



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



**MEDICIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS
FORESTALES, EN LA LOCALIDAD DE CEBATÍ, SAN JOSÉ DEL
RINCÓN, EDO DE MÉXICO.**

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A :

YOLIBETH QUIROZ TORRES

DIRECTORAS:

DR.EN G. ESTELA OROZCO HERNANDEZ
M. EN C. PATRICIA MIRELES LEZAMA

CONACyT-SEMARNAT 107956

OCTUBRE DE 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Gracias por permitirme llegar hasta donde estoy en este momento y por darme la satisfacción de concluir esta etapa.

A la FaPUR:

Gracias por cada aprendizaje nuevo dentro de cada una de las instalaciones y por todo el conocimiento adquirido por parte de los profesores

A CONACYT:

Gracias por la beca otorgada por el proyecto “Cambios de uso de suelo inducidos por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres, templados y cálidos del Estado de México: impactos locales y emisiones globales de gases de efecto invernadero” CONACYT-SEMARNAT 107956.

A mis Directoras: Dr. Estela y Maestra Paty

Muchas gracias por todo el apoyo, paciencia y tiempo dedicado a este trabajo, me llevo un gran aprendizaje por parte de las dos, tanto profesional como personal.

A mis papas:

Gracias por apoyarme siempre y nunca dejar de confiar en mí, pese a las malas rachas.

A la Fam. Torres Fonseca:

Gracias tíos por todo el apoyo brindado durante toda mi etapa de estudiante en la Facultad.

A mis hermanas Nanís y Chío:

Gracias por estar conmigo siempre q las necesite, por su cariño y por su apoyo.

A Robert Rojas:

Por ese apoyo profesional eh incondicional, gracias Super brow, este trabajo lleva algo tuyo lo sabes, eres una gran persona.

A Víctor Manuel:

Gracias por todo tu amor y tu paciencia y sobre todo por seguir apoyándome en mi desarrollo profesional.

Dedicatoria

Antonio Quiroz:

*“Por el enorme sacrificio de estar tan lejos,
pero tan cerca de mí siempre...
por ser el mejor ejemplo de que no existen límites
por levantarme cuando me viste tropezar
y por enseñarme que la perseverancia es una virtud...”*

TE AMO PAPA

INDICE

	Pág.
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Justificación.....	5
Objetivos.....	7
Pregunta de investigación.....	7
Planteamiento del problema.....	8
 CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA SOBRE, MEDICION DE LA CAPTURA DE CARBONO	
1.1. El carbono.....	12
1.2. Casos de Estudio de la captura de Carbono.....	16
1.3. Los bosques como estrategia de mitigación y adaptación, frente al cambio climático a escala mundial, internacional y estatal.....	26
1.3.1. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).....	27
1.3.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).....	29
1.3.3. Protocolo de kyoto.....	30
1.3.4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).....	31
1.3.5. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)..	33
1.3.6. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)...	34
1.3.7. Instituto Nacional de Ecología (INE).....	35
1.3.8. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).....	36
1.3.9. Protectora de Bosques (PROBOSQUE), a nivel estatal.....	37
1.4. Programas insertos en la estrategia de mitigación y adaptación frente al cambio climático.....	37
1.5. Metodología para la determinación de carbono en un área de uso forestal, caso específico del predio Cebatí, San José del Rincón, Edo. De México.....	44
1.5.1. Determinación del número de rodales.....	45
1.5.2. Descripción del método para la toma de muestras.....	46
1.5.3. Descripción de las pruebas analíticas en Laboratorio.....	49

CAPITULO 2. MARCO LEGAL SOBRE MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES

2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ley federal.....	53
2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Ley federal.....	55
2.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Ley federal.....	57
2.4. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-060-SEMARNAT-1994. Ley federal	65
2.5. Código para la Biodiversidad del Estado de México. Ley Estatal.....	66

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN FÍSICO, GEOGRÁFICA Y NATURAL DE CEBATI

3.1. Ubicación del Área de Estudio.....	71
3.2. Fisiografía y topografía.....	73
3.3. Geología.....	74
3.4. Edafología.....	75
3.5. Hidrología.....	76
3.6. Clima.....	76
3.7. Características Biológicas.....	77
3.7.1. Vegetación.....	77
3.7.2. Fauna Silvestre.....	79
3.8. Manejo Forestal.....	80
3.9. Sistema de Manejo Forestal Cebati.....	81

CAPITULO 4. RESULTADOS DE LA ESTIMACION DE LA CAPTURA DE CARBONO

4.1. Metodología aplicada.....	84
4.1.1. Descripción físico- químico del perfil numero 1.....	85
4.1.2. Descripción físico- químico del perfil numero 2.....	88
4.1.3. Descripción físico- químico del perfil numero 3.....	91
4.1.4. Descripción físico- químico del perfil numero 4.....	94
4.1.5. Descripción físico- químico del perfil numero 5.....	97
4.2. Discusión de Resultados.....	100
Conclusiones.....	106
Bibliografía.....	109
Anexos.....	114

ÍNDICE

Figura	Pag.
1. Efecto invernadero.....	12
2. Flujos y almacenes de carbono en un ecosistema Forestal.....	15
3. Usos del suelo, con respecto al sumidero de carbono, regiones templadas (Austria).....	18
4. El reto frente al cambio climático.....	32

Cuadros

1. Elección de rodales por predominio de especies.....	46
2. Clave de análisis según la NOM 021-SECNAT.....	49
3. Distribución del aprovechamiento forestal por especies arbóreas.....	81
4. Descripción morfológica, perfil de vegetación <i>Abies Religiosa</i>	85
5. Descripción morfológica, perfil de vegetación <i>Cupressus lindleyi</i>	88
6. Descripción morfológica, perfil de vegetación <i>Quercus Rugosa</i>	91
7. Descripción morfológica, perfil de vegetación <i>Pinus pseudostrobus</i>	94
8. Descripción morfológica, perfil de vegetación <i>pradera</i>	97
9. Resultados de Contenido de Carbono en el suelo (C) determinado por especie Arbórea.....	100

Tablas

1. Resumen de instrumentos en materia de programas de manejo forestal.....	52
2. Descripción Química del perfil 1.....	87
3. Descripción Química del perfil 2.....	90
4. Descripción Química del perfil 3.....	93
5. Descripción Química del perfil 4.....	96
6. Descripción Química del perfil 5.....	99

Graficas

1. Perfil 1 Suelo Bosque <i>Abies Religiosa</i>	87
2. Perfil 2 Suelo <i>Cupressus lindleyi</i>	90
3. Perfil 3 Suelo Bosque <i>Quercus Rugosa</i>	93
4. Perfil 4 Suelo <i>Pinus pseudostrobus</i>	96
5. Perfil 5 Suelo, pradera.....	99
6. Contenido Total de Carbono/ hectárea almacenado por perfil.....	101

Mapas

1. Predio Cebatí.....	48
2. Ubicación geográfica del predio de Cebatí, San José del Rincón, Estado de México.....	72

Diagrama

1. Metodología.....	44
---------------------	----

Resumen

En esta investigación se llevó a cabo la cuantificación de carbono en suelos de bosque templado, en un predio con actividad de aprovechamiento forestal de la comunidad de Cebatí, ubicado en el Municipio de San José del Rincón Estado de México.

La selección de los sitios de muestreo se estableció de acuerdo a la especie arbórea existente en el predio, identificándose 4 especies: pino, encino, oyamel y cedro. Se adicionó un sitio de muestreo con uso de suelo de pradera con el fin de comparar el almacenamiento de carbono cuando se da un cambio de uso de suelo de forestal a pradera. En cada sitio de muestreo se abrió un perfil donde se tomaron una muestra por horizonte identificado; se colectaron un total de 16 muestras de los sitios para su análisis en el laboratorio. Se realizaron análisis sobre densidad aparente (D.A), densidad real (D.R), humedad, pH, y contenido de materia orgánica (M.O), siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SECNAT-2000, y con el método de “Walkley y Black” se estimaron los contenidos de carbono en suelo.

Los resultados señalan que la especie arbórea de encino tiene mayor contenido de carbono en suelo con 196.367 t C/ha, para la especie de cedro se tiene una acumulación de carbono de 172.776 t C/ha, la especie de pino presenta un contenido de 141.501 t C/ha, mientras que la especie de oyamel muestra el menor contenido de carbono con 138.493 t C/ha. Además, el suelo de pradera está acumulando 179.497 t C/ha. Por último, los resultados indican que el almacenamiento en el suelo en todas las especies arbóreas es mayor en los primeros 25 cm disminuyendo éste con el aumento de la profundidad.

Abstract

This research quantified soil carbon storage in temperate forest, within an area with forestry activities in the Cebatí community, located in the municipality of San José del Rincón, State of Mexico.

The selection of sampling sites was established according to the existing tree species in this area, identifying 4 species: pine, oak, fir and cedar. A grassland use site was added in order to compare soil carbon storage when there is a land use change from forest to grassland. A soil profile in each sampling site was open and taken a sample per identified horizon. A total of 16 samples from the sampling sites were collected for laboratory analysis. The analyses carried out were bulk density (BD), real density (RD), soil moisture, pH, and organic matter (OM), following the Mexican Official Standard NOM-021-SECNAT-2000, and through the "Walkley and Black" method the soil carbon storages were estimated.

The results showed that oak tree species site has the highest soil carbon storage with 196 367 t C / ha, cedar species site has 172.776 t C/ha, pine species site presents a content of 141.501 t C/ha, while fir species site shows the lowest carbon storage with 138.493 t C/ha. In addition, grassland site is storing 179.497 t C/ha. Finally, the results indicate that soil carbon storage in all tree species sites is greater in the 25 cm, decreasing with an increase in depth.

INTRODUCCION

A lo largo de la historia se ha sabido la capacidad de absorción de carbono por parte de los suelos. Es hasta 1976 cuando se propone la idea de los bosques como reservorios de emisiones de combustibles fósiles, por parte de investigadores expertos en la materia y administradores públicos. (INE, S/F)

Según datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en su segundo informe hace referencia que para el año 2050 podría conservarse en los bosques de 60 a 87 Gt C (gigatoneladas de carbono) donde se reconoce que en los suelos de estos ecosistemas forestales, se tiene alrededor de dos tercios de carbono, de aquí la importancia de un manejo adecuado y preciso para seguir con esta misma tendencia de almacenamiento, sin poner en riesgo la sucesión de los bosques, ya que la degradación de estos ecosistemas va ligado con los flujos o emisiones de carbono. Los sumideros de carbono se refieren al contenido del mismo, en ecosistemas forestales (vegetación viva, materia orgánica en descomposición y suelo) y en los productos maderables (Yáñez, 2004).

Este documento está compuesto por 4 capítulos donde se desarrollan desde las actividades y estudios sobre la captura de carbono en los suelos, hasta el análisis y conclusión de almacenes de carbono en una área específica, en el primer capítulo se muestran diversos estudios que han demostrado las diferencias de concentración y almacenamiento de carbono en el suelo, por patrones de comportamiento distintos desde clima, tipo de suelo, variación de especies arbóreas, modulación del terreno, manejo forestal entre otros factores de tipo antropogenico. El incremento de temperatura superficial del planeta, considerado como cambio climático se ha producido debido al importante y rápido de las concentraciones de gases de invernadero, y uno de los principales es el bióxido de carbono (CO₂) (Ordóñez, 1999). Por lo que se hace un análisis sobre los factores que están interviniendo y alterando el ciclo del carbono, como principal gas de

efecto invernadero, al mismo tiempo el impacto que está generando en las diferentes escalas mundial, internacional y nacional, y como a través de sus instituciones, programas, y ONG's dan respuesta al problema mundial del cambio climático, tomando como medida de mitigación las reservas forestales y los servicios que los bosques brindan al planeta. Se desarrolla la metodología, a partir de la usada en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2010 (INFyS), para la cuantificación de carbono, a partir de la selección de rodales por especie arbórea, identificación cartográfica, descripción de perfiles abiertos, toma de muestras finalizando con el análisis en laboratorio para la cuantificación de carbono.

En el segundo capítulo, se listan una serie artículos que corresponden a Leyes de Nivel Federal y Estatal, destacando la responsabilidad de los programas de manejo forestal, no solo en función del aprovechamiento sustentable silvícola, sino también como estrategia para la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales que intervengan, como bienes y servicios ambientales.

En el tercer capítulo, se describen las características físicas del área de estudio, desde su ubicación geográfica, fisiografía y topografía, geología, edafología, hidrología, clima, fauna y se hace una descripción a detalle de vegetación de las especies arbóreas. En este capítulo se incluye también la manera en que opera el Programa de Manejo Forestal del predio en estudio de Cebatí.

En el último capítulo, se describen los resultados obtenidos en campo, y la descripción de los resultados de las pruebas en laboratorio, para llegar a la cuantificación de carbono en el suelo de la localidad de Cebatí. Finalmente se establecen conclusiones y las recomendaciones en donde se enuncian la relación de los resultados con los objetivos planteados en dicho trabajo.

Justificación

El presente trabajo tiene la intención de llevar a cabo la cuantificación de carbono que está siendo almacenado en el suelo, con la particularidad de estar bajo proceso de manejo forestal, (actividades realizadas por el hombre).

El identificar la importancia que asumen las zonas forestales y el funcionamiento de los suelos como reservorios de carbono, nos ayuda a entender, porque resulta atractivo seguir conservando a través de los planes de manejo; esto no solo garantiza la permanencia de los bosques y el buen uso del recurso, también funciona como apoyo a los dueños y poseedores de terrenos forestales mediante los beneficios a través de pagos por servicios ambientales, algunos ejemplos de estos servicios descritos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) son: la mitigación de los efectos del cambio climático (punto principal en nuestra investigación), retención de suelo, generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, entre otros (CONAFOR, 2010a).

Buscar estrategias de conservación (CONAFOR, 2010a) pueden resultar un éxito en muchas áreas del país donde se desconocen de los múltiples beneficios que ofrecen las instituciones gubernamentales para mantener en buenas condiciones los bosques, ya que los servicios ambientales influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las personas y las comunidades. A través del análisis de suelo forestal de clima templado, caso específico “predio de Cebatí, San José del Rincón, Estado de México. Se pretende obtener una aportación que contribuya a la investigación en relación con el proyecto Conacyt-Semarnat, a desarrollar “Cambios de uso de suelo, inducidos por actividades agropecuarias en ecosistemas terrestres templados y cálidos del estado de México: impactos locales y emisiones globales de gases de efecto invernadero”. Mismo que nos dará un panorama general, para responder ciertas incógnitas que se han generado por la escasez de información a nivel local, que determinen la cantidad de carbono que hay en los suelos correspondientes al

bosque de clima templado y cuáles son los beneficios tanto naturales como para la población que habita dentro de este tipo de ecosistemas.

La valoración de los recursos forestales (CONAFOR, 2010a) puede permitir que las mujeres y los hombres que habitan las comunidades indígenas y rurales mejoren su calidad de vida y conserven su riqueza natural, y que las poblaciones urbanas comprendan que tanto su calidad de vida como sus actividades económicas están relacionadas con el estado que guardan los recursos naturales.

Se debe insistir en que la captura de carbono en bosques y suelos es reversible. El carbono que tomo décadas para ser capturado y almacenado en troncos y ramas de árboles en los bosques, podría quedar liberado en la atmósfera, como (CO₂) debido a incendios forestales, manejo inadecuado de los bosques, cambios en los usos de suelo, plagas, enfermedades vegetales; y por efectos del calentamiento global. De tal manera, el CO₂ regresaría a la atmósfera empeorando la situación actual que afecta negativamente las condiciones climáticas, la salud humana y la vida en el planeta.

OBJETIVO GENERAL

Estimar, para el año 2011 el Carbono almacenado en suelos forestales, de clima templado, bajo un programa de manejo forestal en la localidad Cebatí municipio de San José del Rincón, Estado de México,

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Identificar las especies arbóreas del área de estudio en la localidad Cebatí municipio de San José del Rincón Estado de México.
- 2.- Caracterizar morfológica, química y físicamente los suelos, de acuerdo a la clasificación de la FAO y las normas mexicanas vigentes para análisis de suelos
- 3.- Estimar la cantidad de carbono en diferentes perfiles de suelo y contrastarlos, para la determinación de los niveles de captura de carbono orgánico en suelos ocupados por especie arbórea.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenando en el suelo de un bosque mixto templado, bajo manejo forestal?

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático desde hace varios años, ha sido tema para la investigación, y la manifestación más clara fue el calentamiento global, que puso en alerta a los gobiernos de diferentes países para colocarlo dentro de las prioridades en sus agendas de trabajo ya que las implicaciones de forma social, económica y por supuesto ambiental iban en aumento.

Una manera de hacer una contribución a las estrategias contra el cambio climático, en nuestro país, es buscar el bienestar de nuestros bosques templados, ya que en ellos se han visto múltiples beneficios, entre ellos la captura de carbono tanto aérea como subterránea y por lo tanto la reducción de emisiones de bióxido de carbono, principal gas en la atmósfera, que al quedar concentrado dentro de los suelos o la masa forestal, funciona como regulador de clima y lo mantiene estable.

Los bosques son el medio de subsistencia de comunidades o ejidos, en muchos casos, sin embargo el planteamiento que se lleva en esta investigación es seguir haciendo uso de estos recursos de forma adecuada de tal forma que no solo beneficie a su población sino también al medio ambiente, por medio del fomento de la conservación y preservación con programas de manejo sustentable.

Por lo anterior se plantea hacer un análisis por medio de un proceso sistemático de muestreo que nos ayuda a comprender las características de la captura de carbono, por parte del suelo y también nos ayude a identificar cual es la deficiencia o beneficio que nos está brindando en los últimos años las áreas templadas de bosque, mediante los procesos de uso y manejo forestal.

Hacer estudios de este tipo sirve para el reconocimiento de lo que sucede y la manera en que nuestras actividades antropogénicas o tipo de ecosistemas están incidiendo en la captura y emisión de gases a la atmósfera, en este caso del CO₂.

La presente investigación hace un análisis cuantitativo del proceso de captura de carbono, mediante la toma de muestras de suelos forestales, en el predio de

Cebatí, San José del Rincón, Estado De México. Dicho predio está constituido por alrededor de 180 hectáreas forestales de clima templado, bajo procesos de uso y manejo forestal sustentable certificado, cumpliendo con las características de ser un bosque estable, de poca perturbación, de tal forma que permite tomar muestras de la retención de carbono que está quedando contenido en el suelo.

CAPITULO 1. MARCO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA SOBRE, MEDICIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO



El muestreo de campo y la información recabada en este capítulo sigue con la secuencia de cumplir los objetivos establecidos, ya con el previo conocimiento de nuevas herramientas y a la necesidad de contar con información que anteriormente no se consideraba para el manejo de los recursos forestales. Se hace la descripción de cómo se determinaron los rodales, la siguiente parte consiste en la toma de muestras y procedimiento que se debe seguir para la descripción tanto física como química, que guiara a el resultado de la cantidad de carbono en suelos.

Se identificaron los principales movimientos a escalas mundial y nacional sobre el impacto que ha generado el cambio climático, ya que se coloca como un asunto de orden prioritario a escalas mundiales, por lo que en los últimos años se han creado una infinidad de instituciones, programas, ONG`s, trabajos y propuestas para hacer frente a los eventos suscitados principalmente por los gases de efecto invernadero en la atmosfera del planeta tierra.

Las instituciones de nivel estatal regularmente son las que se encargan de la vigilancia e inspecciones de que se cumplan y se realicen los programas, capacitan y distribuyen las actividades, en las zonas forestales al mismo tiempo está en constante trato directo con las comunidades o personas, propietarios de ecosistemas naturales, para brindarles información e invitarlos a contribuir en el adecuado uso de los recursos naturales.

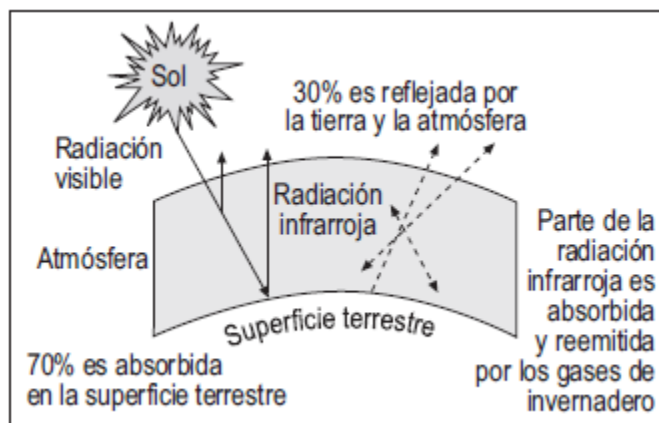
Por último se menciona la metodología empleada para la definición de sitios de muestreo y el desglose del proceso de análisis químico hecho ya en laboratorio, para la obtención de resultados.

1.1 . EL CARBONO

El planeta tierra es un sistema en constante interacción, que comprende múltiples formas de vida que a su vez cumplen con una función específica, pero también desde siempre han existido los ciclos biogeoquímicos que han mantenido las condiciones de la tierra de manera estable regulando, así todas las cadenas tróficas en interacción. El efecto invernadero es un proceso que existe desde siempre y se debe a que ciertos gases en la atmósfera, que permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, mientras que se absorbe y remite 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 emite libremente al espacio exterior. **(Ver figura 1)**

El incremento de temperatura superficial del planeta, considerado como cambio climático se ha producido debido al importante y rápido de las concentraciones de gases de invernadero, y uno de los principales es el CO₂.

Figura 1. Efecto invernadero



Fuente: Ordóñez, 1999

En la naturaleza existen una serie de reacciones químicas, e intercambios entre la atmósfera, los suelos y los seres vivos, en los cuales participan compuestos del carbono (*ciclo biogeoquímico del carbono*). El carbono es parte fundamental y soporte de los organismos vivos.

Como sucede con todos los elementos, la disponibilidad del carbono no es infinita en el planeta y, por tanto, el carbono circula en la materia orgánica y el ambiente físico-químico de manera constante, este ocurre a diferentes escalas espacio-temporales, que van desde el nivel molecular, pasando por el organismo hasta el global.

Existen dos mecanismos que operan de manera conjunta pero en escalas diferentes de tiempo. En el largo plazo (cientos de millones de años), el ciclo geoquímico del Carbonato-Silicato opera como regulador de dicha concentración, este ciclo geoquímico ha ayudado a mantener la concentración del CO_2 atmosférico por debajo de 1% durante los últimos 100 millones de años; sin embargo los flujos de carbono anuales son relativamente pequeños.

El carbono, como tal en su unión molecular con el oxígeno, constituyen el bióxido de carbono (CO_2), gas resultante de procesos tanto geoquímicos como biológicos, y cuya presencia en la atmósfera es fundamental en la regulación de la temperatura del planeta debido a sus propiedades como gas de invernadero. La consecuencia negativa que acarrea dicho gas es que el aumento de la contaminación, que incrementa el número de partículas en el aire y por tanto la alteración en el clima (Jaramillo, 2004).

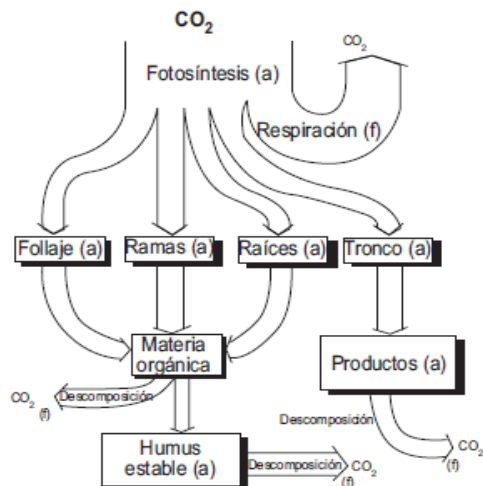
La aparición de la vida sobrepuso al ciclo geoquímico un ciclo biogeoquímico de corto plazo, dominan dos grandes transferencias anuales de carbono: el flujo de CO_2 de las plantas a la atmósfera como resultado de la fotosíntesis y el regreso de CO_2 a la atmósfera como resultado de la descomposición de la materia orgánica.

En la naturaleza el carbono se encuentra en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono (CO₂). Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes de la vida (Ordóñez, 1999).

En la distribución que se hace del carbono en el planeta se tiene que el 71% está contenido en el océano, un 3% en el fitoplancton y la materia orgánica muerta; otro 3% en los bosques; un 1% se utiliza en la fotosíntesis, y se encuentra circulando en la atmósfera; el 22% restante permanece fuera del ciclo en forma de combustibles fósiles y depósitos calizos(Asociación Española para la Cultura, el Arte y la Educación, ASOCAE O.N.G.D, 2010).

El proceso del ciclo del carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el anhídrido carbónico y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno en forma simultánea, que pasa a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido carbónico así formado se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales, que también respiran y liberan anhídrido carbónico. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en anhídrido carbónico y regrese a la atmósfera. El carbono puede estar constituido en varios almacenes, que pueden ser emitidos o ahorrados, el almacén de importancia para nuestra investigación está contenido en los suelos forestales **(Ver figura 2)**.

Figura 2. Flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal



Fuente: Ordóñez, 1999.

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco) (**Ver Figura 2**).

Al crecer, éste incrementa su follaje, ramas, flores, frutos y yemas de crecimiento (Que en su conjunto conforman la copa) así como su altura y el grosor de su tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre sus hojas, lo que da lugar a que las copas de los árboles compitan por esta energía.

El suelo, el detritus y la turba almacenan 172 GtC (giga toneladas de carbono) aproximadamente, aunque es poca la cantidad de almacenamiento a diferencia de los océanos que son los que almacenan cerca de 39,000 GtC. (Ordóñez, 1999) Sin duda alguna no se descarta la importancia que juegan los bosques ya que la deforestación y los incendios se han convertido en problemas alarmantes, debido a que se pierde ese carbono almacenado anualmente por estos mismos motivos.

Durante mucho tiempo, casi todo el carbono fijado, regresa a la atmosfera por medio de dos procesos: la respiración heterótrofa, (se alimentan de sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismos), que este incluye a los descomponedores de la materia orgánica, (bacterias y hongos que se alimentan de tejidos muertos y de exudados) y a los herbívoros: y por la combustión en los fuegos naturales o antropogénicos. Gran parte de la biomasa muerta se incorpora al detritus (proviene de la descomposición de fuentes orgánicas y minerales) y a la materia orgánica del suelo, donde es respirada a diferentes velocidades dependiendo de sus características químicas. De esta forma se crean almacenes en el suelo que regresan a la atmosfera en diferentes periodos (Jaramillo, 2004).

Es importante rescatar el papel que juega el suelo en la dinámica forestal este retiene carbono, que se origina por la fragmentación de la roca madre meteorizada por el establecimiento de un organismo vegetal que con el tiempo forma capas por depositación de materiales, al irse acumulando éstas y compactando, almacenan una cierta cantidad de carbono, misma que aumentará por la continuidad del proceso de formación del suelo. (Ordóñez, 1999). Agregase la cantidad de materia muerta que constituye a la aportación de carbono al suelo.

1.2. Casos de estudio de la captura de carbono.

Un bosque en plena madurez aporta finalmente la misma cantidad de carbono que captura. Después de varios años, cuando los árboles han llegado a su madurez total, absorben (capturan) únicamente pequeñas cantidades de CO₂ necesarias para su respiración y la de los suelos (Bellamy, 2010).

Una tonelada de carbono en la madera de un árbol ó de un bosque, equivale a 3.5 toneladas aprox. de CO₂ atmosférico. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450 Kg. de carbono y 1575 Kg. de CO₂. Árboles maduros, plantados a distancia de 5 metros forman bosques de 400 árboles por hectárea. Si

cada árbol contiene 300 Kg. de carbono, y 42% de la madera del árbol es carbono, esto significaría que cada árbol pesa 714 Kg. En este caso, la captura de carbono sería de 120 toneladas por hectárea ($400 \times 714 \times 42\%$).

Estimaciones sobre captura de carbono durante 100 años oscilan entre 75 y 200 toneladas por hectárea, dependiendo del tipo de árbol y de la cantidad de árboles sembrados en una hectárea. Es posible entonces asumir 100 t C/ ha, equivalente a 350 t C/ ha en 100 años. Esto es una tonelada de carbono y 3.5 ton de CO₂ por año y por hectárea, sin tomar en cuenta la pérdida de árboles. Calculando la pérdida de árboles en 25% por hectárea. Entonces la captura de carbono es de 75 ton./ha. Equivalente a 2.6 ton de CO₂ por año y por hectárea.

Cada año se requerirían mucho más de 9,000 millones de hectáreas plantadas con árboles en desarrollo en regiones sin forestación para compensar las emisiones de CO₂ y reponer los árboles muertos. Sin embargo, 70 % del planeta tierra está cubierto por agua; las tierras sin forestación generalmente no son adecuadas para la mayoría de las especies de árboles; y los suelos fértiles se requieren para producir alimentos (Bellamy, 2010).

- **Medición de tendencias en el tiempo de almacenamiento del carbono del suelo (Austria)**

La restauración de bosques en América del norte y Europa acumula carbono en la biomasa nueva, a una tasa de 0.5 Pg C/ año (petagramo de carbono por año). En el Calhoun Forest, Carolina del Norte, el aumento del Carbono de 40 años se incrementa a 165 t C/ ha (toneladas de carbono por hectárea) (Houghton et al, 1999) (Jandl, 2001).

Figura 3. Usos del suelo, con respecto al sumidero de carbono, regiones templadas (Austria)

<u>uso de la tierra</u>	<u>sumidero de Carbono [kg m⁻²]</u>
bosques	12,1
hojarasca	1,5
suelo mineral	10,6
campos	7,1
praderas	8,7
prados extensivos	12
barbechos alpinos	9
jardines/otros	8
suelos sellados	0

Fuente: Jandl, 2001

En la **figura 3** se muestra que los suelos forestales son mayores sumideros de carbono, a diferencia de los demás tipos de suelo de los cuales se tomaron muestras para este caso de estudio, seguido de los prados extensivos que como el autor menciona se debe a la conversión del uso de la tierra que se efectúa entre campos a bosques. Como efectos de procesos de migración de la población rural a las ciudades. El aumento de área boscosa es cerca de 7.600 ha cada año en Austria, pero por otra parte, unas 3.500 ha de los suelos de uso agrícola se urbanizan, disminuyendo así el efecto de la forestación. En la actualidad, los bosques de Austria contienen 320 +/- 42 millones toneladas de carbono, donde se esta considerando todos los elementos que comprenden las zonas forestales (tronco, ramas, hojarasca y suelo) y los suelos forestales entre 463 +/- 185. El secuestro de carbono durante el periodo de 1960-1990 fue de 2500 toneladas de Carbono cada año (Weiss et al., 2000) (Jandl, 2001).

Los bosques en Europa Central son manejados de manera sostenible hace ya varias generaciones. No obstante, han secuestrado carbono en décadas pasadas. El proceso más importante es la forestación de praderas y tierras agrarias marginales, que integra el 90 % del secuestro. El 10 % restante es acumulado en los suelos y refleja la mayor productividad de los bosques, son resultado del

aumento de las raíces y del follaje que se pierde cada año y la extracción de biomasa aumentada durante las cosechas. A primera vista el 10 % de secuestro en el suelo parece de menor importancia, sin embargo, hay que tomar en consideración que el aumento de la biomasa en el suelo, solamente se efectúa durante un periodo corto. A largo plazo la producción está en equilibrio con la respiración y los procesos de descomposición de la materia. Dejando ver los resultados de la acumulación de carbono en los siguientes 50 años (Cramer et al.-2001, Korner 2000) (Jandl, 2001).

Para el análisis químico de esta investigación en Austria, la metodología que fue usada estuvo basada en lo siguiente: En los sitios únicos, solamente se colectó un conjunto de pruebas de capas geométricas fijas (hojarasca 0-10, 10-cm, 10-20, 20-30, 30-50 cm) para el análisis químico. Las pruebas corresponden a la mezclas de 4 perfiles de cada sitio, siendo representativas a pesar que se desconocen valores de estadística local, por otra parte el nivel II empezó en 1994 y considera bosques seleccionados. En algunas parcelas, las mediciones se complementan con análisis químicos del agua del suelo, del crecimiento radial y registros del clima local. El diseño para la colección de pruebas de análisis químico del suelo es más extenso. Dentro de la parcela, un rectángulo de 20 cm se subdivide en tramos de 5 m, por esto, se tiene 16 pruebas para cada capa del suelo y sitio. Este diseño implica que no todos los sitios son seleccionados conforme a la experiencia del investigador y la variabilidad local puede ser significativa (Jandl, 2001).

- **Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile**

En conjunto con La Universidad Austral de Chile (2001), el Instituto Forestal (1999), realizó una investigación para un proyecto con el objeto de insertar a Chile en el mercado mundial de permisos de emisiones de carbono, promocionando la oferta de captura de carbono en bosques tanto naturales como artificiales, dentro del marco propuesto en los Mecanismos de Desarrollo Limpio definidos en el

protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre Cambio Climático (UACH, 2001).

Desde que la comunidad científica alarmó al mundo sobre una eminente amenaza al sistema climático mundial, por acumulación en la atmósfera de gases efecto invernadero (GEI), cuya presencia estaba relacionada con actividad antrópica, diversas acciones se han y están generados para enfrentar el problema.

De acuerdo con la Universidad Austral de Chile y el Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDEF (2001) la primera acción concreta, fue crear una organización (1988) de carácter mundial para estudiar el problema y proponer acciones de mitigación, el que tomó el nombre de Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), y contó con la representación de más de 100 países.

Como resultado se formuló un tratado mundial para hacer frente al problema del cambio climático, el que fue adoptado el 9 de mayo de 1992 por las Naciones Unidas como Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC); (United Nations Framework Convention on Climate Change; FCCC). Este tratado establece compromisos y acciones para mitigar y enfrentar el cambio climático del planeta, ya ha sido ratificado por 170 países (junio de 1999), y en Chile es ley de la República desde el 13 de Abril de 1995.

En el caso del sector cambio de uso de suelo y actividades forestales, presenta dos grandes opciones; reducción de emisiones (manejo forestal) y captación de carbono a través de sumideros naturales (asociados a proyectos de forestación). Los proyectos de generación de energía por biomasa, se presentan como una interesante opción de mitigación, constituyendo una combinación de los sectores energía y del campo de uso del suelo y la silvicultura, limitada a la forestación, reforestación y deforestación CUSAF/LULUCF (UACH, 2001). Desde el inicio del proyecto, desarrollado por las instituciones antes mencionadas, la fase

metodológica centró sus capacidades en la determinación de coeficientes técnicos para estimar la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile.

A la fecha se han establecido funciones de biomasa aérea y radical tanto para especies nativas como exóticas, a nivel de individuo, de rodal y tipo de bosque y se han establecido funciones de biomasa de raíces, para especies nativas e introducidas. Igualmente se ha avanzado en la determinación de factores de conversión de volumen comercial a biomasa total y en coeficientes que conviertan la biomasa total en carbono.

El contenido de carbono en bosque nativo, arrojado por los resultados iniciales, es en el caso de biomasa aérea, 107.4-503.1 ton C/ha, sotobosque 0.5-9.6 ton C/ha, necromasa 8.5-53.5 ton C/ha, hojarasca 3.4-13.8 ton C/ha, suelo 143.7-180.9 ton C/ha y raíces 31.6- 132.9 ton C/ha. (UACH, 2001).

Actualmente, se está completando la información recopilada durante toda la fase de terreno, así como la información de análisis de laboratorio, para entregar resultados finales sobre el contenido de carbono tanto en especies nativas como introducidas. Paralelamente, se está adaptando y calibrando una metodología de monitoreo de captura de carbono en ecosistemas forestales, tanto en la biomasa arbórea, sotobosque, hojarasca, necromasa y suelo, con el fin de encontrar el método más adecuado para las condiciones locales de los bosques de Chile.

- **Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán.**

Este estudio cuya primera versión fue elaborada como tesis de licenciatura de José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz, bajo la dirección del Dr. Omar Masera, en la UNAM, es un análisis de la estimación de la captura potencial de carbono en un bosque templado, que se encuentra bajo manejo forestal por la comunidad

indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro en el Estado de Michoacán, México del año de 1999. Respecto del contenido de carbono por hectárea, se obtuvo que, a largo plazo, la captura total unitaria alcanza 217 tC/ha, de los cuales 94 tC/ha provienen del suelo, 74 tC/ha de biomasa y 49 tC/ha de productos (Ordóñez, 1999).

Los resultados obtenidos se compararon con dos escenarios: a) se prolonga el turno de 50 a 80 años y b) se asigna un tiempo de vida de 100 años a los productos. Como resultado de esta comparación, podemos concluir que alargar el ciclo de rotación produce sólo beneficios marginales en términos de la captura total de carbono y éstos se dan a muy largo plazo. Por el contrario, transformar la madera extraída en productos de tiempos de vida muy largos produce una ganancia sustantiva en cuanto a la captura total de carbono en los bosques de la comunidad.

Con este estudio se desarrolló un método de estimación del potencial de captura de carbono basado en un modelo de simulación; indicando los parámetros necesarios para realizar la estimación; también sugiere estudios específicos para determinar parámetros que no han sido cuantificados a nivel regional y mostrar el potencial de captura de carbono que tiene un bosque templado del centro occidente del país.

- **Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México.**

Uno de los servicios ambientales resultantes del manejo sustentable de los suelos de laderas, y que se estima tiene potencial económico, es el secuestro de Carbono. México cuenta con extensas superficies de terrenos forestales en laderas que sobrepasan 50% de pendiente, en parte convertidas en terrenos de cultivo por presiones de población y problemas sociales, y que hoy presentan un

mosaico de sistemas de vegetación, en los cuales se supone existe potencial para capturar Carbono. Sin embargo, una dificultad es la manera de estimar con confiabilidad el tamaño de los depósitos de carbono presentes en diferentes tipos de uso del suelo, así como la proyección de su cambio en el futuro.

Los modelos de simulación, los cuales son generalmente aplicables a condiciones similares a las que se generaron, es una de las alternativas metodológicas disponibles para abordar este problema, pero se carece de información que permita usarlos en las condiciones indicadas, además de que mucho del material es extranjero y regularmente en nuestro país el costo de reparación no es costoso y no existe la capacitación para usarlo y mucho menos para repararlo, por lo que regularmente se recurre a otras alternativas como lo dice el autor donde se mencionan otras posibilidades que se basan en estimaciones del cambio de la vegetación mediante imágenes de satélite, pero éstas no consideran los depósitos que hay en el suelo y, que con frecuencia, rebasan en 2 o 3 veces a los depósitos de la biomasa aérea (Etchevers, J. *et al.* 2001).

La investigación realizada por el doctor Etchevers y sus colaboradores fue abordada en las regiones (Mazateca, Cuicateca y Mixe) de la Sierra norte del estado de Oaxaca, México, donde predomina un tipo de vegetación típica de bosque mesófilo de montaña alterado, que se caracteriza por estar constituido por una gran variedad de especies arbóreas herbáceas y arbustivas, junto con vegetación secundaria correspondiente al sistema de explotación roza-tumba-quema (RTQ), localmente denominados acahuals, y áreas de cultivo. En esas regiones se llevó a cabo la cuantificación directa de los almacenes de Carbono en diferentes sistemas de manejo, los que fueron separados en almacenes correspondientes a la parte aérea y subterránea. El carbono asociado a la biomasa aérea se dividió en carbono en la hojarasca, en hierbas-arbustos y en árboles, y el de los almacenes subterráneos se dividió en carbono en las raíces y el asociado a la masa mineral del suelo (Etchevers, J. *et al.* 2001).

La medición que describen tuvo por objeto medir el tamaño de los depósitos de Carbono en cada sistema, en un tiempo cero (línea base), para posteriormente realizar evaluaciones que permitan establecer el potencial para capturar carbono de cada sistema y ajustar los modelos existentes a condiciones de agricultura y forestería de ladera. Los resultados muestran que la cantidad de carbono acumulada en el suelo de ladera (1 metro de profundidad) puede llegar a ser hasta 50 veces superior al carbono capturado por la biomasa aérea en un año, particularmente en los sistemas agrícolas, en tanto que en algunos bosques las cantidades de carbono presentes en el suelo y la parte aérea pueden ser casi iguales. Dos de las regiones estudiadas presentan cantidades de carbono similares debido a condiciones climáticas parecidas. En la Región Cuicateca los sistemas con más carbono fueron la pradera (PR) y el bosque de encino (BE) con 95 y 92 (Mg.ha⁻¹) respectivamente; aunque la PR tenía 87 Mg.ha⁻¹ de carbono en el suelo y el BE sólo 40 Mg.ha⁻¹ (Etchevers, J. *et al.* 2001).

El sistema con mayor cantidad de carbono almacenado fue un bosque de liquidámbar (BL) de aproximadamente 40 años en la región Mazateca (244 Mg.ha⁻¹ C), con casi igual proporción de Carbono en la parte aérea y subterránea. En la región Mixe, el sistema que más Carbono tenía fue la labranza tradicional (LT) con 305 Mg.ha⁻¹ Carbono, la mayoría de éste en el suelo. De los sistemas naturales, el que mayor cantidad de Carbono tenía fue un acahual de 7 años de edad, con 199 Mg.ha⁻¹, de los cuales 169 Mg.ha⁻¹ estaban en el suelo. En este tipo de ecosistemas, el mayor almacén de carbono es el suelo, y contrariamente a lo que podría pensarse, los sistemas tradicionales de explotación contribuyen a que se establezcan grandes almacenes de carbono en el suelo, por lo que es de gran importancia realizar actividades encaminadas a la protección de este recurso natural en esas laderas (Etchevers, J. *et al.* 2001).

Respectivamente como lo menciona el autor la mayor parte de los bosques de nivel nacional se encuentran sobre grandes laderas y las características

geomorfológicas y físicas de los alrededores podrían incidir como fue en su caso de estudio donde los sistemas tradicionales juegan un papel importante en la determinación de carbono acumulando mayoritariamente más que en un bosque en condiciones normales como describe al bosque de encino.

- **Captura de carbono ante el cambio climático**

El cambio climático global 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. El autor afirma que el dióxido de carbono (CO₂) es uno de los GEI más importantes y que ocupa el segundo lugar en emisiones a la atmósfera por función de cambio de uso de suelo a nivel mundial. La problemática específicamente para México, es que este fenómeno es de singular importancia, ya que se encuentra dentro de los 20 países con mayores emisiones y por otro lado se encuentra entre las regiones más vulnerables a los impactos asociados al cambio climático debido a las condiciones bioclimáticas y socioeconómicas (Ordóñez, 2001).

A nivel nacional los bosques son la segunda fuente de emisiones de GEI contribuyendo con un 30% del total, los bosques de México al mismo tiempo representan un almacén de carbono que es equivalente a las emisiones mundiales actuales de CO₂, con esto resaltamos la importancia que representa, ya que la capacidad de retención de carbono, se está perdiendo rápidamente por procesos de deforestación y degradación de los ecosistemas forestales. El autor menciona que el principal almacén de carbono en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el matillo. Los bosques en el mundo ya sean templados o tropicales son los ecosistemas terrestres que capturan mas carbono y su participación en el flujo anual es del 90% entre la atmósfera y el suelo (Ordóñez, 2001).

La importancia del carbono como secuestrador radica en que puede acumularlo por miles de años, que puede alterar esta acumulación el cambio de uso de suelo,

que modifica drásticamente los contenidos de carbono en los distintos almacenes, otro problema que menciona el autor es que en México no se tiene información detallada sobre los almacenes de Carbono, por tipo de ecosistema y uso de suelo ni de los flujos netos de carbono derivados de los patrones de cambio de uso de suelo a nivel regional (Ordóñez, 2001) se tiene una deficiencia mayor para los bosques templados del centro del país, los cuales sufren actualmente un acelerado procesos de deforestación y degradación.

Otro factor encontrado por el autor fue que determinar precisamente las emisiones netas de los ecosistemas forestales, es una gran incertidumbre en los procesos de cambio de usos de suelo, específicamente cuanto y como se pierde los bosques a través del tiempo, ya que por factores físicos y biológicos como procesos de cambio de cobertura y uso de suelo, relieve de terreno, propiedades químicas y físicas del suelo, la disponibilidad de fuentes de agua y el estado y estructura de la vegetación, etc. que impactan a distinto nivel, ocasionando cambios entre la diversidad biológica y el funcionamiento del ecosistema, recalca que no existen trabajos que definan o comprendan la dinámica que ocurre en el paisaje que ocasionan la degradación o regeneración de la vegetación (Ordóñez, 2001).

1.3. Los bosques como estrategia de mitigación y adaptación, frente al cambio climático a escala mundial, internacional y estatal

En este apartado se hace la presentación de las instituciones mundiales, federales y estatales y su participación activa dentro de las propuestas para reducir el impacto negativo al ambiente, con motivo del acelerado cambio climático a nivel mundial.

1.3.1. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)

Desde el año de 1988 el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC se ha encargado de llevar las investigaciones científicas, ofreciéndoles a los gobiernos de los diferentes países resúmenes y asesoramientos sobre los problemas climáticos.

La función del IPCC, (IPCC,2011) consiste en analizar, de manera exhaustiva, objetiva y transparente, la información científica, técnica, socioeconómica que ayuda a la interpretación de los riesgos que asecha el calentamiento climático provocado por las actividades antropicas al mismo tiempo, de las posibles repercusiones y de las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

La actividad principal del IPCC, (IPCC, 2000) es hacer informes periódicos sobre los temas más relevantes, considerando siempre los temas en donde sea más necesaria la información sobre cambio climático, además de ser el respaldo que sustenta a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

El calentamiento de la atmosfera en la actualidad es considerado como un problema que afecta a todo el mundo, sobre todo cuando se le agregan variables como la pobreza, el desarrollo económico y el incremento de población, lo que lo convierte en un tema complicado pero que sin duda tiene que ser atendido y no tomarlo de lado.

En el informe presentado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, muestran resultados negativos, que de acuerdo a sus estudios realizados prevén que los gases de efecto invernadero (GEI) aumentaran de un 25% a un 90% de los años 2000 a 2030, esto de seguir con la fuerte utilización de los combustibles fósiles, indicando así que será probable que (IPCC, 2011).

En dicho informe se plantean también medidas de mitigación para la disminución de los gases de efecto invernadero, dejando en claro que no existe la tecnología que aporte todo el potencial de mitigación de un sector dado. Los gobiernos disponen de grandes políticas y medidas para la mitigación de los GEI sin embargo estas dependerán de las circunstancias nacionales y del contexto sectorial. (IPCC, 2007). Al mismo tiempo que cabe destacar que estas propuestas son tomadas principalmente por los países desarrollados, lo que ha llevado al fracaso en los países en vías de desarrollo o en la mejor de las circunstancias que se dé su aplicación de forma lenta a comparación de otros países.

Existen muchas opciones para reducir las emisiones de GEI mediante la cooperación internacional, entre estas soluciones se encuentran el establecimiento de una respuesta mundial al cambio climático, una larga serie de políticas nacionales y por su puesto la creación de un mercado internacional de carbono, no sin dejar a tras todas las acciones que lleva por su parte la CMCC con el Protocolo de Kioto que es lo que tiene más auge y podría ser la futura base de la mitigación.

Un ejemplo de las propuestas (IPCC, 2007) dentro de este informe que se pretende lanzar y comercializar antes de 2030 en el caso específico para el sector Bosque, la propuesta está basada en las prácticas de forestación; la reforestación; la gestión de bosques; reducción de la deforestación; gestión de productos de madera cultivados; utilización de productos forestales para la obtención de biocombustibles que sustituyan los combustibles de origen fósil; mejora de las especies de árboles para aumentar la productividad de biomasa y el secuestro de carbono. También la mejora de las tecnologías de teledetección para el análisis del potencial de secuestro de carbono en la vegetación/el suelo, y topografía de los cambios de uso del suelo.

Al mismo tiempo las políticas que han resultado favorables para este mismo caso son los Incentivos financieros (nacionales e internacionales) para incrementar la superficie forestal, para reducir la deforestación, y para mantener y gestionar los bosques; reglamentaciones sobre el uso de la tierra, y cumplimiento de estas. Algunas de las limitaciones son la falta de capital inversor y los problemas de tenencia de las tierras y por otra parte es una buena oportunidad para atenuar la pobreza, (IPCC, 2007) factor determinante e importante dentro de muchas estrategias, ya que la gente de menos recursos es la que se encuentra en mayor contacto con el medio natural.

1.3.2. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

Una importante convención es la que surge como respuesta ante cambios en la atmósfera del planeta la preocupación de los países, para integrarse en el año de 1992 al tratado internacional llamado Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**CMNUCC**), donde se consideran puntos tales como reducir el calentamiento en la atmósfera y crear medidas para evitar el incremento de la temperatura (UNFCCC, 2011).

En la convención se trataron asuntos como la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, mencionado en su artículo 2 (ONU, 1992).

Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Lo que se busca dentro de la convención es el beneficio de las generaciones futuras (ONU, 1992), sobre la base de la equidad y de la conformidad propiamente de sus responsabilidades, no sin olvidar considerar las necesidades específicas sobre todo de los países en desarrollo principalmente las zonas más vulnerables ante los efectos que ocasione el cambio climático.

A pesar de su intento por reforzar la conciencia pública sobre los asuntos que corresponderían al problema del calentamiento climático, debido a la carencia de los resultados por parte de dicha convención, surge para el año de 1997 como instrumento el documento del “protocolo de Kioto” que toma una mayor fuerza de índole igualmente Internacional sobre la reducción de 6 principales gases en la atmósfera, dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) (ONU,1998), que causan el calentamiento global, pero con mayor prioridad el bióxido de carbono, el ozono y el oxido nitroso, con aportaciones que rebasan el 50% del total de emisiones hechas a la atmosfera, que se especifica con mayor detalle en el documento del Protocolo de Kioto.

1.3.3. Protocolo de Kyoto

Uno de los puntos tratados en el protocolo, fue el compromiso hecho por los países sobre la disminución de sus emisiones a la atmosfera de seis gases que provocan el efecto invernadero, dióxido de carbono (CO₂),(considerado como el gas más abundante en la atmosfera), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) en por lo menos un 5% en promedio para los años de 2008 a 2012, tomando como referencia los niveles de los años 90 (ONU, 1998).

El objetivo principal es disminuir el cambio climático dado por cuestiones antropogénicas, donde el principal problema es el efecto invernadero. Con el

compromiso de cerca de 165 países aproximadamente en disminuir sus emisiones se esperan resultados favorables para las fechas establecidas en un futuro.

Por otra parte Estados Unidos, principal emisor de gases a la atmosfera firmó el documento pero jamás ratificó, por lo cual no podía considerarse como oficial, y para el año 2001 el presidente en puesto, se retiro del protocolo, tomando como justificación que era ineficiente y absurdo dicho documento (ONU, 1998), por parte de la Unión Europea se comprometieron a reducir sus emisiones en un 8% respecto de los años noventa, aunque para cada uno de sus países se les dieron diferentes estándares de acuerdo a algunas variables económicas y ambientales que se encuentran dentro del acuerdo, pero para otros países en lugar de reducir sus emisiones se han incrementado en los últimos años, pronosticando que no cumplirán con la meta establecida, , ya que no se está respetando ni considerando la consecuencia que podría resultar el no hacer un intento por contribuir a esta causa que es un bien común de índole mundial.

España justifica que con el acelerado crecimiento económico dentro de su país es imposible cumplir las metas de disminución de emisiones, que podría tener consecuencias futuras, en caso de Argentina por considerarse un país en desarrollo no está obligado a cumplir con dicha meta sin embargo también ratifico y por lo que concierne a México, firmo en el año de 1992 y ratifico al siguiente año (ONU, 2007).

1.3.4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

La contribución que hace la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), es clara y precisa al destacar que la situación del cambio climático es una cuestión que nos afecta a todos, por sus parte se encarga de la mitigación en los sectores agrícolas considerando que la adaptación y la mitigación requieren de los esfuerzos que hasta el momento se ha dado, para

mejorar el uso de los recursos naturales, y así obtener una mayor producción, ingresos seguridad alimentaria y desarrollo rural (FAO, 2009). La FAO, considera que el Cambio Climático es un verdadero reto al que se enfrenta la agricultura, la silvicultura, la pesca y la seguridad alimentaria.

Existen dos puntos importantes que describen la importancia de tal reto, (**Ver figura 4**) de acuerdo al aumento de población en los últimos años, responder a la demanda de esta población triplicada supondrá una enorme presión sobre los sectores agrícola, forestal y pesquero para suministrar alimentos, forraje y fibra, además de ingresos, empleo y otros servicios esenciales del ecosistema. Ahora bien, todos estos sectores deben responder, a su vez, al reto del cambio climático, mediante el aumento de forma decisiva de la producción agrícola para responder al aumento de la demanda y garantizar la seguridad alimentaria, a la vez que se mantiene la base de recursos naturales y se responde al reto del cambio climático a través de medidas de adaptación y mitigación.

Figura 4. El Reto frente al cambio climático.



Fuente: FAO, 2009

La aplicación de un enfoque integral a la adaptación del cambio climático. Ayuda a la identificación de los retos, actuales y futuros, y la asistencia a sus miembros, Especialmente los más vulnerables, para mejorar sus capacidades de enfrentar los impactos negativos del cambio climático y la variabilidad climática asociada y ayudar a la identificación de vías para maximizar cualquier oportunidad que pudiese surgir (FAO, 2009).

La FAO a través de su trabajo interdisciplinario, busca la adaptación abarcando desde lo local hasta lo global, ya que considera que las acciones deben de ser inmediatas aunque se vean las estrategias a largo plazo, y en la actualidad es una de las instituciones con mayor compromiso frente al cambio climático, reiterando sus bases en sus tres enfoques agricultura, silvicultura y pesca.

1.3.5. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

EL Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente forma parte del equipo contra el cambio climático en coordinación con otras instancias, desarrolla programas que contribuyan al cambio climático global, se encarga de fomentar la producción de áreas naturales protegidas, la biodiversidad y mapas de probables puntos de secuestro de carbono para la selección de sitios de muestreo y monitoreo por el programa de la ONU que lleva por nombre “ Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en los Países en Desarrollo” (REDD), (PNUMA,2006) programa que es apoyado por el mismo PNUMA y la FAO con información de los servicios de los ecosistemas, la biodiversidad, los costos de oportunidad, los datos-socioeconómicos, los niveles de referencia de deforestación, así como el análisis de los datos de las reservas de carbono.

Este mecanismo tiene por objetivo, insertar a los países en desarrollo en programas para la conservación de los bosques y en un adecuado manejo, para así contribuir de esta manera a la lucha global contra los efectos del cambio

climático (UN-REDD,2011), el programa ofrece primero, la conservación de los bosques y el seguir teniendo mejores reservas o depósitos de carbono y la propuesta para los países en desarrollo es otorgar incentivos o pagos por seguir manteniendo bosques estables en periodos de largo plazo, de tal manera que estos países sigan invirtiendo en un desarrollo de bajas emisiones de carbono y en un mejor futuro para sus generaciones siguientes.

Como parte de los programas que establece PNUMA, podemos decir que el considerar a los países en desarrollo es un buen comienzo como parte de la sustentabilidad, ya que se ha comprobado que la pobreza está ligada con el medio natural de tal forma que combatiéndola, contribuimos o avanzamos en mejores oportunidades a la población y al mismo tiempo otorgamos el bienestar a los ecosistemas en su regeneración y administración de manera sustentable.

1.3.6. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Siendo una institución de muy reciente creación, en México dándose a conocer en el periodo presidencia del Licenciado Ernesto Zedillo (1994-2000), fundada bajo los criterios de la necesidad de tener una institución que administre y se encargue de los recursos naturales de México, de tal manera que este se vea enfocado en el desarrollo sustentable, bajo reglas y lineamientos que garanticen el cuidado y el buen uso de los ecosistemas naturales de México.

Entre sus responsabilidades que esta delega, (SEMARNAT, 2010a) se encuentra una que conduce las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono.

La secretaria, (SEMARNAT, 2010a) define al cambio climático como la mayor amenaza para la supervivencia de la humanidad y para el desarrollo de las naciones, lo considera como un fenómeno que pone en riesgo a la población por los efectos tan adversos que presenta esto en cuestiones de biodiversidad y el

cambio de clima extremo, incidiendo de la misma forma en la capacidad de los ecosistemas de ofrecer bienes y servicios ambientales.

Como institución representante de este país, dentro de la última reunión llevada a cabo en Cancún, (SEMARNAT, 2010b) con motivo de la revisión de protocolo de Kyoto, (COP 16) (2010), y con el acuerdo de 193 países participantes, se otorgo el fondo verde para administrar 100 mil millones de dólares para los países en desarrollo que trabajen en medidas de mitigación contra el cambio climático, esto con la finalidad de proteger los recursos forestales del planeta, haciendo énfasis en las naciones más vulnerables al cambio climático hasta 2020.

Para ellos la razón más lógica y coincidiendo con la mayoría de los países, es que las actividades antropogenicas son las causantes de este deterioro ambiental, por lo cual si es una acción provocada por el mismo hombre, pues es el mismo hombre quien tiene que dar soluciones.

En resumen, se estableció pagar a los países en desarrollo por no talar sus bosques, por lo que países de América Latina con recursos forestales podrían verse beneficiados con este acuerdo, incluyendo a México.

1.3.7. Instituto Nacional de Ecología (INE)

Por su parte el Instituto Nacional de Ecología (INE), su principal función va dirigida a la colaboración con los acuerdos tomados en el convenio de Estocolmo para región de Latinoamérica, América Central y el Caribe, dentro de sus funciones tiene destinada un área específica para las cuestiones del calentamiento global.

Ellos realizan investigación acerca de dicho tema, por los acuerdos que se establecen dentro de los programas sectoriales e institucionales, al mismo tiempo que van en orden de lo que está establecido dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Algunos objetivos que destacan son el trabajo en conjunto con la CMNUCC, la realización de estudios para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores energético y forestal; análisis de la variabilidad climática, y el cambio climático. Hacer una evaluación sobre la vulnerabilidad y la manera en que se podría adaptarse al cambio climático (INE, 2011).

Recientemente tuvo una participación en la colaboración de un documento, donde el INE reviso y evaluó junto con McKinsey los supuestos y cálculos de las opciones de crecimiento de bajo carbono para México, con la finalidad de determinar el potencial de mitigación al 2020, esto de acuerdo al compromiso asumido por gobierno Mexicano, donde se dice estar preparado, si se tiene el financiamiento y la tecnología adecuada, se comprometería para reducir hasta en un 30% las emisiones de nuestro país para el año 2020 (INE, 2010).

1.3.8. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por su parte actúa de manera indirecta en las labores de mitigación sobre el cambio climático, donde su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero, es mediante los bosques y selvas, la protección, conservación y restauración así como el trabajo en conjunto con las comunidades que se encuentran dentro de los sistemas forestales hacen una gran aportación ya que mantiene y procura la estabilidad de los bosques, al mismo tiempo beneficia con los servicios ambientales a todas estas comunidades, contrarrestando así a la pobreza y de igual manera manteniendo las reservas de carbono dentro de los bosques (CONAFOR, 2010a).

Los problemas más graves están dentro de estos ecosistemas, debido a esa constante interacción entre las comunidades, muchas veces etnias o tierras privadas con los ecosistemas (regularmente dueños y poseedores de las áreas naturales), limitante que se ha considerado importante ya que de ellos depende por lo regular que se lleven a cabo los programas o no.

La existencia de dicha institución es clara debido a la necesidad de administrar los recursos forestales sin dejar de lado a las comunidades que se encuentran dentro (UN-REDD, 2011) y como es lógico en México contamos con grandes extensiones de bosques y selvas, que son considerados a escalas mundiales como grandes reservorios de carbono, y una alternativa útil para la mitigación de gases de efecto invernadero (IPCC, 2011).

1.3.9. Protectora de Bosques (PROBOSQUE), a nivel estatal

Protectora de Bosques para el Estado de México, su objetivo general se aborda a partir de lograr el desarrollo forestal sustentable de la entidad, dentro de sus objetivos particulares, realiza los estudios dasonómicos correspondientes, que permitan clasificar los bosques y suelos de vocación forestal en el territorio estatal, también es encargada de formular y actualizar permanentemente el inventario forestal, y al mismo tiempo la inspección y vigilancia de las zonas forestales, para evitar incendios o el mal uso del recurso (PROBOSQUE, 2011).

Todas estas estrategias y otras más cubren la finalidad de preservar, ordenar y reactivar zonas de uso Forestal, de esta forma hacen su aportación a nivel estatal y reportan sus actividades, de tal forma que exista coordinación entre las instancias federales, estatales, municipales y organismos no gubernamentales, sobre la información y se note el trabajo por el que se lucha día con día, para enfrentar los problemas que aquejan a niveles macro, como lo es el cambio climático.

1.4. Programas insertos en la estrategia de mitigación y adaptación frente al cambio climático

La existencia de estos programas, van dirigidos a un objetivo en general, buscan tener un resultado que les permita seguir adelante y contribuir en los acuerdos que se tienen para la reducción de bióxido de carbono en la atmósfera.

- **Programa Colaborativo para Reducir las Emisiones Causadas por la Deforestación y la Degradación de Bosques en Países en Desarrollo (ONU-REDD)**

El programa de colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de Bosques en los países en desarrollo (REDD+) presenta dentro de su estrategias de trabajo el fortalecer la unión con otras instancias que ya se encuentran abordando cuestiones parecidas en lo incluido en este trabajo, al mismo tiempo que busca insértalo en el acuerdo climático a partir de 2012 (UN-REDD, 2011).

La conservación y manejo sustentable de los bosques del planeta, así como su restauración, son impostergables (CONAFOR, 2010c). Estos ecosistemas son generadores de servicios ambientales de los que dependen ciudades y pueblos, además de ser el sustento de millones de comunidades rurales, la base indiscutible para el mantenimiento de la biodiversidad y la garantía de las capacidades de adaptación al fenómeno del cambio climático.

La CONAFOR ha identificado, que la manera de lograr la reducción de la deforestación y la degradación de los bosques es a través del desarrollo rural sustentable, que permita armonizar el conjunto de políticas y acciones que se expresan en el territorio, considerando a la población como elemento principal para llevar a cabo un proyecto encaminado a la reducción de los daños al bosque (CONAFOR, 2010c).

El reto al que se enfrenta el programa no es sencillo, ya que presenta varios cuestionamientos sobre de que manera pueden participar las comunidades y pueblos indígenas dependientes de los bosques en la elaboración, seguimiento y evaluación de los programas nacionales (REDD+) y como este programa podrá monitorear la cantidad de carbono almacenada y secuestrada. El programa

pretende que no se centre toda la atención en la deforestación, y que considere la conservación, la gestión sostenible de los bosques y la mejora de los depósitos de carbono de los bosques (servicios ambientales).

A nivel nacional, el programa apoya los procesos de preparación para (REDD+) y contribuye al desarrollo de estrategias nacionales. Conforme al principio de la pertenencia y el liderazgo de cada país, el programa brinda asesoría técnica sobre cómo tratar los asuntos de deforestación y degradación de los bosques, los métodos y herramientas para medir y monitorear las emisiones de gases de efecto invernadero y los flujos de carbono en ecosistemas forestales. El programa cuenta con el respaldo de instancias como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA) lo que garantiza su seriedad y compromiso para llevar a cabo las actividades y el plan de trabajo que está desarrollando hasta el momento (UN-REDD, 2011).

- **Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF)**

Es una alianza global dentro de la Unidad de Financiamiento de carbono del Banco Mundial que entró en fase operativa en 2008. El FCPF (por su siglas en inglés) brinda asistencia técnica y apoya a países en desarrollo con bosques en sus esfuerzos para desarrollar sistemas y estrategias nacionales conducentes a REDD+, además, el FCPF ayuda a que los países prueben iniciativas que demuestren que REDD+ realmente funciona y les proporciona pagos basados en desempeño por los programas de reducción de emisiones (UN-REDD,2011).

El Banco Mundial, en cooperación con los países en desarrollo, el sector privado, las ONG y otros asociados, crea, este programa, con la finalidad de reducir las emisiones de carbono mediante la protección de los bosques.

La deforestación y la degradación de los bosques ocupan el segundo lugar entre las principales causas del calentamiento del planeta y ocasionan alrededor del 20% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (FCPF, S/F). La pérdida de bosques y el agotamiento de los recursos forestales también contribuyen al problema del cambio climático.

El 80% del carbono terrestre superficial y el 40% del carbono terrestre subterráneo de todo el planeta se encuentran en los bosques (FCPF, S/F). Además de la enorme contribución de la deforestación y la degradación a las emisiones mundiales, se señala que combatirlas es una de las maneras más eficaces de reducir las emisiones en función de los costos.

Teniendo en cuenta que los bosques proporcionan numerosos servicios a los seres humanos y al mundo natural, se ha llegado a un amplio consenso respecto de una verdad simple, aunque profunda y esta es que los bosques son más valiosos cuando están en pie que cuando son talados. Por lo que este consenso ha dado lugar a la creación del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), y surge como un acto de respuesta de conciencia de los países industrializados y de los países en desarrollo, proponiendo un valor monetario a este recurso mediante el pago de servicios ambientales tales como lo son los bonos de carbono, tal estrategia tiene el trasfondo del uso racional de los recursos forestales, ya que es una forma de generar ingresos de manera sustentable.

- **Programa de Inversión Forestal (FIP)**

El Programa de Inversión Forestal (FIP por sus siglas en inglés) es un programa específico del Fondo Estratégico sobre el Clima, uno de los dos fondos de la cartera de Fondos de Inversión en el Clima. El FIP, (UN-REDD, 2011) apoya a países en desarrollo en sus esfuerzos para reducir la deforestación y la degradación de los bosques y promueve el manejo sostenible de los bosques que lleva a la reducción de las emisiones y a la protección de las reservas de carbono.

Aparte del compromiso de realizar evaluaciones previas del impacto y del principio de que el FIP, debería contribuir a los medios de vida y el desarrollo humano de las comunidades que dependen del bosque, incluidos los pueblos indígenas.

Los criterios para la evaluación de las estrategias de inversión sólo reconocen la necesidad de garantizar que su desarrollo ha implicado la realización de consultas públicas en el país o a escala regional, compatibles con los instrumentos internacionales pertinentes, obligaciones y leyes nacionales (Forest People Programme, FPP, 2009). Sin embargo, lo más frecuente es que el FIP no reconoce la necesidad de que sus proyectos respeten las normas y obligaciones en materia de derechos humanos.

Los objetivos del FIP de reforzar los actuales esfuerzos de conservación de los bosques podrían incluir además el financiamiento de los sistemas de áreas protegidas, que también han tendido a generar impactos adversos en pueblos indígenas y comunidades que dependen de los bosques.

- **Programa mexicano del carbono**

El PMC busca coordinar las actividades científicas relativas a los estudios del ciclo del carbono que se realicen en México, fungir como contraparte científica de

México de programas similares en otros países, desarrollar e impulsar la investigación científica referente al ciclo del carbono en el país, y sistematizar la información científica sobre el carbono (PMC, 2010).

El conocimiento del ciclo del carbono en nuestro país y su relación con el cambio global, son indispensables para resolver numerosas interrogantes que la ciencia y la sociedad demandan. Conocer el estado que guarda principalmente el Carbono, dentro de los ecosistemas del país es prioritario. No sólo en términos de la contribución de México y sus distintos sectores a las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI), pero también porque una de las consecuencias de estas emisiones, el cambio climático, afectará en especial a naciones como la nuestra.

Es por eso que el Programa Mexicano del Carbono (PMC, 2010) busca coordinar las actividades científicas relativas a los estudios del ciclo del carbono que se realicen en México, fungir como contraparte científica de México de programas similares en otros países, desarrollar e impulsar la investigación científica referente al ciclo del carbono en el país, y sistematizar la información científica sobre el carbono.

- **Programas Estatales de Atención ante el Cambio Climático (PEACC)**

El Instituto Nacional de Ecología (INE), a través de la Coordinación del Programa de Cambio Climático (CPCC) es un apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden de gobierno estatal y municipal.

De la misma forma las principales características sociales, económicas y ambientales de cada estado; las metas y prioridades de los planes de desarrollo estatales; el inventario estatal de emisiones de Gases de Efecto Invernadero

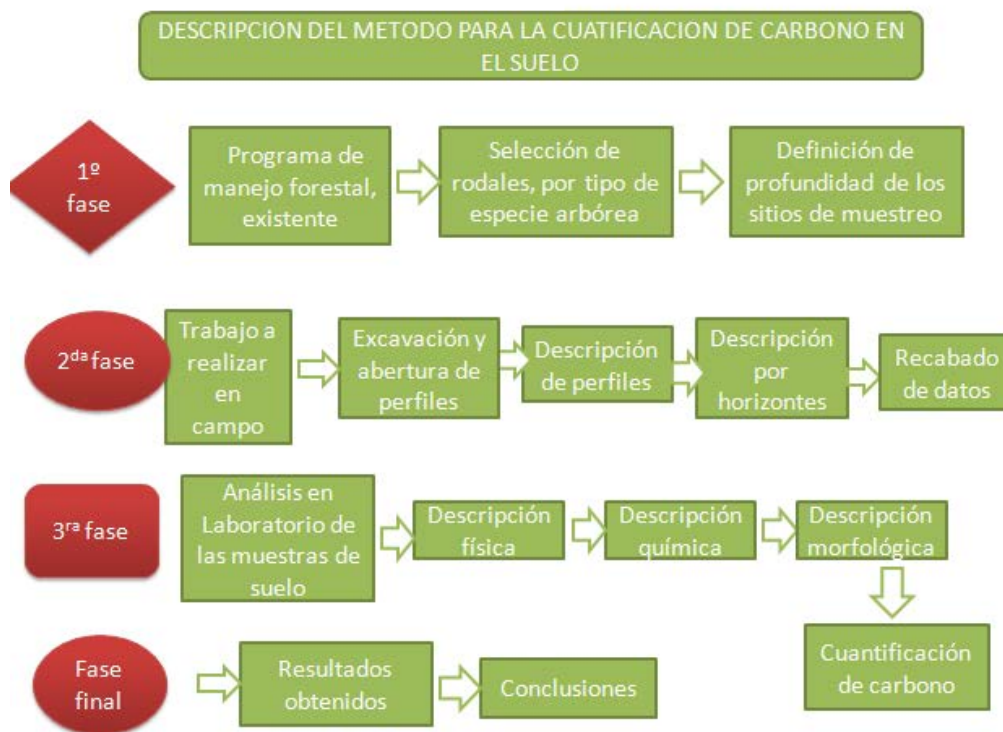
(GEI); los escenarios de emisiones de GEI y de cambio climático a nivel regional; y en ellos se identifican acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI de los sistemas naturales y humanos de interés para el estado (INE, 2011).

Otro de los objetivos de este programa es reducir pérdidas económicas y humanas, mediante la implementación y diseño de medidas y estrategias de adaptación al cambio climático que reduzcan la vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos con una visión de largo plazo. La sociedad en su conjunto y en mayor medida la gente más vulnerable a los fenómenos hidrometeorológicos extremos podrá beneficiarse de las estrategias de protección civil que contribuyan, a aumentar su resiliencia a las lluvias extremas e inundaciones y reducir sus impactos.

Los resultados de este programa contribuirán en conjunto con otros tantos a dar cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, al Programa Especial de Cambio Climático y a los compromisos contraídos por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (INE, 2008).

1.5. Metodología, para la determinación de carbono en un área de uso forestal, caso específico del predio de Cebatí, San José del Rincón, Edo. De México.

Diagrama 1. Metodología



Fuente: Elaboración Propia

En la primera fase de trabajo se llevo a cabo la revisión del plan de manejo forestal en vigencia, esto con la finalidad de identificar las especies arbóreas de acuerdo a la abundancia que existiera por rodales y de esta misma forma seleccionar los sitios para la toma de muestras, seguido de la selección verificar el sitio de acuerdo a su morfología y así determinar que tan profundos podrían llegar a ser los perfiles de acuerdo las características que esté presente. En la segunda fase prosigue el trabajo de campo, ya identificados los sitios, se lleva a cabo la abertura de perfiles y la descripción morfológica de los mismos de manera general y por horizontes, obteniendo así un recabado de información de campo.

(Ver Diagrama 1)

En la tercera fase se realizó el análisis de laboratorio correspondiente, de tal forma que se describió de manera química y física los perfiles de suelo, obteniendo resultados de pH, Densidad aparente, densidad Real, cantidad de materia orgánica entre otros análisis para llegar a la estimación de carbono del área de suelo forestal de Cebatí y por último en la fase final se muestran los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se llegan con dichos resultados

1.5.1. Determinación del número de rodales

Con el plan de manejo ya elaborado se consideraron las siguientes características:

- Datos de control: número y nombre del predio, número de ortofoto, rodal y número de sitio, así como otra información útil para la ubicación correcta del predio.
- Tratamientos silvícolas complementarios
- Pendiente, exposición y rasgos topográficos
- Cobertura del estrato bajo: porcentaje de arbustos, hierbas, pastos, y regeneración

El bosque de acuerdo a la información descrita en el programa de manejo forestal de Cebatí, se encuentra distribuido por existencias reales por hectárea y totales por rodal, todo esto en unidades de Metros cúbicos, Volumen total árbol con corteza VTA.

Para la determinación de elección de los rodales que serían muestreados se considero: las 4 tipos de especies arbóreas, y el rodal con mayor predominio de acuerdo a cada especie (**Ver cuadro 1**).

Para la culminación de la elección de rodales se tomó una muestra adicional, en un área que corresponde a pradera, considerado como cambio de uso de suelo, pasando de ser forestal a pradera.

Cuadro 1. Elección de rodales por predominio de especies

Rodal	superficie (ha)	EXISTENCIAS REALES/ HA m3 V.T.A (Volumen Total de árbol con Corteza)					TOTAL
		A. Religiosa	P. pseudostrobus	C. lindleyi	q. Rugosa	O. Hojarasca	
2	29.83	218.558	96.499	0	9.57	0	324.627
3	31.99	191.426	212.261	3.449	2.943	1.48	411.559
5	11.63	151.864	106.078	75.166	2.35	0	335.458
7	4.49	161.337	70.048	0	3.836	0	235.221
8	9.82	133.282	76.551	53.557	1.474	0	264.864
9	9.21	267.556	42.312	20.804	0.718	0	331.39
10	4.83	208.856	91.298	1.041	13.917	0	315.112
12	14.95	262.959	204.575	0	0.049	0	467.583
13	3.75	392.86	30.969	0	0	0	423.829
15	12.64	312.745	49.812	1.286	0	0	363.843
18	5.51	264.245	26.725	5.689	0	0	296.659
19	10.82	182.954	251.01	0.177	0	0	434.141
TOTAL	149.47						

Fuente: Elaboración propia.

1.5.2. Descripción del método para la toma de muestras

El procedimiento que fue empleado para la toma de muestras se tomo del “Manual y Procedimientos para el Muestreo de Campo, Re-muestreo 2010” (INFYS, 2010), de dicho manual fueron tomado los formatos que corresponden a suelos además de contener las variables elementales para nuestra investigación, que en este caso está enfocado exclusivamente al suelo (**Ver anexos, tabla 1**).

La información que se recaba está destinada a caracterizar los aspectos siguientes:

- Condiciones del terreno en que se localiza el conglomerado como: altitud, pendiente, profundidad y textura del suelo, erosión, fisiografía, pedregosidad y drenaje.
- Diversidad de especies por estrato (arbóreo, herbáceo y arbustivo).
- Impactos ambientales a los recursos vegetación, suelos, agua y fauna, por causas como incendios, aprovechamientos forestales, cambio de uso del

suelo, pastoreo, plagas y enfermedades, apertura de caminos, líneas eléctricas, actividades mineras, y asentamientos humanos.

Para cada punto de muestreo seleccionado, se abrió un perfil de 1m² para hacer la descripción pertinente de las características del suelo.

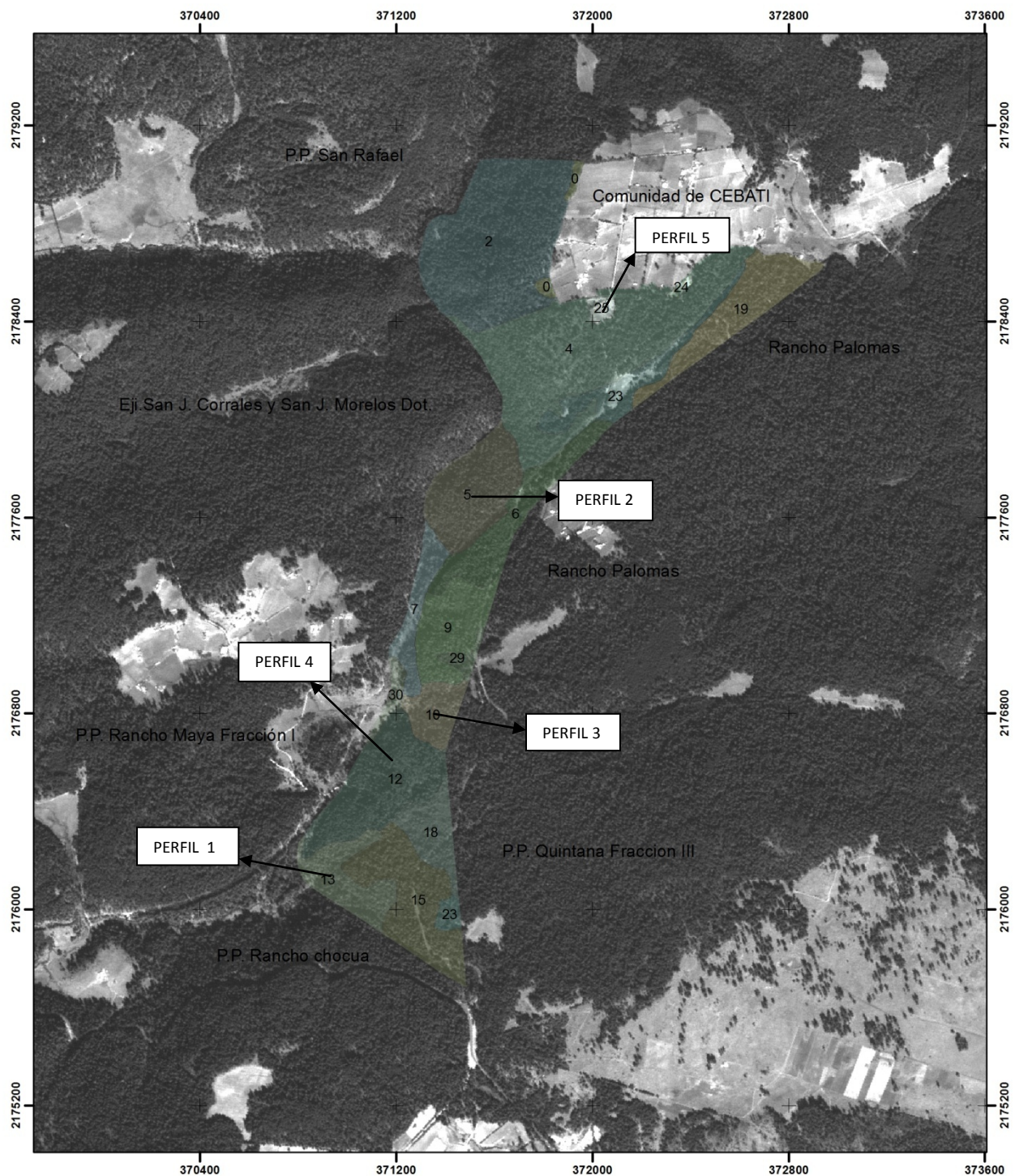
Se consideró para el muestreo, buscar los lugares con mejor acceso y en buena condición, con poco grado de perturbación de tal forma que la información recabada del muestreo, sea congruente y adecuada en los resultados.

Se tomaron fotos, para observar las características de cada sitio de muestreo y de esta manera ilustrar las condiciones del lugar.

Para la descripción de perfiles por horizontes se siguió el *Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo* (De la Cerda, 1990) **(Ver anexo, tabla 2)**.

Posteriormente se identifican la selección de los rodales a partir del mapa elaborado con ayuda de las ortofotos de escala 1:20000 y con los mapas retomados del Programa de Manejo Forestal del Predio Privado de Cebatí, (López, 2005) donde ya se encuentran marcados los números de rodales y la identificación por especie arbórea, por lo que se determino marcar los 4 perfiles donde existe mayor abundancia de determinada especie arbórea como se muestra en el siguiente mapa **(Ver mapa 1)**.

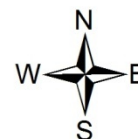
Mapa 1. Predio de Cebati



400 200 0 400 Metros

Propiedad Privada CEBATI
Municipio San José del Rincón, Estado de México
Plano de Areas de Corta

Fuente: Retomado del Programa de Manejo Forestal de la Propiedad Privada de CEBATI



1.5.3. Descripción de las pruebas analíticas en Laboratorio

Para el análisis de las muestras en el laboratorio se retomaron los métodos inscritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis **(Ver Anexo 3)**. En el siguiente cuadro se muestran de forma breve los análisis hechos en laboratorio y el número de clave de acuerdo a la norma **(Ver cuadro 2)**.

Cuadro 2. Clave de análisis según la NOM 021-SECNAT

Análisis	Clave de método dentro de la NOM 021-Semarnat-2000
Humedad	AS-05
pH en KCL	AS-24
pH agua	AS-02
densidad real	AS-04
densidad aparente	AS-03
Color	AS-22
materia orgánica	AS-07

Fuente: Gobierno Federal, 2000

Para la determinación del contenido de carbono se utilizó el método de Walkley y Black, este método está basado en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso, con este procedimiento se detecta entre 70 y 84 % del carbono orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección el cual puede variar entre suelo y suelo (Gobierno Federal, 2000).

Epílogo

Para cerrar el capítulo se concluye que mediante los esfuerzos a grandes escalas por parte de los países industrializados y en cooperación con los más afectados que son los países en desarrollo, sino se ha logrado concretar un gran proyecto, por lo menos se ha tenido la iniciativa de crear alternativas o propuestas para mitigar los efectos del cambio climático.

Existe una clara horizontalidad en la toma de decisiones y en la forma de participar de los países, ya que los que tienen mayores aportaciones desde luego son los países con mayor poder adquisitivo, quienes tienen el dominio por poseer mejores científicos, universidades, organizaciones y por supuesto economías desarrolladas, que son las encargadas de realizar los estudios de afectación que está teniendo el cambio climático a nivel global.

En el caso de México la aportación que hace sobre todo a los acuerdos tomados en Kioto, Japón. Van dirigidos a compromisos de reducción de emisiones, compromisos que se pretenden cumplir mediante la organización de las diferentes instancias que conforman la SEMARNAT, líder nacional en asuntos de medio ambiente en México, el trabajo en conjunto brinda buenos resultados, sin embargo falta mucho en ese camino dirigido al desarrollo, sobre todo por esa falta de cultura de cuidado a los bosques, que sufren año con año pérdidas considerables a nivel nacional, tanto en biomasa como en suelo, esto por dos grandes problemas, el primero que está directamente relacionado con la tala clandestina lo que reduce la superficie de área de bosque y el segundo problema grave son los incendios forestales.

Se desarrolla la metodología empleada, para dar seguimiento de manera ordenada, desde la planeación para seleccionar rodales, hasta el análisis que determino la cantidad de carbono acumulado en el suelo.

CAPITULO 2. MARCO LEGAL SOBRE MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES



En este capítulo se hace un análisis sobre las leyes a nivel Federal que incluye como número uno a la constitución Política de los Estados Unidos donde se establecen los límites y regulaciones de aprovechamiento de recursos naturales para aquellas personas que sean dueños y poseedores de los mismos seguido de la ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, que señala una serie de lineamientos sobre la protección al ambiente mediante la implementación del desarrollo sustentable, también se encuentra inserta la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable donde se describe que la principal función de esta ley es la conservación, protección, restauración entre otras de los recursos que nos brindan los ecosistemas forestales y por último dentro de las leyes Federales se encuentra la nom 060 SEMARNAT que describe las reglas correspondientes para mitigar daños a los suelos y cuerpos de agua por aprovechamiento forestal.

Por último se menciona el Código para la Biodiversidad del Estado de México, que como parte de las leyes Estatales respalda la implementación de los programas de manejo Forestal con la firme intención de evitar la explotación excesiva del recurso forestal que pueda ocasionar daños en el futuro.

Tabla 1. Resumen de instrumentos en materia de programas de manejo forestal

Leyes, normas y códigos	Referencias
Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos	Artículo 27
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Artículo 1, fracción V Artículo 3 Artículo 15, Fracción II, III, IV, VII, VIII Artículo 28
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	Artículo 2, Fracción I, II, III Artículo 3, Fracción IV, X, XI, XIV, XVIII, XX, XXI,

	XXIV, XXVIII, XIX, XXX
	Artículo 5
	Artículo 7
	Artículo 29
	Artículo 30, Fracción I, II, V, VI, IX
	Artículo 32, Fracción II, III
	Artículo 33, Fracción I, II, V, VI, VII, X, XI, XII, XIII
	Artículo 34, Fracción XIII, XIV
	Artículo 133
	Artículo 158
Nom Oficial Mexicana NOM-060-SEMARNAT-1994	Especificación 4.1 4.1.1 4.1.2 4.1.3
Código para la Biodiversidad del Estado de México	Artículo 2.3 Fracción XI Artículo 3.1 Artículo 3.2, Fracción III, V, VI, VII, IX, X Artículo 3.3, Fracción I, II, III, IV Artículo 3.4

Fuente: Elaboración Propia

2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ley Federal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fue aprobada por el Congreso Constituyente el 31 de Enero de 1917, promulgada y publicada el 5 de Febrero de ese año en el Diario Oficial y entrada en vigor el mismo año.

Artículo 27º. Se menciona el concepto propiedad como función social, estableciendo regulaciones y limitaciones para el aprovechamiento de los recursos

naturales susceptibles de apropiación, con el propósito de distribuir equitativamente la riqueza pública y garantizar su conservación.

También establece que la federación dictara las medidas necesarias para ordenar asentamientos humanos y establecer las provisiones usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras y planear y regular la función, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para la preservación del equilibrio ecológico.

Protegerá la tierra para el asentamiento humano y regula el aprovechamiento de tierras, bosques de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de los pobladores. Al mismo tiempo establecerá que el estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación en la incorporación del desarrollo nacional, fomentando la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra.

Comentario:

Es fundamental dentro de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos este artículo donde menciona y hace presente que el uso de las tierras y bosques que estén sujetas a aprovechamiento o sean de uso común, estén bajo un estatus de protección en donde queda claro que aunque esté siendo aprovechado debe hacerse de tal manera que no se vea afectada la sucesión de los bosques y se fomente el desarrollo sustentable, garantizando que siga cumpliendo la función ecológica de brindar los servicios ambientales como lo es la captura de carbono.

2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

La Ley General de Equilibrio y Protección al Ambiente fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), el 28 de enero de 1988. Última reforma publicada 29 de Mayo de 2012.

En dicha ley el principal objetivo es la protección al ambiente en el territorio nacional y propiciar meramente el desarrollo sustentable.

Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

Fracción V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.

Artículo 3. El aprovechamiento sustentable es definido como: “La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos”.

Artículo 15. Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:

Fracción II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad.

Fracción III.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico.

Fracción IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

Fracción VII.- El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad.

Fracción VIII.- Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos.

Artículo 28. La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Están obligados a cumplir este

reglamento aquellos que se dediquen a hacer aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración.

Comentario:

En el Marco de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente está inscrito que es prioridad la protección al ambiente y en caso de ser sujeto a aprovechamiento garantizar la restauración y preservación de los recursos naturales entre ellos y como uno de los principales el suelo, de tal manera que siga siendo compatible la obtención de beneficios económicos con la preservación de los mismos. Al mismo tiempo que en dicho marco, se especifica que toda aquella persona que proteja o promueva acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, específicamente vinculado con los servicios ambientales debe ser remunerado por estas acciones, de aquí parte la importancia que tienen los programas de manejo forestal que por hacer un uso administrado del recurso, ya que los arboles maduros están dispuestos a la corta, dejando paso a los arboles jóvenes que pueden garantizar que siga existiendo la capacidad de carga de los bosques y asimismo seguir capturando carbono con el paso de los años, con un mínimo de efectos negativos sobre el ambiente.

2.3. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La ley General de Desarrollo Forestal Sustentable fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.), el 25 de Febrero de 2003, ultima reforma publicada en el D.O.F. el 24 de Noviembre de 2008.

La Ley de Desarrollo Forestal Sustentable, forma parte de las disposiciones del artículo 27 constitucional y tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación,

los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable.

ARTICULO 2. Son objetivos generales de esta Ley:

Fracción I. Contribuir al desarrollo social, económico, ecológico y ambiental del país, mediante el manejo integral sustentable de los recursos forestales, así como de las cuencas y ecosistemas hidrológicos forestales, sin perjuicio de lo previsto en otros ordenamientos.

Fracción II. Impulsar la silvicultura y el aprovechamiento de los recursos forestales, para que contribuyan con bienes y servicios que aseguren el mejoramiento del nivel de vida de los mexicanos, especialmente el de los propietarios y pobladores forestales.

Fracción III. Desarrollar los bienes y servicios ambientales y proteger, mantener y aumentar la biodiversidad que brindan los recursos forestales.

ARTICULO 3. Son objetivos específicos de esta Ley:

Fracción IV. Fortalecer la contribución de la actividad forestal a la conservación del medio ambiente y la preservación del equilibrio ecológico.

Fracción X. Regular el aprovechamiento y uso de los recursos forestales maderables y no maderables;

Fracción XI. Promover y consolidar las áreas forestales permanentes, impulsando su delimitación y manejo sostenible, evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad.

Fracción XIV. Estimular las certificaciones forestales y de bienes y servicios ambientales, tomando en consideración los lineamientos internacionales correspondientes.

Fracción XVIII. Promover que los productos forestales procedan de bosques manejados sustentablemente a través de la certificación forestal.

Fracción XX. Apoyar la organización y desarrollo de los propietarios forestales y a mejorar sus prácticas silvícolas.

Fracción XXI. Regular el fomento de actividades que protejan la biodiversidad de los bosques productivos mediante prácticas silvícolas más sustentables.

Fracción XXIV. Promover la capacitación para el manejo sustentable de los recursos forestales.

Fracción XXVIII. Mejorar la efectividad del sistema integral forestal en los ámbitos nacional, regional, estatal y municipal.

Fracción XIX. Garantizar la participación de la sociedad, incluyendo a los pueblos y comunidades indígenas, en la aplicación, evaluación y seguimiento de la política forestal.

Fracción XXX. Promover instrumentos económicos para fomentar el desarrollo forestal.

Artículo 5. Establece que la propiedad de los recursos forestales comprendidos dentro del territorio nacional corresponde a los ejidos, las comunidades, pueblos y comunidades indígenas, personas físicas o morales, la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios que sean propietarios de los terrenos donde aquéllos se ubiquen. Los procedimientos establecidos por esta Ley no alterarán el régimen de propiedad de dichos terrenos.

Artículo 7. Se entiende por manejo forestal “El proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos forestales de un ecosistema forestal, considerando los principios

ecológicos respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma”.

Se entiende por programa de manejo forestal “El instrumento técnico de planeación y seguimiento que describe las acciones y procedimientos de manejo forestal sustentable”.

Se entiende por servicios ambientales “Los que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros”.

Se entiende por Silvicultura “La teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución, crecimiento y desarrollo de los ecosistemas forestales para la continua producción de bienes y servicios”.

Artículo 29. El desarrollo forestal sustentable se considera un área prioritaria del desarrollo nacional, y por tanto, tendrán ese carácter las actividades públicas o privadas que se le relacionen.

Artículo 30. La política nacional en materia forestal deberá promover el fomento y la adecuada planeación de un desarrollo forestal sustentable, entendido éste como un proceso evaluable y medible mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, silvícola, económico y social que tienda a alcanzar una productividad

óptima y sostenida de los recursos forestales sin comprometer el rendimiento, equilibrio e integridad de los ecosistemas forestales, que mejore el ingreso y la calidad de vida de las personas que participan en la actividad forestal y promueva la generación de valor agregado en las regiones forestales, diversificando las alternativas productivas y creando fuentes de empleo en el sector.

Por tanto, la política en materia forestal sustentable que desarrolle el Ejecutivo Federal, deberá observar los siguientes principios rectores:

Fracción I. Lograr que el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales sea fuente permanente de ingresos y mejores condiciones de vida para sus propietarios o poseedores, generando una oferta suficiente para la demanda social, industrial y la exportación, así como fortalecer la capacidad productiva de los ecosistemas.

Fracción II. Fortalecer las capacidades de decisión, acción y fomento de las comunidades ante las autoridades y otros agentes productivos, de manera que puedan ejercer su derecho a proteger, conservar y aprovechar los ecosistemas forestales, de acuerdo con sus conocimientos, experiencias y tradiciones.

Fracción V. Asegurar la permanencia y calidad de los bienes y servicios ambientales, derivados de los procesos ecológicos, asumiendo en programas, proyectos, normas y procedimientos la interdependencia de los elementos naturales que conforman los recursos susceptibles de aprovechamiento como parte integral de los ecosistemas, a fin de establecer procesos de gestión y formas de manejo integral de los recursos naturales.

Fracción VI. Desarrollar mecanismos y procedimientos que reconozcan el valor de los bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas

forestales, con el propósito de la que la sociedad asuma el costo de su conservación.

Fracción IX. Consolidar una cultura forestal que garantice el cuidado, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y sus bienes y servicios ambientales, así como su valoración económica, social y de seguridad que se proyecte en actitudes, conductas y hábitos de consumo.

Artículo 32. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter social, los siguientes:

Fracción II. La incorporación efectiva de los propietarios forestales y sus organizaciones en la silvicultura, producción, industria y comercio de los productos forestales, la diversificación o uso múltiple y los bienes y servicios ambientales.

Fracción III. La participación activa por parte de propietarios de predios o de industrias forestales en los procesos de promoción de certificación del manejo forestal y de la cadena productiva.

Artículo 33. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter ambiental y silvícola, los siguientes:

Fracción I. La regulación y aprovechamiento de los recursos y terrenos forestales, deben ser objeto de atención de las necesidades sociales, económicas, ecológicas y culturales de las generaciones presentes y futuras.

Fracción II. Orientarse hacia el mejoramiento ambiental del territorio nacional a través de la gestión de las actividades forestales, para que contribuyan a la manutención del capital genético y la biodiversidad, la calidad del entorno de los centros de población y vías de comunicación y que, del mismo modo, conlleve la

defensa de los suelos y cursos de agua, la disminución de la contaminación y la provisión de espacios suficientes para la recreación.

Fracción V. La estabilización del uso del suelo forestal a través de acciones que impidan el cambio en su utilización, promoviendo las áreas forestales permanentes.

Fracción VI. La protección, conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos forestales a fin de evitar la erosión o degradación del suelo.

Fracción VII. La utilización del suelo forestal debe hacerse de manera que éste mantenga su integridad física y su capacidad productiva, controlando en todo caso los procesos de erosión y degradación.

Fracción X. La contribución a la fijación de carbono y liberación de oxígeno.

Fracción XI. La conservación de la biodiversidad de los ecosistemas forestales, así como la prevención y combate al robo y extracción ilegal de aquéllos, especialmente en las comunidades indígenas.

Fracción XII. La conservación prioritaria de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.

Fracción XIII. La protección de los recursos forestales a través del combate al tráfico o apropiación ilegal de materias primas y de especies.

Artículo 34. Son criterios obligatorios de política forestal de carácter económico, los siguientes:

Fracción XIII. La valoración de los bienes y servicios ambientales.

Fracción XIV. El apoyo, estímulo y compensación de los efectos económicos de largo plazo de formación del recurso forestal y del costo de los bienes y servicios ambientales.

Artículo 133. En el marco de los tratados internacionales y disposiciones nacionales aplicables, la Secretaría promoverá el desarrollo de un mercado de bienes y servicios ambientales que retribuya los beneficios prestados por los dueños y poseedores de recursos forestales a otros sectores de la sociedad.

Artículo 158. Que marca la coordinación que se debe tener para la vigilancia forestal con la finalidad de evitar el mal uso de los recursos forestales, la Federación, en coordinación con los Gobiernos de los Estados y con la colaboración de los propietarios forestales organizados, comunidades indígenas, los Gobiernos Municipales y otras instituciones públicas formulará, operará y evaluará programas integrales de prevención y combate a la tala clandestina, especialmente en las zonas críticas diagnosticadas previamente, para enfrentarla con diversas acciones, así como para prevenir actos indebidos de cambio de uso del suelo, tráfico de especies y recursos forestales, extracción del suelo forestal, o bien, transporte, almacenamiento, transformación o posesión ilegal de materias primas forestales.

Comentario:

En el Marco de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, nos marca la importancia de la silvicultura, como la teoría y práctica de controlar toda la funcionalidad y desarrollo de los ecosistemas forestales y de los bienes y servicios que pueden brindar a los propietarios de llevar un orden específico dentro de las Zonas Forestales, la ley brinda apoyo económico siempre y cuando los dueños y poseedores forestales cumplan con el adecuado manejo sustentable de los productos que obtienen del bosque, al igual que dentro de sus planes de manejo,

incluyan actividades de protección a la biodiversidad como factor principal, dentro de los planes de manejo también debe incluirse, la adecuada ordenación, cultivo, conservación de estos ecosistemas, los propietarios deben tener la responsabilidad de garantizar los servicios ambientales, que para nuestro caso de estudio debe ser prioritario la protección y recuperación de suelos y la captura de carbono, como principal reactivo contaminante de la atmósfera. Con la promoción del manejo forestal sustentable como una práctica remunerada económicamente se busca promover la permanencia a largo plazo de las áreas forestales, evitando de esta manera la erosión o degradación del suelo y seguir contribuyendo con la fijación de carbono en un futuro.

2.4. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-060-SEMARNAT-1994.

Establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de Mayo de 1994.

Misma que para mitigar los efectos adversos ocasionados a los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal establece las siguientes:

ESPECIFICACIONES:

4.1. En las superficies forestales que presenten un relieve accidentado con pendientes fuertes y suelos fácilmente erodables se evitarán las cortas a matarrasa o tratamiento silvícola de alta intensidad, pudiéndose remover el sotobosque en los siguientes casos:

4.1.1. Cuando se trate de facilitar el desarrollo de la regeneración de las especies arbóreas.

4.1.2. En la construcción de cepas para reforestación.

4.1.3. En la construcción de obras para la retención de los suelos y control de la erosión.

Comentario:

En la Norma Mexicana 060, se especifica que en terrenos con pendientes pronunciadas no se podrá realizar ninguna actividad de corta, esto con la finalidad de evitar, erosión de suelo, fue retomada esta norma, debido a que el predio en estudio, una parte de este se encuentra en terreno accidentado, por lo que no ha sido sujeto a ningún tratamiento silvícola, respetando la normatividad incluida en el plan de manejo vigente de Cebatí.

2.5. Código para la Biodiversidad del Estado de México. Ley Estatal

Dado en el Palacio del Poder Legislativo en la Ciudad de Toluca de Lerdo capital del Estado de México, aprobada el 8 de Julio del 2005 y entrada en vigor el 3 de Mayo de 2006.

Artículo 2.3. Se considera de orden público e interés social:

Fracción XI. La implementación de los programas de protección de los recursos forestales y faunísticos, la ejecución de las acciones de inspección y vigilancia que se realicen para evitar la explotación excesiva de los elementos naturales, recursos naturales y la tala inmoderada, así como las acciones de forestación y reforestación.

Artículo 3.1. El presente Libro tiene por objeto regular la protección, conservación, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo, fomento y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado México y sus Municipios.

Artículo 3.2. Son finalidades de este Libro:

Fracción III. Regular la protección, preservación y remediación de los ecosistemas y recursos forestales estatales y municipales, así como la ordenación y el manejo forestal.

Fracción V. Regular el aprovechamiento y uso de los recursos forestales de competencia estatal.

Fracción VI. Promover y consolidar las áreas forestales permanentes, impulsando su delimitación y manejo sostenible y evitando que el cambio de uso de suelo con fines agropecuarios o de cualquier otra índole afecte su permanencia y potencialidad.

Fracción VII. Estimular las certificaciones forestales.

Fracción IX. Promover acciones con fines de conservación y restauración de suelos forestales.

Fracción X. Promover la cultura, educación, investigación y capacitación para el manejo sostenible de los recursos forestales.

Artículo 3.3. Se declara de utilidad pública:

Fracción I. La conservación, protección y restauración de los ecosistemas forestales y sus elementos, así como las cuencas hidrológico-forestales.

Fracción II. La ejecución de obras destinadas a la conservación, protección o generación de bienes y servicios ambientales.

Fracción III. La protección y conservación de la diversidad biológica en los ecosistemas que permitan mantener determinados procesos ecológicos esenciales.

Fracción IV. La protección y conservación de las zonas que sirvan de refugio a fauna y flora en peligro de extinción.

Artículo 3.4. La propiedad de los recursos forestales comprendidos dentro del territorio Estatal corresponde a los ejidos, comunidades, pueblos, pueblos hospital y comunidades indígenas, personas físicas o jurídicas colectivas y a los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal. Los procedimientos establecidos por el presente Libro no alterarán el régimen de propiedad de dichos terrenos.

Comentario:

Dentro del Código para la Biodiversidad del Estado de México, se busca fomentar los programas de protección a las zonas forestales, sobre todo la explotación excesiva dentro de estos ecosistemas o cambio de uso de suelo, que pueda afectar la permanencia de las áreas forestales, al igual que las leyes federales una de las finalidades que busca es promover las acciones afines a la conservación y restauración de suelos forestales. Todo manejo forestal debe acatarse al reglamento, sobre todo cuando se recibe remuneración económica por alguna obra que valla encaminada a la conservación, protección o algún servicio ambiental en específico.

Epílogo

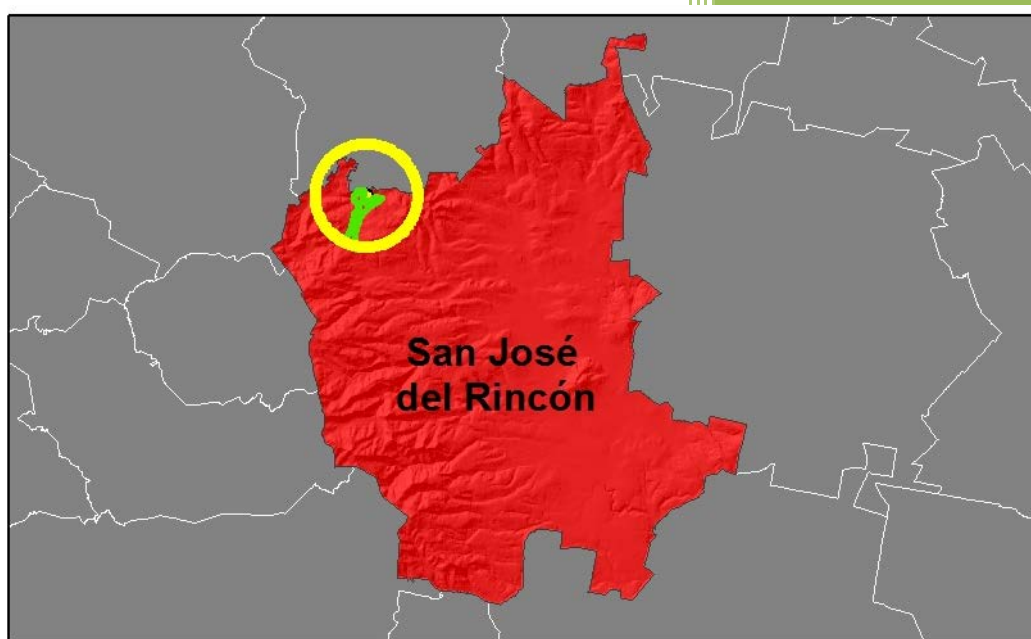
El Capítulo II hace un listado de las leyes a nivel federal y estatal que están dirigidas a un mismo objetivo la preservación de los ecosistemas forestales y a garantizar la permanencia a largo plazo, brindando servicios ambientales como lo es la captura de carbono.

El aprovechamiento de estos recursos debe estar sustentado en acciones como lo son las leyes específicas, como las que enmarca la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, donde da mención a las condiciones y características que deben cumplir los terrenos Forestales para hacer uso de los recursos que este mismo proporciona, al mismo tiempo que la sociedad debe garantizar la recuperación de dichos terrenos para seguir utilizándose en un futuro.

La planeación adecuada del manejo forestal, conlleva a un aprovechamiento óptimo de los servicios ambientales que nos pueda proporcionar el sector forestal, para nuestro estudio es de vital importancia retomar los puntos que consideran la regeneración continua y constante de la densidad de arbolado para garantizar la seguridad de la captura de carbono en los suelos.

Estas leyes le dan al Congreso de la unión la mayor parte de su autoridad para escribir las normas y servir como el cimiento para lograr los objetivos en salud pública y ambiental de la nación. Sin embargo, la mayoría de las leyes no tienen detalles suficientes para ponerlas en práctica inmediatamente, actitud que a causado grandes conflictos en la actualidad dentro de estos son la burocracia excesiva que imponen para los planes de manejo, lo que demora dar un seguimiento adecuado a las áreas forestales sujetas a manejo.

CAPITULO 3. DESCRIPCION FISICO, GEOGRAFICA Y NATURAL DE CEBATI



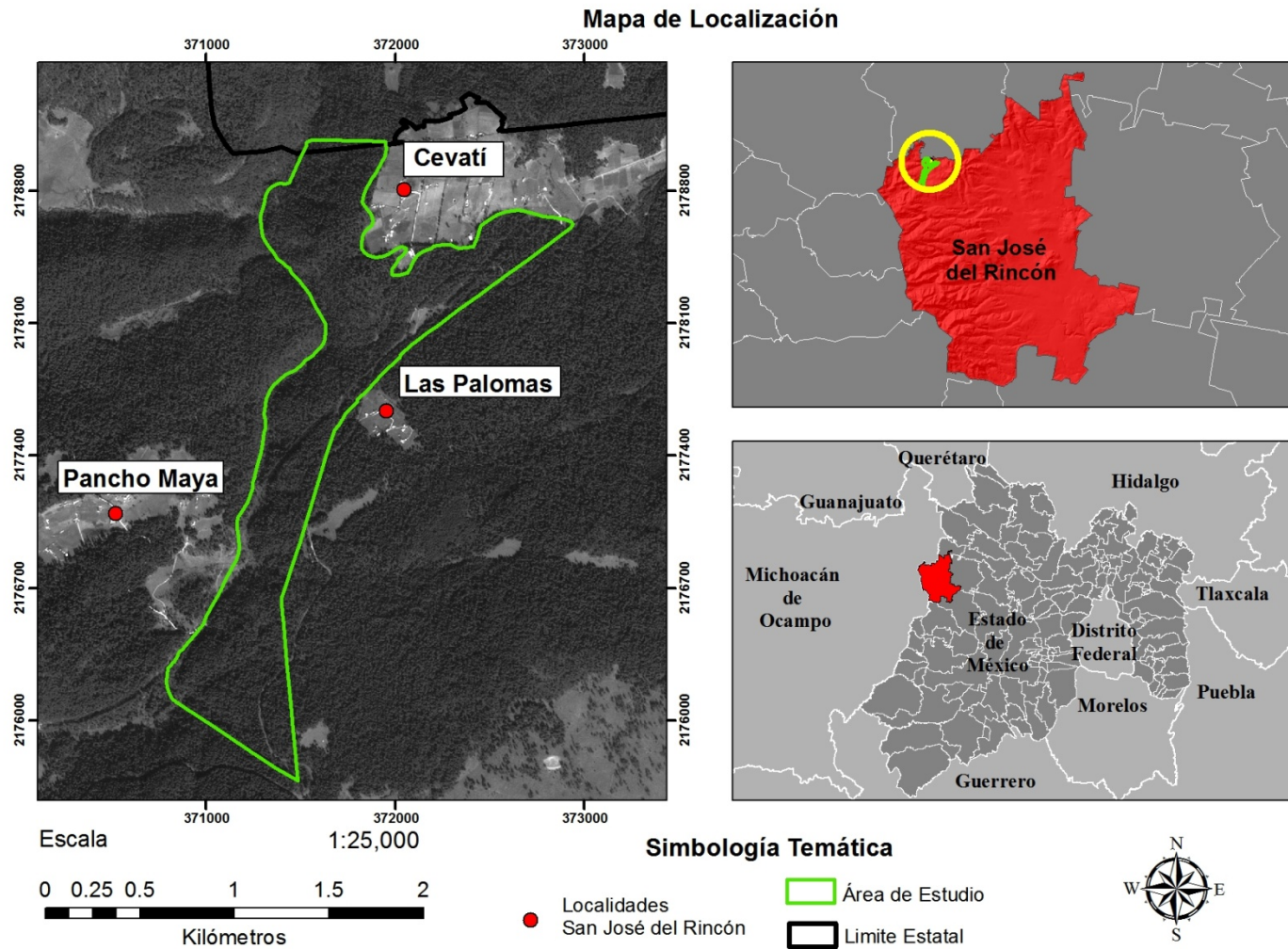
Este capítulo describe las características físico- geográfica y natural del área de estudio, comenzando con la ubicación geográfica, para localizar el predio, posteriormente la topografía y fisiografía, para conocer las condiciones del terreno al igual que la geología que lo constituye, el tipo de suelo que para este estudio es de vital importancia conocerlo, la hidrología del lugar y por último el clima que nos indican las condiciones en las que se encuentra el predio. Seguido de esto se describe la vegetación como punto importante y resaltando las especies de árboles que existen, y después se hace una breve descripción de la fauna que habita en el predio. Por último se agrega la descripción del manejo forestal, para conocer como se ha llevado a cabo durante su periodo de vigencia, y conocer el estado actual del bosque.

3.1. Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio lleva por nombre “Cebati”, cubre una superficie de 149.47 hectáreas (López, 2005).

El predio denominado “Cebati”, está ubicado dentro del municipio de San José del Rincón perteneciente al Estado de México (Ver figura 3), se localiza al noreste de la ciudad de Toluca, en la región administrativa V-Atzacmulco, y se llega por la carretera Toluca – Zitácuaro de acuerdo a la cartografía revisada (INEGI, 1976), una pequeña parte pertenece al área de amortiguamiento de la mariposa monarca, que se encuentra mayoritariamente en el Estado de Michoacán.

Los límites y colindancias del predio son: al Norte se encuentra el predio San Rafael, al Sur se encuentra el predio Rancho Chocua, al este el Rancho Palomas y el predio Quintana fracción III, y al Oeste se encuentra el Rancho Maya Fracción I y el Ejido san J. Corrales y San J. Morelos Dot. (Lopez, 2005) **(Ver mapa 2)**.



Mapa 2. Ubicación Geográfica del predio de Cevati, San José del Rincón, Estado de México

3.2. Fisiografía y topografía

El predio se encuentra localizado dentro de la provincia del Sistema Volcánico transversal, dentro de la subprovincia Mil Cumbres (INEGI,2001a). Esta pequeña subprovincia, lleva el nombre de su extremo oeste, sobre la ruta Morelia-Zitácuaro.

La región es accidentada y complicada por la diversidad de sus geformas, que descienden hacia el sur. Se caracteriza como una enorme masa de rocas volcánicas de todos tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario (unos 35 millones de años atrás).

Abarca sierras volcánicas complejas, debido a la variedad de sus antiguos aparatos volcánicos, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos y el valle por el cual el río Lerma se dirige hacia el norte de la presa Solís (INEGI, 2001b).

La subprovincia penetra en el oriente del Estado de México, ocupa el 6.49 % de la superficie total estatal y abarca casi completamente el Municipio del Oro, y parte de Amanalco, San José del Rincón, San Felipe del Progreso, Jocotitlan, Temascalcingo, Temascaltepec, Valle de Bravo y Villa Victoria (INEGI,2001a). El sistema de topofomas más importante en la entidad es el de lomeríos de colinas redondeadas de meseta de basalto, región que comprende la Zona Núcleo y parte el área de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, una altura por arriba de 3500 msnm. Sin embargo el predio de estudio se encuentra fuera del área núcleo de la reserva de la biosfera de la monarca y sólo 2.04 ha se localizan dentro del área de amortiguamiento (Lopez, 2005).

El predio tiene pendientes de 10-30% aproximadamente y se encuentra a la altura aproximada de 2850 msnm. (INEGI, 1976).

3.3. Geología

La caracterización geológica de la provincia Mil Cumbres está dada por el predominio de rocas ígneas extrusivas (andesíticas, reolíticas) de origen volcánico que datan de la era cenozoica del periodo terciario, que nacen discordantemente sobre las rocas mesozoicas.(INEGI,2001c) Hay afloramiento de rocas cenozoicas clásicas asociadas con rocas piroplásticas (tobas).

Las rocas ígneas extrusivas se forman cuando el magma fluye hacia la superficie y hace erupción o fluye sobre la superficie en forma de lava; y luego se enfría y forma las rocas, la andesita es una roca de composición intermedia, compuesta fundamentalmente por plagioclasa cálcica, (labradorita - andesina) y piroxenos, que puede presentar vidrio volcánico, biotita, cristales de cuarzo, andalucita, anfíboles (hornblenda), etc. Suele tener tonos grisáceos o blanco sucio, a veces pardos o rojizos por alteración. (ASOCAE O.N.G.D, 2010)

La Reolita es también de origen volcánico de color gris a rojizo con una textura de granos finos o a veces también vidrio y una composición química muy parecida a la del granito. Considerada el equivalente volcánico del granito.

Las brechas volcánicas o tectónicas, son en realidad rocas de aspecto muy similar a los conglomerados (rocas sedimentarias), pero este tipo de roca está formada por sedimentos erosionados, transportados y depositados por los agentes externos, lo fueron en realidad por agentes geológicos internos; están compuestas por fragmentos angulosos de muy diversos tamaños. Por su parte, las tobas volcánicas también son materiales magmáticos consolidados, o fragmentos procedentes de la chimenea volcánica, pero que están compuestas por cenizas y arenas (ASOCAE O.N.G.D, 2010).

3.4. Edafología

Los suelos que predominan en el área de estudio son el andosol húmico y ortico, seguidos del acrisol ortico, Luvisol cromico, planosol molico y el leptosol entre otros (INEGI, 2001d).

En el programa de manejo forestal, está identificado el siguiente tipo de suelo para el predio es:

ANh+ANo+LVc

2L

ANh.- Andosol húmico: se caracteriza por presentar en la superficie una capa de color oscuro o negro, rica en materia orgánica, pero muy acida y muy pobre en nutrientes.

ANo. Andosol òcrico: se caracteriza por presentar en la superficie una capa de color claro y pobre en materia orgánica.

LVc.- Luvisol crómico: se caracteriza por presentar colores rojos o amarillentos en el subsuelo, son de fertilidad moderada.

2L: textura media, fase lítica.

El término andosol deriva de los vocablos japoneses "an" que significa negro y "do" que significa suelo, haciendo alusión a su carácter de suelos negros de formaciones volcánicas. El material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas, pero también pueden aparecer sobre tobas, pumitas, lapillis y otros productos de eyección volcánica (Andosoles,S/F).

Se encuentran en áreas onduladas a montañosas de las regiones húmedas, desde el ártico al trópico, bajo un amplio rango de formaciones vegetales.

El perfil es de tipo AC o ABC. La rápida alteración de los materiales volcánicos porosos, provoca una acumulación de complejos órganos metálicos estables con una elevada relación catión/anión. Los minerales formados están limitados a alofana, imogolita y ferrihidrita, principalmente. (Andosoles,S/F)

La mayoría de los Andosoles están cultivados de forma intensiva con una gran variedad de plantas. Su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos, en otros casos lo es la elevada pendiente en que aparecen, que obliga a un aterrazado previo.

3.5. Hidrología

El predio de Cebatí se encuentra en la región hidrológica número 12 del Río Lerma, de la cuenca del Río Lerma-Toluca(12A), Subcuenca (12Ab) del Río Oztolotepec-Atlacomulco, subcuenca Tributaria (12Ab07) San Jerónimo Pilitas, Subcuenca específica(12Ab0701)(INEGI,1981a).El predio Cebatí, está ubicado, en cuanto superficie, el 100% en la subcuenca (12Ab0701).

3.6. Clima

De acuerdo a la cartografía del Estado de México (INEGI, 1981b) se determina la siguiente clasificación para la zona de estudio, el clima, específicamente C (E) (w2) (w) que corresponde a semifrío subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad, la temperatura media anual oscila entre los 8° y 12°C y la precipitación total anual entre los 1,000 y 1,200 mm. La máxima temperatura se presenta en los meses de abril y mayo, y los meses más fríos en diciembre y enero con temperaturas de entre 8 y 9° C.

3.7. Características Biológicas

De acuerdo al programa de manejo forestal (López, 2005), la vegetación que destaca dentro del predio es, *Abies religiosa* o mejor conocido como oyamel, *Pinus pseudostrobus* o comúnmente llamado pino, *Crupressus lindheyi* o cedro blanco, *Quercus rugosa* o también llamado comúnmente Encino, y hojarascas que se encuentran en muy poca proporción, aunque se tiene que hay un predominio mayor de oyamel y pino.

3.7.1. Vegetación

- El ***Abies religiosa*** es un árbol monóico que va desde los 35 a 40 metros de altura, y en ocasiones hasta 60 m puede llegar a medir, cuenta con un diámetro normal hasta de 1.80 m. está directamente relacionado al Bosque de coníferas, las masas puras formadas por esta especie son también conocidas como bosque de Abies, bosque de abetos o bosque de oyamel. (CONAFOR, 2010b)

Su distribución principalmente está dada en las entidades más al centro del país como son Distrito Federal, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Morelos, México, Guerrero y Tlaxcala.

Otra característica importante de esta especie es que los suelos donde se establece el oyamel son muy jóvenes, de origen volcánico (andesitas, basaltos o riolitas), y presentan geoformas con pendientes muy pronunciadas (característica de la geoforma en el predio de estudio); aunque generalmente se establecen en suelos profundos, en el Estado de México y en Jalisco se encuentran sobre una capa muy delgada de cenizas volcánicas; también se menciona que las propiedades físicas del suelo influyen más en el desarrollo de oyamel que las químicas, la profundidad, el drenaje, la textura, estructura y el contenido de humus son propiedades decisivas en el desarrollo del oyamel.

- El ***Pinus pseudostrobus*** es una especie de árbol que llega a medir de 15 a 40 metros de altura y tiene diámetros de 40 a 80 centímetros, es de fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura.(CONAFOR,2010b)

Se distribuye escasamente en el norte de México de Sinaloa a Jalisco, pero comúnmente se encuentra en la planicie central y en el estado de Chiapas. Su rango altitudinal va de los 2400 a los 2800msnm, con niveles de precipitación de 800 a 1500 mm y en temperaturas de 18 a 21 °C. Se desarrollan en suelos profundos derivados de materiales volcánicos, de ácidos a moderadamente ácidos, son suelos drenados.

- El ***Cupressus lindleyi***, (cedro) es un árbol o arbusto arborescente corpulento, perennifolio, de 10 a 30 m en ocasiones puede llegar a medir hasta 40 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 60 cm (hasta 1 m). (Vázquez et. al, 1999)

Esta especie de árbol crece en una amplia gama de condiciones ambientales, laderas húmedas de cerros, arroyos, barrancas y huertos familiares. Es de regiones climáticas subhúmedas, habita en sitios donde la temperatura promedio anual es superior a los 12 °C y la precipitación anual entre 1,000 y 3,000 mm.

Se desarrolla en suelos rocosos, aluvión, profundo con humus, profundo sedimentario, somero, roca caliza, roca ígnea, arcilloso, suelo algo ácido, arenoso, franco arenoso, franco arcilloso.

Las principales entidades donde se encuentran son Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas.

- El ***Quercus rugosa***, en México conocido como Encino, especie de árbol perennifolio o caducifolio, que puede llegar a medir de 3 a 8 m; 10 a 20 m o hasta 30 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm (hasta 1.2 m). Pertenece al subgénero *Leucobalanus* (encino blanco).

Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. En el pedregal ocupa áreas que forman ligeras depresiones o porciones más o menos horizontales. Se desarrolla en climas templados fríos y semifríos. Temperatura media anual de 12 a 13 °C y una precipitación de 1,540 a 1,619 mm anuales, en el Pedregal. Se le encuentra en suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos.

El tipo de suelo donde se desarrolla el encino es rojizo-arenoso, blanco calizo, somero pardo y profundo, roca basáltica, migajón arenoso, rocas volcánicas, delgados, ácidos, secos o húmedos. (Vázquez et. al, 1999)

Está ampliamente distribuido en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz a Chiapas, pero es particularmente abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques, se localiza en altitudes de 1,100m, 1,800msnm a 2,800m, 3.050 msnm

Otras especies importantes dentro del predio de Cebatí, son las arbustivas donde destacan algunas como la escobilla, jarilla blanca, vara blanca, tacote, barba de San Juan, salvia real, tepozán, salvia roja, capitaneja, jara, madroño, palo de agua, fusia, garbancillo, hierba de burro, salvia.

3.7.2. Fauna Silvestre

Dentro de las principales especies que se encuentran en el área de estudio se encuentra el armadillo, tlacuache, conejo, comadreja, zorrillo, tuza, ardilla,

murciélagos, coyote, zorra, hay aves como el Jilguero, Colibrí, Torcaza y víbora de cascabel. La fauna silvestre es un término que se refiere a los animales que normalmente no están domesticados (criados por el hombre). Ellos son un recurso vivo que muere y es reemplazado por otro de su especie. Un animal, individualmente, no puede vivir más allá de su período normal de vida. Pero, si son manejados cuidadosamente, las poblaciones de fauna silvestre pueden ser conservadas prácticamente para siempre (IHEA, 2007).

Para el caso de nuestra zona de estudio, es importante la identificación de las especies de fauna silvestre que habitan dentro del predio, puesto que forman parte de la conservación del área forestal, por encontrarse dentro de la cadena trófica, lo que los hace jugar un papel importante, y que dentro del Programa de manejo forestal ya preestablecido, se encuentran identificadas, y descritas por lo que para nuestro caso de estudio solo fueron mencionadas para identificarlas.

3.8. Manejo Forestal

El sistema de planeación con el que trabaja el área de estudio esta denominado como Método Mexicano de la Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI), aplicando el tratamiento de cortas de selección individual o en grupos.

El predio ha sido sujeto a manejo desde hace más de 10 años, el anterior plan incluye un plan de corta del año de 1997 al año 2006, el mapa de rodales corresponde al mismo del actualizado por lo que la numeración no presenta cambios. La actualización del inventario de manejo fue realizado durante el mes de Diciembre de 2005. (López, 2005)

De acuerdo al estudio preestablecido, “Manejo forestal del predio de Cebatí” el predio está dividido en 19 rodales, de los cuales 12 son los que se encuentran como áreas forestales, los otros 7 rodales no se consideran ya que no corresponden a nuestra variable principal y son utilizados con otras actividades.

3.9. Sistema de Manejo Forestal Cebatí

El sistema de manejo forestal tiene como objetivo obtener un rendimiento sostenido del bosque, el cual está conformado de conjuntos de árboles que cubren una extensión de terreno. (Ordoñez, 1999)

La selección de arbolado a extraer se hace en toda la estructura vertical del bosque, se cortan arboles de distintas edades y alturas, ya que el objetivo del MMOBI conduce al desarrollo de una masa completa que contiene arboles de todas las clases de edad, se da prioridad a la corta de arboles viejos, deformes, plagados o con cualquier otra característica no deseable; la finalidad es dejar el arbolado de mejores condiciones aumentando así la calidad del bosque. Al extraer arboles de manera aleatoria, se propicia la regeneración y la distribución del espacio de crecimiento residual (López, 2005). El bosque de acuerdo a su manejo, y a la información descrita en dicho documento se encuentra distribuido por existencias reales por hectarea y totales por rodal, todo esto en unidades de Metros³, Volumen total arbol con corteza VTA (**Ver cuadro 3**).

Cuadro 3. Distribución del aprovechamiento forestal por especies arbóreas

Rodal	superficie (ha)	EXISTENCIAS REALES/ HA m3 V.T.A (Volumen Total de árbol con Corteza)					TOTAL
		A. Religiosa	P. pseudostrobus	C. lindleyi	q. Rugosa	O. Hojarasca	
2	29.83	218.558	96.499	0	9.57	0	324.627
3	31.99	191.426	212.261	3.449	2.943	1.48	411.559
5	11.63	151.864	106.078	75.166	2.35	0	335.458
7	4.49	161.337	70.048	0	3.836	0	235.221
8	9.82	133.282	76.551	53.557	1.474	0	264.864
9	9.21	267.556	42.312	20.804	0.718	0	331.39
10	4.83	208.856	91.298	1.041	13.917	0	315.112
12	14.95	262.959	204.575	0	0.049	0	467.583
13	3.75	392.86	30.969	0	0	0	423.829
15	12.64	312.745	49.812	1.286	0	0	363.843
18	5.51	264.245	26.725	5.689	0	0	296.659
19	10.82	182.954	251.01	0.177	0	0	434.141
TOTAL	149.47						

Fuente: Lopez, 2005

Epílogo

Se hace una breve descripción de las características fisiográficas del área de estudio, se describen los aspectos naturales más importantes, para la identificación de sitios de muestreo, así como determinar cuáles son los mejores momentos para llevar a cabo el trabajo de campo y los lugares más accesibles al área. Al mismo tiempo que el identificar las condiciones en las que se encuentra el lugar nos permite la familiarización y determinar las condiciones actuales en las que se encuentra el área de estudio.

La importancia de este capítulo recae en que antes de cualquier estudio se necesita conocer las características de lugar donde se va a trabajar ya que esto nos permite, identificar más rápido los puntos a donde se pretende llegar o saber que es con lo que vamos a trabajar en un determinado momento. También nos permite hacer un diagnostico de las condiciones de los tipos de suelo del predio, y reconocer cuales son nuestros alcances a la hora del trabajo de campo.

El conocer la estructura del plan de manejo, nos da la ventaja de identificar cuáles son las condiciones actuales del terreno, al mismo tiempo nos da un antecedente de los trabajos realizados antes del actual plan de manejo y nos permite tener un panorama amplio de los procesos a los que ha sido sujeto con anterioridad.

CAPITULO 4. RESULTADOS DE LA ESTIMACION DE LA CAPTURA DE CARBONO



En este Capítulo se describe el total de resultados obtenidos para cada uno de los perfiles, donde lo primero que se muestra son los datos del lugar donde fue extraído, la fecha, las coordenadas de ubicación y la especie arbórea que predominó en el área, después se muestra un cuadro por cada perfil en el que se hace la descripción morfológica por horizonte.

Después de la breve descripción de características morfológicas se hace un análisis de cada perfil, de acuerdo a lo observado en campo y los formatos llenados en el momento de la toma de muestra, así mismo se describen los resultados que se obtuvieron en laboratorio y por último se muestran una tabla y una gráfica con el total de resultados obtenidos tanto en campo como en el laboratorio

4.1. Metodología Aplicada

A continuación se presenta la descripción morfológica por perfil y posteriormente el resultado del análisis en laboratorio sobre las características físico-químicas resumidas en una tabla, para cada perfil.

4.1.1. Descripción físico- químico del perfil numero 1



Abies Religiosa (Oyamel)

Coordenadas: 370,942 - 2,176,251

Fecha de observación: 19 de Noviembre de 2011

Autor (es): Yolibeth Quiroz Torres

Vegetación: *Abies Religiosa* (oyamel)

Uso de la tierra: Forestal

Cuadro 4. Descripción morfológica, perfil de vegetación *Abies Religiosa*

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION MORFOLOGICA
+0-10 cm	Capa de hojarasca de bajo de los árboles, con presencia de acículas y desperdicios de ramas de árboles de tipo pino-oyamel acumulación de materia orgánica en proceso de descomposición (fermentación).
0-5 cm	Textura arcilloso arenoso, marrón (7/5YR 4/4), marrón muy oscuro (10YR 2/2), bloques sub-angulares, débilmente desarrollada, friable abundantes microporos, tubulares, dentro de los agregados, raíces finas a medianas, transición a la siguiente capa marcada horizontal, pH 6.33.
5-10 cm	Textura limo arcilloso, marrón amarillento oscuro(10YR 4/4),marrón oscuro (7.5YR 3/2), bloques sub-angulares, moderadamente desarrollada, friable , microporos, abundantes, tubulares e intersticiales, raíces abundantes de medianas a finas, transición a la siguiente capa horizontal, pH 6.43
10-25 cm	Textura arcillo limoso, marrón (10YR 4/3), marrón oscuro (7.5YR 3/2), bloques sub-angulares, débilmente desarrollada, friable, microporos y macroporos tubulares e intersticiales, raíces medianas a gruesas, transición a la siguiente capa horizontal, pH 6.51.
25-40 cm	Textura Franco limoso marrón amarillento oscuro (10YR 4/4), marrón muy oscuro(7.5YR 2.5/3), bloques pequeños sub-angulares, débilmente desarrollada, friable, microporos y macroporos tabulares e intersticiales, raíces muy finas a finas, medianas a gruesas, limite a la siguiente capa tenue pH 6.14
40-60 cm	Textura franca, marrón amarillento oscuro(10YR 4/4), marrón rojizo oscuro (5YR 3/4), bloque sub angular débilmente desarrollado, microporos tubulares e intersticiales, raíces de finas a medianas, pH 5.97

Fuente: Elaboración propia

Perfil 1. Suelo Bosque *Abies Religiosa*

La muestra de suelo corresponde al rodal número 13, que es el que se seleccionó por tener mayor abundancia de Oyamel. **(Ver anexo 4)**

Las características morfológicas, corresponden a un Bosque en condiciones estables, de pendiente suave, tiene predominio de la especie arbórea *Abies Religiosa*, mejor conocido como Oyamel, actualmente el uso de suelo es **“Forestal”** la cobertura de suelo por vegetación se presenta en; arbórea 76-100 %; arbustiva o renuevos 51-75%, herbácea 51-75%, matillo 76-100 %; suelo desnudo 0-10 %; otros (rocas, etc.)0-10 %.

Del punto de muestreo numero 1, se abrió un perfil con una profundidad de 70 cm, fueron observados 5 horizontes representativos, de acuerdo a cambio de color y textura, teniendo un total de 5 muestras del perfil.

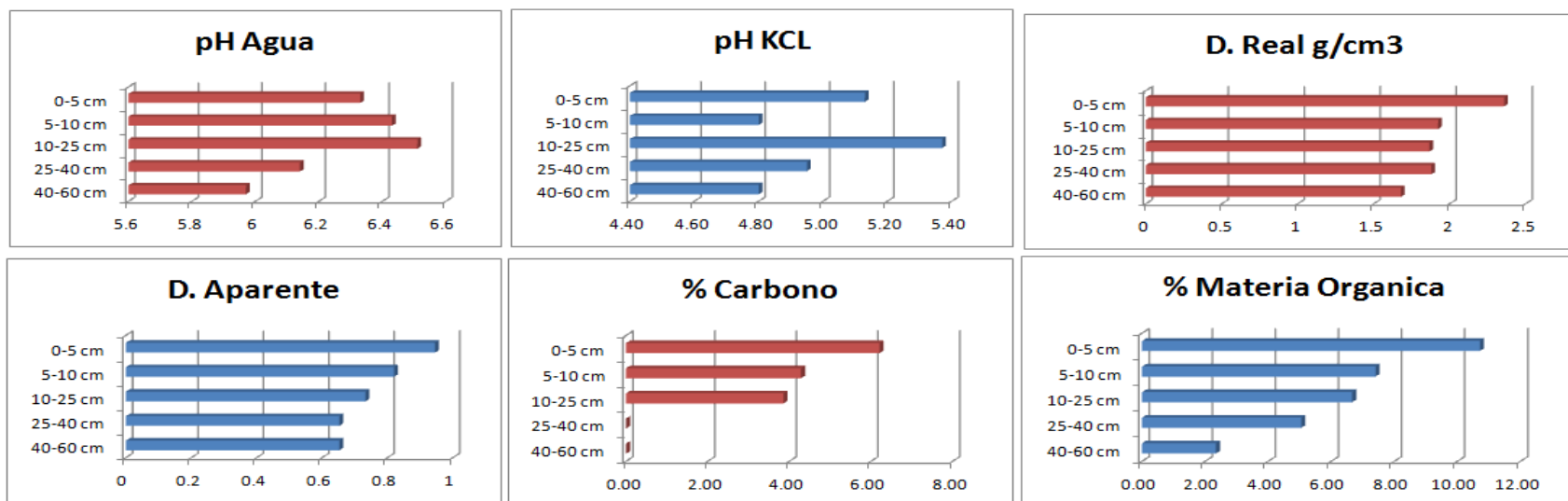
El contenido de carbono (%C) se encuentra entre 1.6%, siendo este valor el ultimo horizonte del perfil que va de los 40 cm a los 60 cm; hasta 8.9% que se determinó en los primeros 15 cm, presentando una media total de las 5 muestras de 4.29 %, y el promedio de contenido de M.O. se encuentra en 8.9 % que de acuerdo a los valores de referencia para la determinación de M.O. del suelo a través del método AS-O7 de Walkley y Black. Es un suelo considerado de clase Medio. (Ver Anexos)

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de forma breve **(Ver tabla 2) (Ver grafica 1)**

Tabla 2. Descripción Química del perfil 1

PROFUNDIDAD	%C.O	%M.O	COLOR/HUMEDO	COLOR/SECO	pH Agua	pH KCL	D. Real g/cm3	D. Aparente
0-5 cm	6.21	10.71	10YR 2/2 marrón muy oscuro	7.5 YR 4/4 marrón	6.33	5.13	1.6778	0.653
5-10 cm	4.29	7.40	7.5YR 3/2 marrón oscuro	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	6.43	4.80	1.8796	0.653
10-25 cm	3.86	6.66	7.5YR 3/2 marrón oscuro	10YR 4/3 marrón	6.51	5.37	1.8656	0.733
25-40 cm	2.93	5.05	7.5YR 2.5/3 marrón muy oscuro	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	6.14	4.95	1.923	0.82
40-60 cm	1.36	2.34	5YR 3/4 marrón rojizo oscuro	10YR 4/4 marrón amarillento oscuro	5.97	4.80	2.3584	0.946

Grafica 1. Perfil 1 Suelo Bosque *Abies Religiosa*



4.1.2. Descripción físico- químico del perfil numero 2



Cupressus lindleyi (cedro)

Coordenadas: 371,461- 2,177,288

Fecha de observación: 19 de Noviembre de 2011

Autor (es): Yolibeth Quiroz Torres

Vegetación: ***Cupressus lindleyi*** (cedro blanco)

Uso de la tierra: Forestal

Cuadro 5. Descripción morfológica, perfil de vegetación *Cupressus lindleyi*

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION MORFOLOGICA
+ 0-5	Presencia de acículas de pino, abundantes desechos de ramas, presencia de musgo, sin aparente capa de fermentación
0-10 cm	Textura arcillo limoso, marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), oscuro (10YR 2/1), bloque sub angular débilmente desarrollado, microporos tubulares intersticiales, raíces con frecuencia finas, transición a la siguiente capa marcada, pH. 6.02
10-20 cm	Textura arcillo arenoso, marrón oscuro (10YR 3/3), oscuro(10YR 2/1),bloques sub angulares, débilmente desarrollada, microporos a macroporos tubulares intersticiales, raíces frecuentes de finas a medianas, transición a la siguiente capa marcada pH 6.28
20-40 cm	Textura franca, marrón amarillento (10YR 5/4), marrón oscuro (10YR 3/3), bloque sub angular, moderadamente desarrollado, microporos y macroporos tubulares intersticiales, raíces frecuentes de finas a medianas, transición a la siguiente capa tenue, pH 5.86
40-60 cm	Textura franco limoso, marrón amarillento (10YR 5/4), marrón amarillento oscuro (10YR 3/4), bloque sub-angular ,moderadamente desarrollado, microporos y macroporos tubulares intersticiales, raíces frecuentes finas, pH 5.86

Elaboración propia

Perfil de Suelo *Cupressus lindleyi*

La muestra de suelo fue tomada del rodal número 5, el último corte fue del 2010, por lo que presenta, pérdida de capa arbórea en algunas partes **(Ver anexo 4)**.

Las características morfológicas corresponden a bosque, el uso de suelo actual es **“forestal”** con pendiente pronunciada, tiene predominio de la especie arbórea *Cupressus lindleyi*, mejor conocido como cedro blanco, de acuerdo a los formatos aplicados y a lo observado en campo, la cobertura del suelo por vegetación se presente en; arbórea 51-75%; arbustiva o renuevos 51-75%, herbácea 51-75%, matillo 76-100 %; suelo desnudo 0-10 %; otros (rocas, etc.)11-25 %.

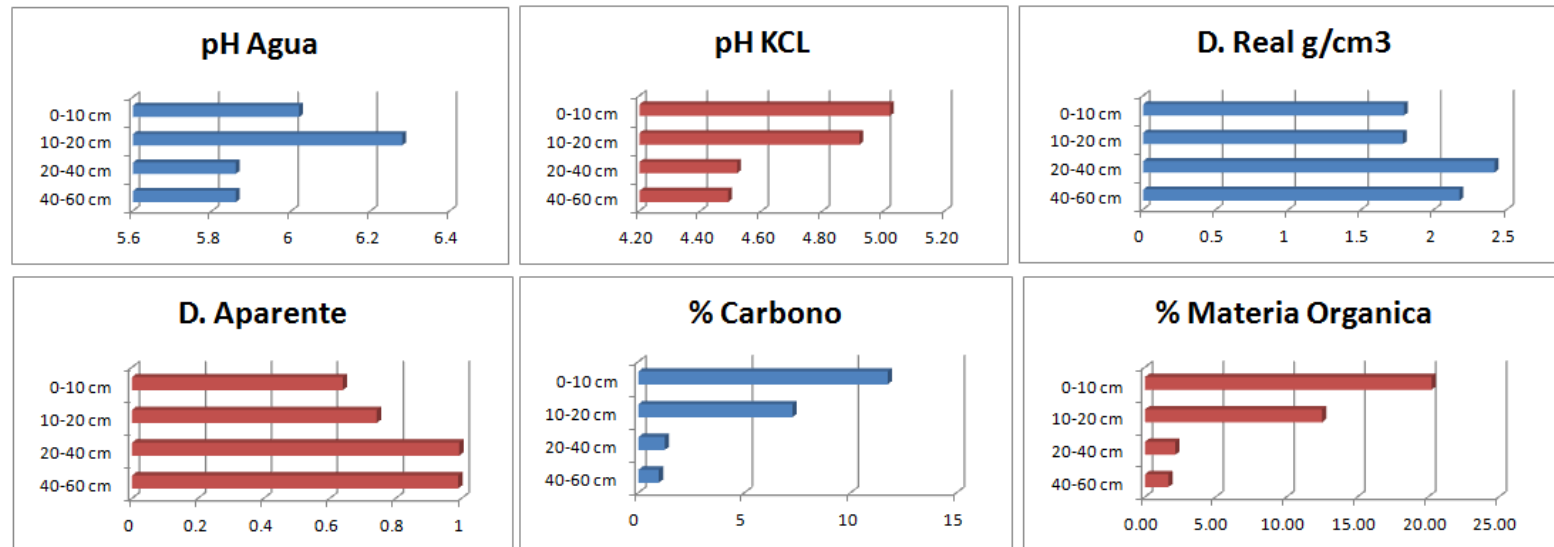
Se abrió un perfil con una profundidad de 60 cm, fueron identificados 4 horizontes, de acuerdo a cambio de color y textura, obteniendo así un total de 4 muestras. El contenido de carbono (%C) se encuentra entre 0.96 %, siendo este valor el ultimo horizonte que va de los 40 a los 60 cm; hasta 11.75 % que se determinó en los primeros 10 cm, presentando una media total de las 4 muestras de 7.15%, y el promedio de contenido de M.O. se encuentra en 11.82% que de acuerdo a los valores de referencia para la determinación de M.O. del suelo a través del método AS-O7 de Walkley y Black es considerado de clase Alto.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de forma breve **(Ver tabla 3) (Ver grafica 2)**.

Tabla 3. Descripción Química del perfil 2

PROFUNDIDAD	%C.O	%M.O	COLOR/HUMEDO	COLOR/SECO	pH Agua	pH KCL	D. Real g/cm3	D. Aparente
0-10 cm	11.75	20.25	10YR2/1 oscuro	10YR 3/2marron grisáceo muy oscuro	6.02	5.02	1.7921	0.64
10-20 cm	7.26	12.51	10YR 2/1 oscuro	10YR 3/3 marrón oscuro	6.28	4.92	1.7857	0.743
20-40 cm	1.24	2.14	10YR 3/3 marrón oscuro	10YR 5/4 marrón amarillento	5.86	4.52	2.4154	0.993
40-60 cm	0.96	1.65	10YR 3/4 marrón amarillento oscuro	10YR 5/4 marrón amarillento	5.86	4.49	2.1739	0.99

Graficas 2. Perfil 2 Suelo *Cupressus lindleyi*



4.1.3. Descripción físico- químico del perfil numero 3

Vegetación: *Quercus Rugosa* (encino)

Coordenadas: 371,428- 2,176,783

Fecha de observación: 19 de Noviembre
de 2011

Autor (es): Yolibeth Quiroz Torres

Uso de la tierra: Forestal



Cuadro 6. Descripción morfológica, perfil de vegetación *Quercus Rugosa*

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION MORFOLOGICA 3
+0-5 cm	Presencia de acículas de pino y abundantes hojas de forma completa de encino, presencia de ramas de forma moderada, capa de fermentación de forma leve
0-20 m	Textura franco arcillosa, marrón grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), marrón muy oscuro (10YR 2/2), bloque sub angular, débilmente desarrollado, microporos tubulares e intersticiales, raíces comunes de finas a delgadas, transición a la siguiente capa tenue ondulada, pH 6.25
20-50 cm	Textura limo arcilloso, (arenas y gravas frecuentes en todo el perfil), pardo fuerte (7.5YR 4/6), marrón muy oscuro (7.5YR 2.5/3), bloque sub angular, débilmente desarrollado, microporos tubulares e intersticiales, raíces comunes de medias a gruesas, pH 6.3

Perfil de suelo Bosque *Quercus Rugosa*

El perfil numero 3, fue tomado del rodal numero 10 que dentro del plan de manejo establecido, el ultimo corte fue del año 2010, por lo que presenta, en algunas partes escasez de arbolado. **(Ver anexo 4)**

De acuerdo a lo observado en campo, las características corresponden a la especie arbórea denominada *Quercus Rugosa*, comúnmente conocida como encino, el uso de suelo actual es “**forestal**”, la cobertura del suelo por vegetación es; arborea 76 a 100 %; arbustiva o renuevos 51-75%; herbácea 51-75%, mantillo 76-100 %; suelo desnudo 0-10 %; otros (rocas, etc.)0-10 %.

En el rodal de muestreo número 3, se abrió el perfil con una profundidad de 50 cm, fueron identificados 2 horizontes representativos, de acuerdo a cambio de color y textura, una particularidad de este punto de muestreo, fue la presencia de las rocas a los 50 cm, posteriormente se tomo la muestra correspondiente a cada horizonte.

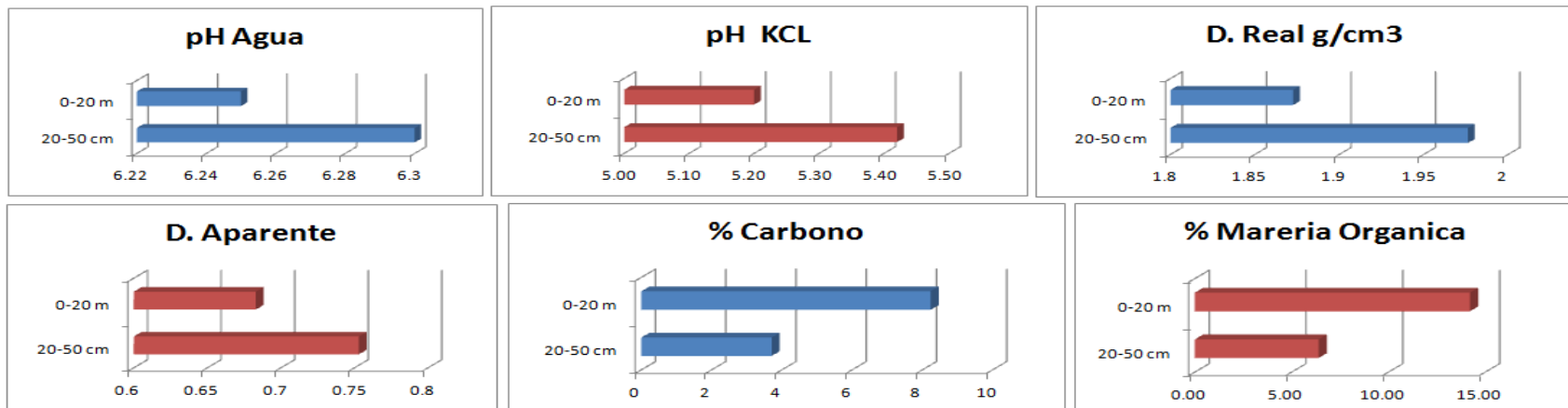
El contenido de carbono (%C) se encuentra entre 3.71 %, este valor de 20 a 50 cm, 8.24% en el horizonte de 0 a 20 cm y por ultimo 10.16% para el punto cardinal norte, de la muestra tomada en los primeros 15 cm, presentando una media total de las 3 muestras en 8.24% y el promedio de contenido de M.O. se encuentra en 7.37 % que de acuerdo a los valores de referencia para la determinación de M.O. del suelo a través del método AS-O7 de Walkley y Black es considerado de clase Medio.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de forma breve **(Ver tabla 4) (Ver grafica 3).**

Tabla 4. Descripción Química del perfil 3

PROFUNDIDAD	%C.O	%M.O	COLOR/HUMEDO	COLOR/SECO	pH Agua	pH KCL	D. Real g/cm3	D. Aparente
0-20 m	8.24	14.21	10YR 2/2 marrón muy oscuro	10YR 3/2 marrón grisáceo muy oscuro	6.25	5.20	1.8726	0.683
20-50 cm	3.71	6.39	7.5YR 2.5/3 marrón muy oscuro	7.5YR 4/6 pardo fuerte	6.3	5.42	1.9762	0.753

Grafica 3. Perfil 3 Suelo Bosque Quercus Rugosa



4.1.4. Descripción físico- químico del perfil numero 4

Vegetación: *Pinus pseudostrubus*
(pino)

Coordenadas: 371,287- 2,176,601

Fecha de observación: 19 de
Noviembre de 2011

Autor (es): Yolibeth Quiroz Torres

Vegetación: *Pinus pseudostrubus*
(pino)

Uso de la tierra: Forestal



Cuadro 7. Descripción morfológica, perfil de vegetación *Pinus pseudostrubus*

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION MORFOLOGICA 4
+0-5	Presencia de renuevos de oyamel, acículas de pino, presencia de pocas ramas, sin aparente capa de fermentación a la vista
0-5 cm	Textura franco arcilloso, marrón oscuro (7.5YR 3/2), oscuro (10YR 2/1), bloque sub angular, débilmente desarrollada, poros abundantes, macroporos y microporos tubulares e intersticiales, raíces comunes de finas a delgadas, transición tenue horizontal, pH 6.2
5-20 cm	Textura arcillo limoso, marrón oscuro (7.5YR 3/2), marrón muy oscuro (10YR 2/2), bloque angular, moderadamente desarrollado, poros tubulares e intersticiales, macroporos y microporos abundantes, raíces frecuentes finas y delgadas, transición a la siguiente capa marcada horizontal, pH 6.2
20-50 cm	Textura arcillo arenosa, marrón (10YR 4/3), marrón muy oscuro (10YR 2/2), bloque sub angular, moderadamente desarrollado, con abundantes macroporos y microporos tubulares e intersticiales, raíces frecuentes de medianas a finas, pH 6.39

Perfil de Suelo *Pinus pseudostrobus*

El perfil numero 4 fue tomado del rodal numero 12 dentro del plan de manejo se encuentra establecido que la época de corte para el rodal número 12, está marcado para el año 2012, por lo que se encuentra intacto y en buen estado. (Considerar fecha de toma de muestra) **(Ver anexo 4)**

Las características morfológicas, corresponden a un Bosque en condiciones estables, de pendiente suave, la cobertura del suelo por vegetación es; arborea 51 a 75 %; arbustiva o renuevos 51-75%(existencia de renuevos con mayor presencia de otra especie); herbácea 51-75%, mantillo 76-100 %; suelo desnudo 0-10 %; otros (rocas, etc.)0-10%.

En el rodal de muestreo numero 4, se abrió un perfil con una profundidad de 0 a 50 cm, fueron identificados 3 horizontes, de acuerdo a cambio de color y textura, teniendo un total de 3 muestras.

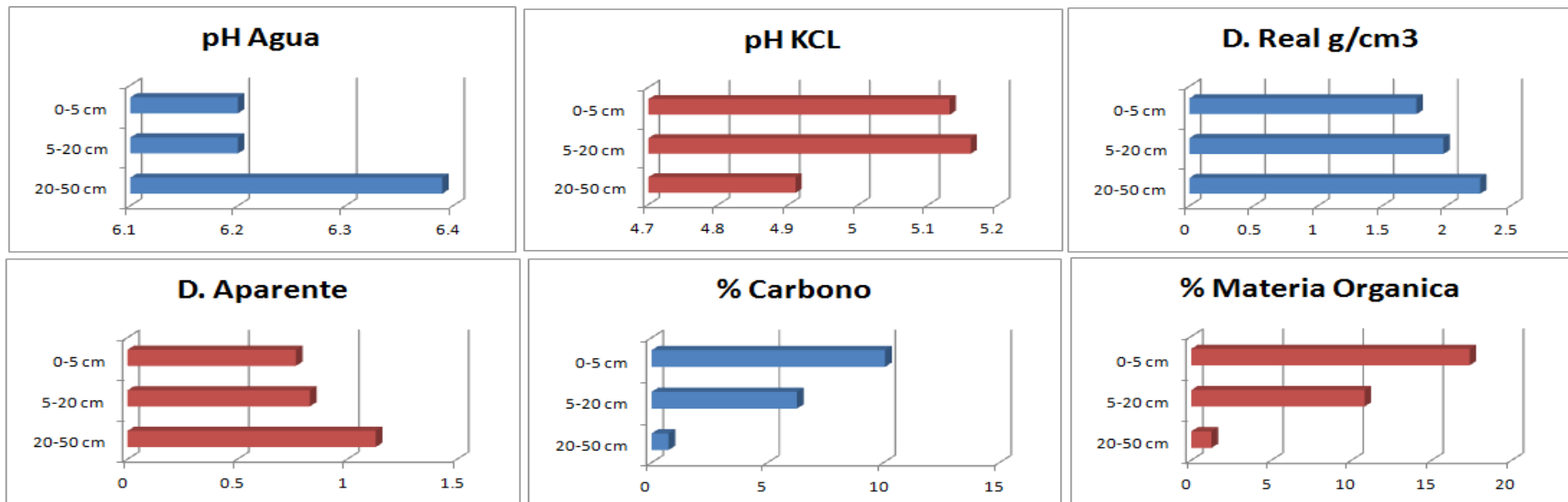
El contenido de carbono (%C) se encuentra entre 0.73 %, este valor se encuentra en el horizonte de 20 a 50 cm, a 10.83 % en los primeros 15 cm, presentando una media total de las 5 muestras de 7.57% y el promedio de contenido de M.O. se encuentra en 12.23 % que de acuerdo a los valores de referencia para la determinación de M.O. del suelo a través del método AS-O7 de Walkley y Black es considerado de clase Alto.

En el siguiente cuadro se muestran las características físicas químicas de manera breve **(Ver tabla 5) (Ver grafica 4).**

Tabla 5. Descripción Química del perfil 4

PROFUNDIDAD	%C.O	%M.O	COLOR/HUMEDO	COLOR/SECO	pH Agua	pH KCL	D. Real g/cm ³	D. Aparente
0-5 cm	10.07	17.37	10YR 2/1 oscuro	7.5YR 3/2 marrón oscuro	6.2	5.13	1.7667	0.766
5-20 cm	6.28	10.82	10YR 2/2 marrón muy oscuro	7.5YR 3/2 marrón oscuro	6.2	5.16	1.9762	0.83
20-50 cm	0.73	1.27	10YR 2/2 marrón muy oscuro	10YR 4/3 marrón	6.39	4.91	2.2624	1.13

Graficas 4. Perfil 4 Suelo *Pinus pseudostrubus*



4.1.5. Descripción físico- químico del perfil numero 5

Vegetación: Pradera

Coordenadas: 372,363- 2,178,523

Fecha de observación: 19 de
Noviembre de 2011

Autor (es): Yolibeth Quiroz Torres

Uso de la tierra: Pradera



Cuadro 8. Descripción morfológica, perfil de vegetación *pradera*

PROFUNDIDAD	DESCRIPCION MORFOLOGICA 5
0-10 cm	textura franca, marrón oscuro (10YR 3/3), marrón muy oscuro (10YR 2/2) bloque sub angular, débilmente desarrollada, poros abundantes microporos intersticiales y tubulares, raíces comunes finas, transición a la siguiente capa horizontal, pH 6.43
10-155 cm	Textura limo arcilloso, marrón amarillento oscuro (10YR 4/6), marrón oscuro (7.5YR 3/4), bloque sub angular, desarrollada, poros comunes microporos intersticiales y tubulares, muy pocas raíces de finas a medianas, pH 6.23

Perfil de suelo, pradera

Se tomo una muestra adicional por considerarse una zona que sufrió cambio de uso de suelo de ser forestal a ser pradera, **(Ver anexo 4)**, por lo que no cuenta con superficie arbórea, no tiene área arbustiva ni presencia de renuevos, está cubierto por pastos lo que evita la erosión de esta zona, y no hay presencia de afloramiento rocoso, es un suelo que tiene una profundidad de más de 1 metro.

En el perfil numero 5, se abrió un perfil con una profundidad de 0 a 155 cm, fueron identificados 2 horizontes, de acuerdo a color y textura, se tomaron las 4 ejemplares correspondientes a cada punto cardinal, del perfil abierto, haciendo un total de 6 muestras.

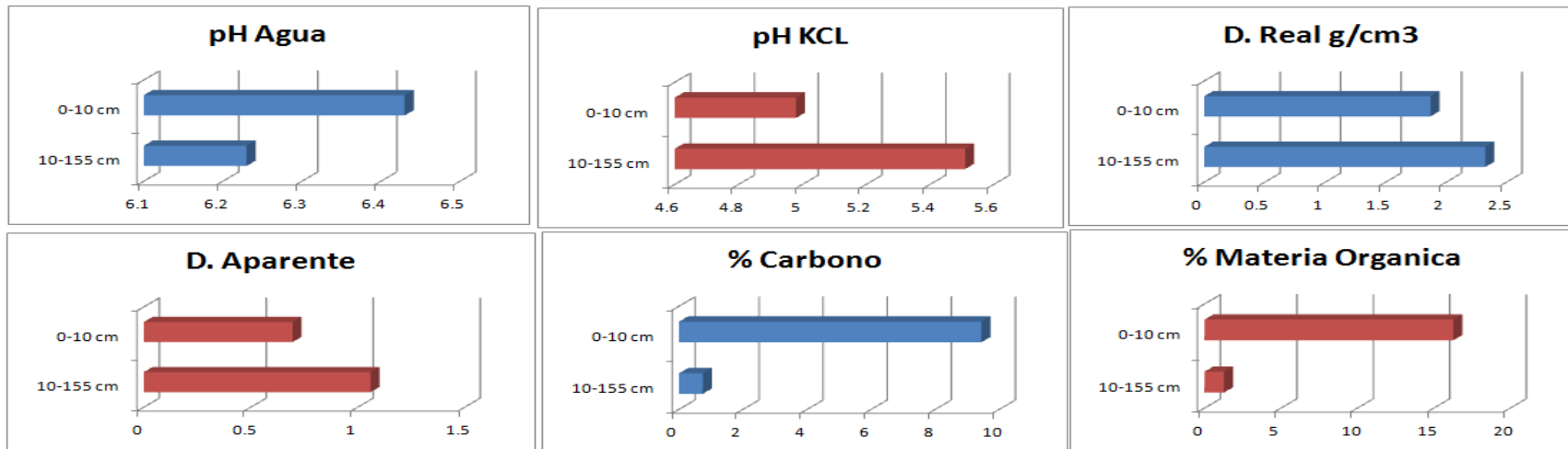
El contenido de carbono (%C) se encuentra entre 0.74% que pertenece al horizonte de 10 a 155 cm; hasta 10.83% que se encontró en el horizonte de 0 a 10 cm, presentando una media total de las 6 muestras de 7.66 % y el promedio de contenido de M.O. se encuentra en 11.60 %, que de acuerdo a los valores de referencia para la determinación de M.O. del suelo a través del método AS-O7 de Walkley y Black es considerado de clase Alto.

En el siguiente cuadro se muestran las características físicas químicas de manera breve **(Ver tabla 6) (Ver grafica 5)**.

Tabla 6. Descripción Química del perfil 5

PROFUNDIDAD	%C.O	%M.O	COLOR/HUMEDO	COLOR/SECO	pH Agua	pH KCL	D. Real g/cm3	D. Aparente
0-10 cm	9.44	16.27	10YR 2/2 marrón muy oscuro	10YR 3/3 marrón oscuro	6.43	4.98	1.8726	0.6966
10-155 cm	0.74	1.28	7.5YR 3/4 marrón oscuro	10YR 4/6 marrón amarillento oscuro	6.23	5.51	2.3255	1.06

Graficas 5. Perfil 5 Suelo, pradera



4.2. Discusión de Resultados

En el siguiente cuadro, en la primer fila se presenta el número de perfil, seguido del rodal de donde fue extraído y la especie con mayor abundancia, posteriormente se presenta la medida en centímetros, del grosor que corresponde a cada horizonte; en la tercer columna aparece la cantidad de carbono que se está acumulando por horizonte y en la última columna está el contenido de carbono acumulado, en toneladas por hectárea por perfil (**Ver cuadro 9**).

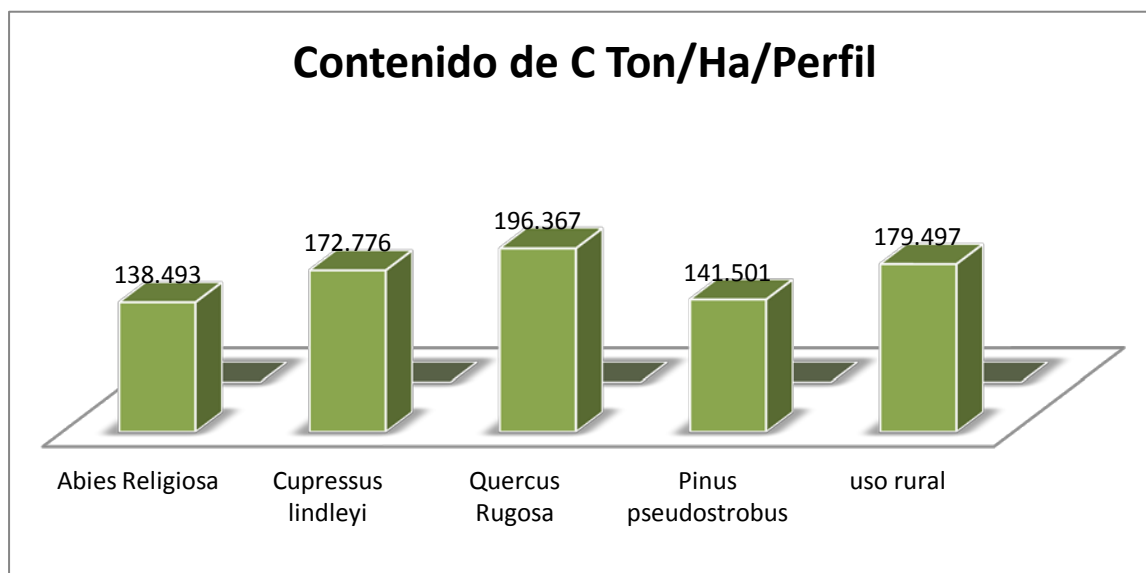
Cuadro 9. Resultados de Contenido de Carbono en el suelo (C) determinado por especie Arbórea

No. Perfil	profundidad/barrena	C (T/Ha)/horizonte	C ton/Ha/perfil
PERFIL 1, RODAL 13 <i>Abies religiosa</i> (oyamel)	0-5 cm	20.276	138.493
	5-10 cm	14.007	
	10-25 cm	42.441	
	25-40 cm	36.039	
	40-60 cm	25.731	
PERFIL 2, RODAL 5 <i>Cupressus lindleyi</i> (cedro Blanco)	0-10 cm	75.2	172.776
	10-20 cm	53.942	
	20-40 cm	24.626	
	40-60 cm	19.008	
PERFIL 3, RODAL 10 <i>Quercus Rugosa</i> (encino)	0-20 cm	112.558	196.367
	20-50 cm	83.809	
PERFIL 4, RODAL 12 <i>Pinus Pseudostrobus</i> (pino)	0- 5 cm	38.568	141.501
	5-20 cm	78.186	
	20-50 cm	24.747	
PERFIL 5, RODAL 0 pradera	0-10 cm	65.759	179.497
	10-155 cm	113.738	

Elaboración propia.

*Existe variación de acumulación de carbono por diferencia de grosor entre horizontes.

Gráfica 6. Contenido Total de Carbono/ hectárea almacenado por perfil



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los cinco rodales muestreados de lo que corresponde a la vegetación forestal que se encuentra en el área de estudio, el rodal que presento más contenido de C fue el Rodal con predominio de la especie, *Quercus Rugosa* (Encino), con 196.367 t C/ha de este total, 112.558 t C/ha, representa poco más del 55%, se encontró en el suelo de 0 a 20 cm de profundidad. Por otro lado el rodal que presento menor contenido de C fue el que tiene predominio de la especie, *Abies Religiosa* (Oyamel) con 138.493 t C/ha (**Ver Grafica 6**).

En otros estudios realizados para cuantificación de carbono, se encontró que en sitios de muestreo con menor contenido de carbono en el suelo era porque existía mayor cantidad de carbono concentrado en el Mantillo, (en casos de Bosques Templados), (Acosta et. al., 2009). Dato que se podrá corroborar de acuerdo a las características físicas del área de muestreo ya que por estar en un área semi-plana, se encontró de manera estable y completa la capa de mantillo; y probablemente podría estar reteniendo Carbono.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis químicos de los perfiles en estudio se obtuvo una media en el pH de 6.18 lo que corresponde a un suelo moderadamente ácido, para el caso de la densidad aparente se obtuvo una media de 0.77 g/cm³, para la determinación del contenido de materia orgánica se utilizó el método de Walkley y Black, en donde el promedio es de 11.23 % considerado como un nivel alto de contenido de materia orgánica (**Ver anexo 5**).

En el caso de los bosques de Austria, con características similares a nuestro caso de estudio, la cantidad estimada de carbono que en la capa de suelo mineral sin considerar hojarasca que se acumulan es de 106 toneladas por hectárea (Jandl, 2001).

El caso es interesante debido a que a diferencia de nuestro país, donde la población explota las zonas forestales para abrir paso a la agricultura y va devastando sin recuperación alguna de esas zonas, para ellos la conversión de suelo pasa de ser agricultura a ser forestal, esto por los procesos de migración de la población rural a las ciudades, otro aspecto que se menciona es que por cada total de bosque recuperado, existe el crecimiento urbano equivalente a la mitad de lo que se recupera, por otra parte, se estaría hablando de que las 106 toneladas de carbono por hectárea que están almacenado en estos bosques nuevos es considerable, mencionado que son suelos recuperados después de los procesos de degradación y pérdida de nutrientes de periodos largos anteriormente, todo esto en un lapso aproximado de 40 años.

En México año con año se pierden bosques por diferentes causas, entre las más destacadas están los incendios forestales, que no solo acarrea el daño de pérdida forestal sino la emisión de CO₂ en grandes cantidades y por otra parte la tala inmoderada (INE, S/F), que genera otro tipo de conflictos tanto sociales como naturales, lo primero es explotación del suelo para cubrir las necesidades del hombre y lo segundo pérdida de suelo, y la nunca recuperación de bosques, por

lo tanto los sumideros de carbono en nuestro país disminuyen, mientras en otros como Austria aumentan.

Para el caso de Chile y con la finalidad de insertarlo al mercado mundial de permisos de emisiones de carbono se realizó un estudio en sus zonas forestales, como medida de mitigación frente a los cambios climáticos, este estudio elaborado de forma general no menciona las especies forestales y da un panorama de forma general donde menciona que la retención de carbono de sus suelos está entre 143.7 y 180 ton C/ha, dato que coincide con la cantidad de carbono obtenida en el estudio presente, lo que nos indica que la medida se encuentra estandarizada como lo mencionaba el autor (Bellamy, 2010).

Se estima que el Calhoun Forest de Carolina del Norte (bosques templados), en los últimos cuarenta años, tenía una captura de 165 t C/ha y que solo el 35% se encuentra en la hojarasca, las raíces y el suelo, lo que correspondería a tan solo 57.75 t C/ha, cabe destacar que esta conjuntando tres partes este dato, por lo que el valor correspondiente al suelo está por debajo de esta cantidad (Jandl, 2001).

Para el caso de Cebatí, estuvo enfocado solo en la parte subterránea, tomando como relevante los datos que corresponden a los primeros 50 cm de profundidad, ya que de estos mismos se realizó una medida promedio, para determinar qué cantidad se está almacenando en el suelo, la razón por la que el enfoque fue la parte subterránea es que se pretendía analizar a detalle las características físicas que posee un bosque templado en la parte subterránea, sin considerar hojarasca, musgos, ni capa de fermentación, el objetivo que estuvo centrado en el suelo, se cumplió dejando claro que los sumideros de carbono funcionan de manera adecuada y pueden seguir su ciclo de forma natural cuando el manejo forestal que se implementa está siendo aplicado, de forma correcta, y con una buena administración del recurso, sin descuidar las zonas forestadas, y con el cuidado preciso de las nuevas reforestaciones, pese a que el Predio de Cebati, lleva un periodo de aprovechamiento desde hace años, la captura de carbono que

almacena sigue estando en el estándar mundial de almacenamiento y esta va de 138 toneladas a 196 toneladas (Bellamy, 2010).

En México se han realizado también estudios sobre almacenes de carbono, para el caso del estado de Oaxaca se hizo un estudio en la Sierra Norte, para dicho caso de estudio si se especifican las especies arbóreas que predominan, la vegetación típica es Bosque mesofilo de montaña con alto impacto antropogenico por actividades de roza-tumba-quema. En dicho análisis se llego a la conclusión de que el suelo de ladera, con profundidad de 1 metro puede almacenar hasta 50 veces más que lo que captura la biomasa aérea en el año (Etchevers, J. *et al.* 2001).

Para el caso del bosque de encino su resultado estaba en 40 t C/ha y para el caso de pradera el resultado que arroja es de 87 t C/ha ($Gg.ha^{-1}$), para el caso específico del bosque de *Quercus Rugosa* (encino) en Cebatí, el almacén de carbono llegando a 50 cm arrojo un resultado de 196 t C/ha, por lo que se llega a la conclusión de que el arrastre de nutrientes, incluyendo carbono, en el caso de las laderas es determinante, la mayoría de los almacenamientos se estarían acumulando al fondo de las mismas, ya que solo representa una quinta parte de lo que está reteniendo para nuestro caso de estudio, que cuenta con menor profundidad, pero las condiciones de pendiente son totalmente diferentes, ya que son muy suaves y permiten la concentración de Carbono sin problemas.

Un análisis extra en Cebatí, fue la toma de muestra de una parte considerada pradera, en donde la cantidad de carbono almacenado aquí fue de casi 180 t C/ha, mientras que para el caso de Oaxaca el dato que arrojo fue de 87 t C/ha, haciendo el análisis, la coincidencia de datos presenta similiaridad, la profundidad tomada en Cebatí para esta muestra fue de casi 2 metros, haciendo proporcional este dato equivaldría a lo mismo, lo que concluiría que la variabilidad de almacenamiento en pradera es mínimo a comparación de los datos que se disparan para el caso de las especies arbóreas.

Los trabajos discutidos para el caso de la captura de carbono, y como apoyo a la conclusión de la investigación de la captura de carbono en bosque templado de Cebati, sin incluir la parte de pradera, concluyen con datos similares que se encuentran en el rango establecido por, Bellamy,2010; donde el menciona que en un promedio de 100 años la cantidad de carbono acumulada va de 75 toneladas a 200 toneladas por hectárea, lo que para el significaría que por cada tonelada de carbono almacenado, se emite a la superficie 3.5 toneladas de CO₂ por año y por hectárea, no hace referencia a ninguna especie en particular y aclarando que no considera daños por pérdida de árboles.

Conclusiones

1. No obstante que los diversos ordenamientos de la política ambiental, entre ellos la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establecen la protección y un aprovechamiento que garantice la restauración y preservación de los recursos naturales, el suelo no se enuncia con personalidad propia, sin embargo este trabajo muestra que el suelo es un componente principal en la dinámica del bosque, no solo como sustento de los árboles, sino principalmente por su capacidad de almacenamiento de carbono, la cual es un indicador sintético de la salud ambiental del ecosistema forestal.
2. El aprovechamiento del bosque a través del método mexicano de la ordenación de bosques irregulares (MMOBI), en el que se aplican cortas de selectivas, tanto individual o en grupos, en el predio privado Cebatí ha favorecido el fortalecimiento de las acciones de manejo, mediante el proceso extracción-regeneración, lo cual garantiza una producción estable en cada corta, servicios ambientales, así como la protección, la recuperación de suelos y la captura de carbono.
3. El plan de manejo forestal del Cebatí cumple con lo establecido por la ley en lo que se refiere a la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento del predio forestal, además de cubrir los criterios e indicadores de tipo ambiental, silvícola, económico con la finalidad de tener una productividad óptima y sostenida de los recursos forestales sin comprometer el rendimiento, equilibrio e integridad del mismo.
4. Los beneficios del manejo forestal ordenado en la zona de estudio se aprecian en la ausencia de ganado y actividad agrícola, u otros factores humanos que pudieran causar algún daño, lo cual propicia la fijación del carbono atmosférico de manera natural, renovación de arbolado, que beneficia la producción de biomasa y la humificación, en síntesis propicia la conservación de la calidad del suelo y mejora indiscutiblemente la capacidad de este elemento como regulador ambiental.

5. El análisis desarrollado en esta investigación estuvo basado al 100% en la parte subterránea de una zona forestal, considerando solo carbono orgánico en el suelo, el que está dividido a su vez en dos componentes, uno que está ligado estrechamente al suelo mineral, totalmente descompuesto (humus) y el de origen biótico, que está conformado por las raíces y los residuos orgánicos sin descomponer, de origen animal y vegetal.

6. El mayor contenido de carbono en suelo en los 5 rodales muestreados, fue el rodal con predominio de encino con 196.367 t C/ha con una profundidad de 50 cm y el menor se observó en el rodal con predominio de Oyamel con 138.493 t C/ha con una profundidad de 60 cm. La mayor reserva de carbono acumulado se encuentra en los primeros 25 cm, observándose una disminución con el aumento de la profundidad del suelo.

7. Lo anterior pudiera estar demostrando las variaciones que se presentan por especie, lo cual indica la alta significancia de la acumulación de mantillo en el caso del encino y considerablemente menor en el bosque templado (pino, cedro y oyamel), lo que sugiere la importancia de que en futuros trabajos se cuantifique el carbono almacenado en la parte aérea del ecosistema forestal, con la finalidad de identificar integralmente el potencial del predio Cebatí para incursionar en el Programa de Pago por Servicios Ambientales.

8. El aprovechamiento forestal en el caso de estudio confirma que las unidades de aprovechamiento autorizadas y reguladas se constituye en una estrategia viable que reporta beneficios económicos a los poseedores, protege en uso las tierras forestales, y garantiza la renovación de los almacenes de carbono, tanto en la biomasa aérea, como en el suelo.

9. En este contexto se puede considerar que la mayor limitante es la falta de organización, el desconocimiento, la escasa difusión y la capacitación sobre los procedimientos para gestionar la regularidad de los predios forestales, lo cual redundaría en un mayor número de unidades de aprovechamiento regularizadas.

10. La aportación de este trabajo de investigación a las Ciencias Ambientales, tiene dos vertientes, una que está enfocada en el área de la Administración de los Recursos Naturales, en esta perspectiva los programas de manejo forestal se constituyen en una herramienta fundamental para conservar, proteger y hacer uso adecuado del recurso en el largo plazo, evitando el cambio de uso de suelo y la degradación de los ecosistemas forestales, asimismo los recursos forestales bajo un programa de manejo ordenado de los terrenos aportan beneficios económicos a los dueños, contribuyen en la mitigación del cambio climático a través de los servicios hidrológicos y la captura de carbono en la biomasa y en el suelo.

11. La segunda vertiente tiene que ver con la calidad y la capacidad del suelo como sumidero de carbono y regulador ambiental, cuya comprensión solo es posible considerando el estudio del ecosistema forestal de que se trate en su conjunto, es decir incorporando la información sobre la capacidad de captura de carbono de los distintos estratos forestales (arbóreo, arbustivo y herbáceo), esta es una línea de investigación para trabajos de investigación en el corto plazo en el predio privado Cebatí.

Bibliografía

Acosta, Míreles *et al.* (2009) *Determinación de Carbono Total en Bosques Mixtos de Pino Patula*, Terra Latinoamericana: Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico DF.

Avalos, Montserrat (2004) *Cambio Climático: una Visión desde México*, México, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC.

Asociación Española para la Cultura, el Arte y la Educación ASOCAE O.N.G.D. (2010), <http://www.asocae.org>, Revisado 02 de septiembre de 2010.

Bellamy, P. (2010) "UK losses of soil carbon —due to climate change?", <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/bellamy.Textoscientificos.com/capturadec o2.2010> revisado 25 de Marzo de 2012

CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2011), *Folleto informativo*, http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php. Revisado 16 de marzo de 2011.

CONAFOR (2010a) Comisión Nacional Forestal *Temas Forestales, Suelos forestales y Servicios Ambientales*, México.

CONAFOR (2010b) Comisión Nacional Forestal *Biblioteca Forestal, Fichas técnicas*, México.

CONAFOR (2010c) Comisión Nacional Forestal *Visión de México sobre Redd+ Hacia una estrategia nacional*. México DF

De la Cerda Cuanalo (1990) *Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo* del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo. México DF.

Estrada, Isabel del Rayo (2007) *Carbono en biomasa aérea, en suelo y su relación con la fracción fina de este Reservorio*, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo. México DF.

Etchevers, J. *et al.* (2001) *Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México* Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México DF.

FCPF (2011) Forest Carbon Partnership Facility http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documnts/PDF/Feb2011/Joint_Pamphlet_sp.pdf, Revisado 18 de marzo de 2011.

FPP (2009) Forest People Programme *Serie de informes sobre Derechos, bosques y clima*, Reino Unido.

FCPF (S/F) Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques *Un marco para realizar actividades piloto con miras a reducir las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques*, Washington, EE. UU.

Gobierno Federal (2011) *Ley General Del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente* (LGEEPA), México, DF.

Gobierno Federal (2010) *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*, México, DF.

Gobierno Federal (2008) *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. México DF.

Gobierno Federal (2000) *NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000*. México DF.

GEM (2008) Gobierno del Estado de México *Atlas de riesgo de San José del Rincón*. San José del Rincón, México.

GEM (2003) Gobierno del Estado de México *Código administrativo del Estado de México*, México.

GEM (1995) Gobierno del Estado de México. *Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México*. México

H Ayuntamiento de San José del Rincón (2009) *Plan de Desarrollo Municipal*, México.

INE (2011) Instituto Nacional de Ecología . *Cambio climático en México*, Mexico.

INE (2010) Instituto Nacional de Ecología .*Potencial de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en México al 2020 en el Contexto de la Cooperación Internacional*. México

INE (2008) Instituto Nacional de Ecología. *Estrategias de Protección Civil y Gestión de Riesgo Hidrometeorológico ante el Cambio Climático*, México, Coordinación del Programa de Cambio Climático.

INE (S/F) Instituto Nacional de Ecología. *Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas* México.

INEGI (1976) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta topográfica* escala 1:50 000, Ciudad de México, E14-A26.

INEGI (2001a) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Síntesis de Información Geográfica del Estado de México*, México.

INEGI (2001b) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta Estatal Regionalización Fisiográfica* escala 1:400 000, Ciudad de México.

INEGI (2001c) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta Estatal Geología* escala 1:400 000, Ciudad de México.

INEGI (2001c) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta Estatal Edafología* escala 1:400 000, Ciudad de México.

INEGI (1981a) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta Estatal Hidrología Superficial* escala 1:400 000, Ciudad de México.

INEGI (1981b) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática *Carta Estatal Clima* escala 1:500 000, Ciudad de México.

IHEA, (2007). International Hunter Education Association <http://homestudy.ihea.com/espanol/wildlife/index.htm>, Revisado 18 de Marzo de 2011.

Jandl, Robert (2001) *Medición de tendencias en el tiempo de almacenamiento del carbono del suelo*, Viena, Austria: Centro de Investigación Forestal.

Jaramillo, Víctor (2004) “El ciclo Global del Carbono” en: Martínez, Julia, *et al, Cambio Climático: una visión desde México*, México: Instituto Nacional de Ecología – Semarnat, pp. 77-85.

López, Reynaldo (2005) *Programa de Manejo Forestal Autorizado*; con inscripción en el Registro Forestal Nacional, Integrada al libro México UI, personas físicas prestadoras de servicios técnicos forestales- inscripciones, volumen 2, número 31.

Lal, R. and J.M. Kimble. (2010) “*Soil C Sink in us Cropland*”, http://www.cnr.berkeley.edu/csrd/.../Soil_C_Sink_in_U.S._Croplan.pdf Revisado 13 de febrero de 2012

IPCC (2007) Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio*, Ginebra, Suiza.

IPCC (2000) Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para UTCUTS*, Suiza.

IPCC (2011) Panel Intergubernamental del Cambio Climático. www.ipcc.ch, Revisado 18 de Marzo de 2011.

UN-REDD (2011) Programa de Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de Bosques en los Países en Desarrollo Disponible en <http://www.un-redd.org>., Revisado 21 de marzo de 2011.

PROBOSQUE (2011) Protectora de Bosques <http://www.edomex.gob.mx/probosque>, Revisado 10 de mayo de 2011.

PMC (2010) Programa Mexicano del Carbono Disponible en http://cambio_climatico.ine.gob.mx/pmc/espanol/index.html, Revisado 26 de marzo de 2011.

PENUMA (2006) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente <http://www.unep.org/spanish>., Revisado 16 de Marzo de 2011.

ONU (1998) Organización de las Naciones Unidas *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático* Kyoto, Japón.

ONU (1992) Organización de las Naciones Unidas *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* New York, Estados Unidos.

Ordóñez, José (1999) *Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán*, México, SEMARNAT-INE. México DF.

Ordóñez, José (2001) *Captura de Carbono ante el cambio Climático*, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.

Orrego, Sergio Al. y Del Valle, Jorge I. (2001) *“Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios y secundarios de Colombia”*, Colombia

FAO, (1996) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. *El ciclo del Carbono, Distribución Estimada de los Depósitos Mundiales de Carbono*. Cambio Climático, Bosques y Ordenación Forestal.

FAO (2010) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación *Andosoles*, <http://www1.unex.es/eweb/edafo/FAO/Andosol.htm>, Revisado 29 de noviembre de 2010.

FAO (2009) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación *Perfil para el Cambio Climático*, <http://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1323s/i1323s00.pdf>, Revisado 15 de Marzo de 2011.

SEMARNAT (2010a) Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Cambio climático*. México DF.

SEMARNAT (2010b) Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales *COP16/CMP6*, Cancún México

SEMARNAT-CONAFOR (2010) “Manual y procedimientos para el muestreo de campo”, en: *Inventario Nacional Forestal y de Suelos, Re-muestreo 2010*, México DF.

UACH (2001) Universidad Austral de Chile “Captura de carbono en bosques de Chile”, en: *Proyecto Prochile*, Chile. <http://www.capturacarbono.co.cl/presenta.htm>. Revisado 22 de Marzo de 2012

ONU (2007) United Nations Framework Convention on Climate Change *Status of Ratification*, EE.UU.

Vázquez-Yanes, *et al.* (1999) *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084 México, CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

Yáñez, Armando (2004) “La captura de carbono en bosques: ¿Una herramienta para la gestión ambiental?”, en: *Gaceta Ecológica*, México, DF, Instituto Nacional de Ecología INE, pp. 5-18.

ANEXO 1.

FORMATO DE SUELOS

Núm. de conglomerado: _____

A) USO ACTUAL DEL SUELO

1. Forestal.	2. Forestal con agricultura de temporal.
3. Forestal con ganadería extensiva.	4. Forestal con agricultura de temporal y ganadería extensiva.
Plantaciones forestales y/o cultivos semiperennes.	6. Otros (especificar): _____

B. COBERTURA DEL SUELO POR LA VEGETACIÓN (%)

Cobertura	1	2	3	4	5
	0-10%	11-25 %	26-50 %	51-75 %	76-100 %
Aérea (400 m2)					
Arbustiva o renuevos (400m2)					
Herbácea, (400m2)					
Mantillo (400 m2)					
Suelo desnudo (400 m2)					
Otros (rocas,etc.) (400 m2)					

Indicar con número el porcentaje en el rango correspondiente. El porcentaje no puede ser mayor de 100 % en cada caso.

C. PROFUNDIDAD DEL SUELO ESPESOR 70 cm. CATEGORIA: Profundo

CLAVE	ESPESOR (cm)	CATEGORIA
1	menor de 15	Muy somero
2	entre 15 y 30	Somero
3	entre 30 y 60	Mediano
4	entre 60y 90	Profundo
5	Mayor de 90	Muy profundo

Se realizará con barrena sinfín de 1 m. en el lugar donde se toma la muestra de densidad aparente.

Observaciones _____
_____ (Indicar en caso de conocer el material, que limita el suelo, si existe manto freático, etc).

G. MUESTREO DE DAP

Sitio	Profundidad real del muestreo (cm)	Diámetro del cilindro utilizado (cm)	Volumen del material extraído (cm ³)	Peso total del suelo extraído (gr)	Peso de la muestra de suelo (gr)	observaciones
1	16	8	804.24	647.5	647.5	

Fuente: (INFyS, 2010)

En el primer apartado del formato se hace referencia al uso de suelo este se deberá indicar que tipo de uso principal y los usos asociados a que se somete cada sitio de evaluación. En este caso cuando sea otro uso diferente al forestal, se deberá especificar el uso actual al que esté sometido. El apartado siguiente corresponde a la cobertura del suelo por la vegetación, que está dada en porcentaje y que se llevara a cabo de manera visual, de acuerdo a las características del paisaje en un área de 400 m².

Se anotará el porcentaje de superficie del suelo cubierto por:

1.-La cobertura aérea se refiere a la cobertura arbórea, contabilizando el porcentaje de copa o masa foliar que interceptaría las gotas de lluvia.

2.-La cobertura de arbustos y renuevos se cuantificará de igual forma en el sitio.

3.-La cobertura herbácea (incluidos los pastos), se estimará considerando el porcentaje del total de dicha vegetación que cubre la superficie del suelo.

4.-La cobertura del mantillo se tomará en cuenta el porcentaje de mantillo que cubre la superficie del suelo siempre y cuando el grosor de este sea mayor de 5 mm.

5.-Otros se refiere a materiales como roca, madera muerta, basura, u otros materiales no indicados aquí.

El apartado que corresponde a la letra “C” tiene por objetivo registrar que tan profundo, se encuentra el suelo después de abrir el perfil, a qué distancia se encuentra el material parental. .

Anexo 2.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL PERFIL DEL SUELO.

Perfil No. _____	Precipitación _____
Fecha _____	Temperatura _____
Localización _____	Clima _____
Altitud _____	Vegetación _____
Relieve _____	Material Parental _____
Drenaje Superficial _____	Unidad de Suelos _____

Observaciones Generales_____

SUPERFICIE DEL SUELO Formación de costras duras y salinas, presencia de piedras y otros.	
---	--

<p>HORIZONTES</p> <p>Profundidad en cm.</p>	
<p>TRANSICIÓN A LA SIGUIENTE</p> <p>CAPA</p> <p>Marcada Horizontal</p> <p>Media Ondulada</p> <p>Tenue Irregular</p>	
<p>HUMEDAD</p> <p>Seco Mojado</p> <p>Ligeramente Húmedo Saturado</p> <p>Muy Húmedo</p>	
<p>TEXTURA</p>	

CONSISTENCIA	
<u>En Seco</u>	<u>En húmedo</u>
Suelto	Suelto
Blando	Muy friable
Ligeramente húmedo	Friable
Duro	Firme
Muy duro	Muy firme
Ext. duro	Ext. firme
<u>En muy húmedo</u>	
Adhesividad	Plasticidad
No adhesivo	No plástico
Lig. adhesivo	Lig. plástico
Adhesivo	Plástico
Muy adhesivo	Muy plástico

<p>ESTRATOS ENDURECIDOS</p> <p>Plinita endurecida</p> <p>Capas delgadas ferruginosas</p> <p>Duripanes</p> <p>Estratos petrocálcicos</p>	
<p>CUTANES</p> <p>Composición</p> <p>Minerales arcillosos</p> <p>Minerales arcillosos con óxidos e hidróxidos de hierro</p> <p>Sesquióxidos</p> <p>Óxidos e hidróxidos de manganeso</p> <p>Sales solubles</p> <p>Silicio</p>	
<p>COLOR</p> <p>En seco En húmedo</p>	

PEDREGOSIDAD	
<u>Cantidad</u>	<u>Tamaño</u>
Sin piedras	Gravas
Muy pocas piedras	Piedras pequeñas
Lig. pedregoso	Piedras medias
Pedregoso	Piedras grandes
Muy pedregoso	Piedras muy grandes.
Ext. Pedregoso	
<u>Forma</u>	<u>Clase</u>
Angular	Arenisca
Subangular	Caliza
Redonda	Basalto
Laminar	Ceniza volcánica
Tabular	Granito

ESTRUCTURA	
<u>Tipo</u>	<u>Grado</u>
Laminar	Sin estructura
Columnar	Débilmente des.
Prismática des.	Moderadamente
Poliedrica angular	Fuertemente des.
Poliedrica subangular	
Granular	
Grumosa	
EROSIÓN	
<u>Clase</u>	<u>Grado</u>
Eólica	Leve
Hídrica Laminar	Moderada
Hídrica en surcos	Fuerte
Hídrica en carcavas	

<p>POROSIDAD</p> <p><u>Núm. Promedio</u></p> <p>Muy pocos</p> <p>Pocos</p> <p>Frecuentes</p> <p>Numerosos</p> <p><u>Diámetro</u></p> <p>Microporos</p> <p>Muy finos</p> <p>Finos</p> <p>Medianos</p> <p>Gruesos</p> <p><u>Localización</u></p> <p>Dentro de los agregados</p> <p>Fuera de los agregados</p> <p><u>Morfología</u></p> <p>Vesicular</p> <p>Tubular</p> <p>Intersticial</p>	
---	--

PERMEABILIDAD		
Muy lenta		
Lenta		
Moderada		
Rápida		
Muy rápida		
RAICES		
<u>Cantidad</u>	<u>Tamaño</u>	
Muy raras	Finas	
Raras	Delgadas	
Pocas	Medias	
Comunes	Gruesas	
Abundantes	Muy gruesas	
Ext. Abundantes		

FAUNA Túneles de lombrices Deposiciones de lombrices Acaros Colémbolos Miriápodos Quilópodos	
DRENAJE DEL PERFIL Excesivamente drenado Bien drenado Inperfectamente drenado Pobremente drenado Muy pobremente drenado	

Fuente: Cuanalo de la Cerda, 1975

Anexo 3. Metodología de análisis químicos

En el laboratorio a cada una de las muestras se les realizaron los análisis de Densidad Aparente (D.A), Densidad Real (D.R), de acuerdo con el Manual de laboratorio para el manejo físico de suelos 1991 y los análisis de pH con H₂O, pH con KCl, contenido de Humedad, Materia Orgánica (M.O), Porcentaje de Carbono Orgánico (%C.O); se hicieron de acuerdo a la Norma-021RENAT 2000.

En este apartado se explica la metodología que se utilizó en cada uno de los análisis antes mencionados:

Preparación de las muestras

- I. Las muestras obtenidas en campo se pusieron a secar sobre papel periódico a temperatura ambiental durante 15 días.
- II. Una vez seco el suelo se colocó sobre papel periódico limpio para proceder a tritularlo con un mazo de madera, evitando romper las partículas del suelo y los fragmentos de rocas visibles
- III. Se pasó el suelo por un tamiz de 2 mm de abertura, la parte que quedó en el tamiz se guardó por separado en una bolsa limpia previamente etiquetada con los datos de la muestra, de la misma manera el suelo que pasó por el tamiz se guardó en bolsas de plástico etiquetadas. Esta fracción de suelo es el utilizado para determinar las propiedades físicas y químicas.

- **Densidad Aparente (D.A).**

- I. Se pesó una probeta de 10 ml vacía y seca.
- II. Se le agregó suelo a la probeta hasta los 10 ml. y se golpeó ligeramente 10 veces sobre la franela.
- III. Nuevamente se pesó la probeta con los 10 ml. de suelo
- IV. Para obtener los resultados de (D.A) se resta al peso de la probeta con el suelo, el peso de la probeta sola; se divide el resultado de la diferencia entre 10, para obtener la densidad del suelo.

V. Estos cuatro pasos se repitieron tres veces y se aplicó la fórmula

$$D. A. = \text{Peso del suelo} / \text{Volumen} = g/cm^3$$

Donde V es el volumen y P su peso la densidad aparente.

- **Densidad Real (D.R).**

- I. Se pesó el matraz limpio y seco manipulándolo con pinzas.
- II. En el matraz se colocó una muestra de suelo de 2.5 gramos y nuevamente se pesó el matraz.
- III. con una picea se agregó una tercera parte de agua destilada y con un movimiento de rotación suave se eliminaron las burbujas que se formaron al agregar el agua
- IV. Se dejó reposar 30 minutos.
- V. Se llenó de agua el matraz hasta el aforo; nuevamente se pesó el matraz con suelo y agua.
- VI. Se lavó el matraz y déjelo secar en la estufa, sáquelo y deje enfriar en un desecador.
- VII. Una vez seco el matraz se llenó con agua destilada hasta el aforo y se pesó.

Con los pesos obtenidos, calcule la densidad por medio de la siguiente relación:

$$\text{Densidad Real} = \frac{S}{S + A - (S + a)} = (g / cm^3)$$

Dónde:

S = Peso de la muestra de suelo

A = Peso del agua (sin el peso del matraz)

S + a = Peso del suelo + peso del agua (sin el peso del matraz).

- **Determinación de pH.**

- I. Se calibro el potenciómetro con soluciones buffer pH 4.00, 7.00,10.00.
- II. Por duplicado se pesaron 5 gramos de suelo y se colocó en vasos de pastico etiquetados (vaso 1 y 2)
- III. Se agregó 25 ml de agua destilada a un vaso (1) y 25 ml de KCl 1N al vaso (2) y se agitaron durante 30 min.
- IV. Con el potenciómetro calibrado se obtuvo las lecturas de pH de las muestras

- **Contenido de Humedad**

- I. Se lavaron y limpiaron perfectamente e identifique los botes de aluminio a utilizar.Introduzca los botes con todo y tapa a la estufa durante 3 minutos.
- II. Con las pinzas se sacaron los botes de la estufa y colóquelos en el desecador de vacío hasta que se enfríen después se pesaron con todo y tapa, obteniendo el peso del bote (PB).
- III. Se pesaron 10 g de muestra y se colocó en el bote de aluminio.
- IV. Pese el bote con el suelo húmedo, este peso deberá ser el peso del bote más el peso del suelo húmedo (PB + Psh).
- V. Destape el bote con el suelo húmedo, coloque la tapa en la parte inferior e introdúzcalo a la estufa a una temperatura de 105 C.

- VI. Después de 24 horas saque el bote de la estufa tápelo y colóquelo en el desecador de vacío hasta que se enfríe, posteriormente pese el bote con la muestra seca, este peso será el peso del bote más el peso del suelo seco ($PB + P_{ss}$).
- VII. Vuelva a meter el bote a la estufa durante una hora y después se volvió a realizar el paso VI en intervalos de una hora hasta obtener el peso constante.

VIII. Se aplicó la formula

$$\theta g = \frac{(PB + P_{sh}) - (PB + P_{ss})}{(PB + P_{ss}) - PB} \times 100$$

Dónde:

θg = Contenido de humedad gravimétrica %

PB = Peso del suelo con tapa.

P_{sh} = Peso de suelo húmedo

$PB + P_{sh}$ = Peso del bote más peso del suelo húmedo

- **Materia Orgánica (M.O).**

- I. Se pesaron 0.25 g de suelo seco y pasado por un tamiz de 0.5 mm. en caso de ser un suelo con porcentaje alto de materia orgánica, pese solo 0.2 g .
- II. Coloqué el suelo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Procese un testigo sin suelo.
- III. Agregué exactamente 10 ml de dicromato de potasio 1N girando el matraz cuidadosamente para que entre en contacto con todo el suelo.

- IV. Se agregó rápidamente con la bureta 20 ml de ácido sulfúrico concentrado directamente a la suspensión y gire nuevamente el matraz. Mezcle con precaución, ya que se le desprenden gases.
- V. Agite por un minuto y deje 30 minutos en reposo sobre una lámina de asbesto o sobre una mesa de madera, evitando las mesas de acero o cemento.
- VI. Agregué 200 ml de agua destilada al matraz.
- VII. Agregué 5 ml de ácido fosfórico concentrado.
- VIII. Se adiciono de 5 a 10 gotas del indicador difenilamina poco antes de iniciar la titulación.
- IX. Inicie la titulación con la disolución de sulfato ferroso gota a gota hasta un punto final de color verde claro.
- X. Posteriormente se realizaron los cálculos empleando la formula

$$\% \text{ de C. Orgánico} = \frac{B-T}{G} N \times 0.39$$

Dónde:

B = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar el testigo (ml)

T = Volumen de sulfato ferroso gastado para valorar la muestra (ml)

N = Normalidad exacta del sulfato ferroso (valorar por separado al momento de analizar las muestras)

G = Peso de la muestra empleada (g)

$\% M. O. = \% C. \text{ orgánico} \times 1.724.$

Anexo 4. Interpretación de resultados de Materia Orgánica

Clase	Materia orgánica (%)	
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Fuente: Semarnat, 2000