., F. Carrillo A., y R. Diaz F. 2005. Determinación alométrica para estimar biomasa y carbono en el estrato aéreo en bosques de pinus patula schl. Et cham. INIFAP valle de México. 175 – 180.

Azqueta, D. 1994. Valoración de la calidad ambiental. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España.

Azqueta, D. 1994. Valoración de la calidad ambiental. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España

Belausteguigoitia J.C. y O.P.Soriano. 1996. Valuación económica del medio ambiente y de los recursos naturales. Economía Informa, 253:45-55

Brown, S., Ch. Hall, W. Knabe, J. Raich, M. Trexler, y P. Woomer. 1993. Tropical Forest: their Past, Present and Potential Future Role In The Terrestrial Carbon Budget. Water, Air and Soil Pollution, 70, 71-94.

Challenger, A. 1998. Utilización y utilización de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO- Instituto de Biología, UNAM- Sierra Madre, México.

Challenger, A. 1998. Utilización y utilización de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO- Instituto de Biología, UNAM- Sierra Madre, México.

Christensen Jr., N. y J. Frankling. 1997. Ecosystem function and ecosystem management. En: R. D. Simpson y N. Christensen Jr. (editores). Ecosystem function and human activities: reconciling economías and ecology. International Thomson Publishing, New York, N.Y

Colegio de la Frontera Sur. 2003. <http://www.ecosur.mx/scolec/c.global.htm>

Constanza, R., R. Darge, R. Degroot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V.O'Neil, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, and M. Vandenbelt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387: 253-260.

Daily, G. C 1997. Introduction: what are ecosystem services?. En: G. C Daily (editor). Nature's services. Societal dependence on natural ecosystem. Island Press. Washinton, D.C

Daily, G.C., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H.Shneider, D.Tilman y G.M. Woodwell. 1996. Ecosystems services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology, 2:1-16.

Daily, G.C., S. Alexander, P.R. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P.A. Matson, H.A. Mooney, S. Postel, S.H.Shneider, D.Tilman y G.M. Woodwell. 1996. Ecosystems services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology, 2:1-16.

Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler, y J. Wisniewski. 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. Science, 263, 185-190.

Field, B. C. 1995. Economía ambiental: una introducción. Mc Graw-Hill Interamericano S.A. Colombia.

Field, B. C. 1995. Economía ambiental: una introducción. Mc Graw-Hill Interamericano S.A. Colombia.

Gay, C. 2000. El cambio climático, el problema global más importante del futuro. Gaceta UNAM, Noviembre 13. No. 3411: 12-13. **En:** Ordóñez, J. y O. Mesera 2001. "Captura de Carbono ante el cambio climático". Revista Maderas y Bosques 7(1) 3:12 2001.

GEF-UNEP, 1999. Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility United Nations Environment Program. Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest. Mexico

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1992. Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1994. Climate Change 1994. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. Climate Change 1995. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1997. Climate Change 1997. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Climate Change 2001. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.

Masera, O. 1995a. Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. *Interciencia*, 20:6, 388-395

Masera, O. 1995b. Desforestación y Degradación Forestal en México. Documento de Trabajo 19. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México. 50 pp.

Masera, O., R. D. Martínez, T. Hernández, A. Guzmán y A. Ordóñez. 2000a. “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: 1996; Cambio en el uso del suelo y bosques”. Laboratorio de Bioenergía del Departamento de Ecología de los Recursos Naturales del Instituto de Ecología de la UNAM, Campus Morelia

Microsoft, 1999. Enciclopedia interactiva Encarta

Microsoft, 2005. Enciclopedia interactiva Encarta

Montoya, G., L. Soto, Ben de Jong, K. Nelson, P. Farias, Pajal Yakac Tic, J. Taylor y R. Tipper. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas

Montoya, G., L. Soto, Ben de Jong, K. Nelson, P. Farias, Pajal Yakac Tic, J. Taylor y R. Tipper. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en las Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México, D.F.

Olguín, M. 2001. Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 73pag.

Olguín, M. 2001. Incorporación de la captura de carbono como propuesta de manejo forestal integral: Estudio de caso en una comunidad de la Meseta Purépecha. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 73pag

Oliva, M. y F. García-Oliva. 1998. Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte I. Generalidades sobre el cambio global. Educación Química. UNAM. México

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. **En:** Ordóñez, J. y O. Mesera 2001. “Captura de Carbono ante el cambio climático”. Revista Maderas y Bosques 7(1) 3:12 2001.

Ordóñez, J.A.B. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF. 72 pp.

Ordóñez, J.A.B. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF. 72 pp.

Pino Piñonero http://www.colpos.mx/proy_rel/laderas/sb2.htm

Pinus cembroides variedad lagunae

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/54-pinac11m.pdf

Rodríguez L. R., J. Jiménez R. O.A. Aguirre C., y E. J. Treviño G. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. Ciencia UANL. Vol. IX núm. 2 179 – 187 pp.

Salati, E. 1990. Los Posible Cambios Climáticos en America Latina y el Caribe y sus Consecuencias. Report # 90-7-1223, Naciones Unidas and Comisión Económica para America Latina y el Caribe-CEPAL. Santiago de Chile, 12-14 de Septiembre, 45 pp

Schneider, S.H. 1989. The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science*, 243:10, 271-281

Scott, M.J., G.R.Bilyard, S.O.Link, C.A.Ulibarri, H.E.Westerdahl, P.F.Ricci y H.E. Seely. 1998. Valuation of ecological resources and functions. *Environmental management*, 22(1):49-68

Scott, M.J., G.R.Bilyard, S.O.Link, C.A.Ulibarri, H.E.Westerdahl, P.F.Ricci y H.E. Seely. 1998. Valuation of ecological resources and functions. *Environmental management*, 22(1):49-68.

SEMARNAP, 1997. Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México D.F

Toledo, A. 1988. Economía de la biodiversidad. Programa de las naciones unidas para el Medio Ambiente. Oficina regional para América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental Para América Latinay el Caribe. Serie textos básicos para la formación ambiental No. 2. México D.F

Villers R.,L.y L. Trejo V. 1997. Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in México. *Climate Research* 9:87-93 **En:** Ordóñez, J. y O. Mesera 2001. "Captura de Carbono ante el cambio climático". *Revista Maderas y Bosques* 7(1) 3:12 2001.

VII APENDICE

GLOSARIO

- ☞ **ATMOSFERA:** mezcla de varios gases que rodea un objeto celeste (como la Tierra) cuando éste cuenta con un campo gravitatorio suficiente para impedir que escapen. La atmósfera terrestre está constituida principalmente por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%). El 1% restante lo forman el argón (0,9%), el dióxido de carbono (0,03%), distintas proporciones de vapor de agua, y trazas de hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón.
- ☞ **BIODIVERSIDAD:** contracción de la expresión ‘diversidad biológica’, expresa la variedad o diversidad del mundo biológico. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de ‘vida sobre la Tierra’. El término se acuñó en 1985 y desde entonces se ha venido utilizando mucho, tanto en los medios de comunicación como en círculos científicos y de las administraciones públicas.
- ☞ **BIOMA:** término que se aplica a las comunidades animales, vegetales y de microorganismos que son características de cada región climática.
- ☞ **BIOMASA:** abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico.
- ☞ **BIOXIDO DE CARBONO:** gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno (CO₂). El químico escocés Joseph Black lo denominó "aire fijo", y lo obtuvo a partir de la descomposición de la marga y la caliza, como parte de la composición química de esas sustancias.
- ☞ **CAMBIO CLIMATICO GLOBAL (CCG):** Se define como el aumento de la temperatura del aire del planeta, dado principalmente por la alta concentración en la atmosfera de gases de carbono.
- ☞ **CARBONO:** Carbono, de símbolo C, es un elemento crucial para la existencia de los organismos vivos, y que tiene muchas aplicaciones industriales

importantes. Su número atómico es 6; y pertenece al grupo 14 (o IVA) del sistema periódico.

- ☞ **CLIMA:** efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra en rotación. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones.
- ☞ **CONTAMINACION:** impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas.
- ☞ **ECOLOGIA:** estudio de la relación entre los organismos y su medio ambiente físico y biológico. El medio ambiente físico incluye la luz y el calor o radiación solar, la humedad, el viento, el oxígeno, el dióxido de carbono y los nutrientes del suelo, el agua y la atmósfera.
- ☞ **ECOSISTEMA:** sistema dinámico relativamente autónomo formado por una comunidad natural y su medio ambiente físico. El concepto, que empezó a desarrollarse en las décadas de 1920 y 1930, tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos —plantas, animales, bacterias, algas, protozoos y hongos, entre otros— que forman la comunidad y los flujos de energía y materiales que la atraviesan.
- ☞ **EFFECTOS INVERNADERO:** término que se aplica al papel que desempeña la atmósfera en el calentamiento de la superficie terrestre. La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra.
- ☞ **ENERGIA:** capacidad de un sistema físico para realizar trabajo. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella.
- ☞ **FOTOSINTESIS:** Proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química.
- ☞ **HUMUS:** materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales muertos. Al inicio de la descomposición,

parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus.

- ☞ **MANTILLO:** Es la capa superficial de materia vegetal. sustancias que se extienden en el suelo para proteger las raíces de las plantas de las temperaturas extremas y los cambios de humedad. El mantillo puede ser estiércol, serrín (aserrín), hojas y hierba, paja de cereales, turba, paja o incluso piedras.
- ☞ **MEDIO AMBIENTE:** conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.
- ☞ **METABOLISMO:** conjunto de reacciones químicas que tienen lugar dentro de las células de los organismos vivos, las cuales transforman energía, conservan su identidad y se reproducen. Todas las formas de vida, desde las algas unicelulares hasta los mamíferos, dependen de la realización simultánea de centenares de reacciones metabólicas reguladas con absoluta precisión, desde el nacimiento y la maduración hasta la muerte.
- ☞ **SILVICULTURA:** cuidado de los bosques orientado a obtener el máximo rendimiento sostenido de sus recursos y beneficios. Aunque en principio la silvicultura se centraba en la producción maderera, ahora comprende también el mantenimiento de pastos para ganado local, la conservación de hábitats naturales, la protección de cuencas hidrográficas y el desarrollo de zonas recreativas.
- ☞ **TEMPERATURA:** El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frialdad relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición.
- ☞ **TURBA:** material orgánico compacto, de color pardo oscuro y muy rico en carbono, que se forma como resultado de la putrefacción y carbonización parciales de la vegetación en el agua ácida de las turberas.