



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**"ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE
CARBONO EN MANTILLO DEL EJIDO DE
SAN PEDRO JACUARO EN MICHOACÁN,
MÉXICO".**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLOGO

P R E S E N T A:

SAMUEL PALACIOS ROJI ROSAS



Director de Tesis:

Director: Biól. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE CIENCIAS

División de Estudios Profesionales



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:
"Estimación del contenido de carbono en mantillo del Ejido de
San Pedro Jacuaro en Michoacán, México. "

realizado por Samuel Palacios Roji Rosas.

con número de cuenta 0219093-4 , quien cubrió los créditos de la licenciatura en
Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Tutor (a) Propietario Biól. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz.

Propietario M. en C. Oswaldo Núñez Castillo.

Propietario Biól. Roberto Muñoz Cruz.

Suplente Biól. Raúl Ahedo Hernández.

Suplente Biól. Mónica Viétnica Alegre González.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D.F., a 27 de Junio
CONSEJO DEPARTAMENTAL DE Biología.

del 2006.

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez.

Agradecimientos

En principio agradezco a mi madre Alejandra Rosas Muñoz, por ser la fuente de inspiración más importante para este trabajo, tratando de seguir tu ejemplo de superación y generosa filantropía de acuerdo a los valores con que me educaste.

A mi padre Bernardo Samuel Palacios Roji Ramos (*RIP*) por la entereza de tu alma, el buen ejemplo de tus ideas, por todo el cariño que siempre me brindaste, por amor y respeto a tu memoria.

A los Biólogos: Mónica Viétnica Alegre González, José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz, Roberto Muñoz Cruz, Raúl Ahedo Hernández y al M. en C. Oswaldo Núñez Castillo, por su apoyo, dirección, cariño y por las otras tantas cosas que nos hacen ser buenos amigos.

A Virginia Puentes, Dulce Tovar, Teresa González, Erika Tapia Medina, José de Jesús Fuentes Junco, Hugo Medrano, Alejandro Acevedo, Xochitl Estrada Flores y Elizabeth Fuentes Romero, respetuosamente a todos en sus respectivos títulos y puestos en cada institución, por las valiosas contribuciones a este trabajo.

A mis entrañables y amigos: Jesús Vega Allende, Mónica Viétnica Alegre González, Ariel Alarcón Cacheux, Rocío George Téllez, Gerardo Belmont, Ernesto Cossio, Alejandra y Jorge Ortiz, Adriana Hurtado, Roberto Muñoz Cruz, Cecilia Santiago, Sergio Guillén, Roberto Sierralta Leal y Jaime Ortíz por las gratas horas en su compañía.

A mis queridos maestros Guillermo Salgado, Ma. del Pilar Torres García, José G. Palacios Vargas, Evangelina Pérez, Rafael Lamothe, Patricia Tato y Alejandro Martínez Mena, por todo el apoyo académico, incondicional amistad y siempre buena disposición en los mejores momentos académicos de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, a la Facultad de Ciencias de la UNAM y al laboratorio de Invertebrados de la Facultad de Ciencias de la UNAM, quienes me brindaron las facilidades necesarias para ampliar los horizontes de mi vida a cada instante.

Este proyecto fue financiado parcialmente por la Fundación Produce de Michoacán, la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, el Instituto Nacional de Ecología y la Facultad de Ciencias de la UNAM.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Alejandra Rosas Muñoz y Bernardo Samuel Palacios Roji y Ramos (*RIP*) quienes me brindaron la oportunidad de descubrir el placer de la razón y la belleza en la naturaleza, con todo mi amor, agradecimiento y admiración.

A Kalinova, Carlos, Daniela y Dana por ser parte fundamental de mi vida.

A Jorge Caballero Deloya (*RIP*) por fomentar esta vocación desde mi más tierna infancia.

A Isabel Rosas Muñoz por todo el cariño que compartimos.

A mi esposa Beatriz Angélica Álvarez García por el amor con el que me impulsas a ser una mejor persona y por tu amor incondicional.

*“Produce una inmensa tristeza pensar
que la naturaleza habla mientras el
género humano no escucha”*

Víctor Hugo

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
Resumen	3
Abstract	4
2. ANTECEDENTES	
2.1. El Carbono	5
2.2. El Ciclo del Carbono	5
2.2.1. Ciclo Biogeoquímico	5
2.2.2. Ciclo Biológico	7
2.3. Papel del Carbono en el Efecto Invernadero	8
2.4. Captura de carbono	8
2.5. Pago por Servicios Ambientales	11
2.6. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques	12
2.7. Acerca del Mantillo en Ecosistemas Forestales	13
3. OBJETIVOS	15
4. HIPOTESIS	15
5. METEOROLOGIA	
5.1. Selección y Características del Área de Estudio	16
5.2. Selección de los sitios de muestreo	17
5.3. Colecta de Muestras de Mantillo	18
5.4. Procesamiento de Muestras	19
5.5. Manejo de la base de datos	21
5.6. Análisis de datos	22
6. RESULTADOS	23
7. DISCUSIÓN	31
8. CONCLUSIONES	33
9. BIBLIOGRAFIA	34
INDICE DE CUADROS	
Cuadro 1. Resumen de datos obtenidos en algunos estudios mexicanos	10
Cuadro 2. Datos acerca del carbono contenido en mantillo en bosques de pino – encino	11
Cuadro 3. Superficie de los predios que constituyen el área de estudio	17
Cuadro 4. Biomasa de mantillo en gramos por cuadrante y por sitio del área de estudio	23
Cuadro 5. Concentración de carbono expresada en porcentaje por sitio	23
Cuadro 6. Megagramos de carbono por hectárea	24
Cuadro 7. Promedio de la cantidad de carbono por hectárea en cada sitio expresado en Mega gramos	24
INDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Esquema del ciclo global del carbono	6
Figura 2. Área de estudio	16
Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo.	18
Figura 4. A y B detalle de cuadrantes.	19
Figura 5. Procesamiento de muestras para la cuantificación de carbono	20
Figura 5. Procesamiento de muestras para la cuantificación de carbono	21
INDICE DE GRAFICAS	
Gráfica 1. Distribución de datos en Mega gramos de carbono por muestra y sitio	25

Gráfica 1. Distribución de datos en Mega gramos de carbono por muestra y sitio	26
Gráfica 2. Frecuencia relativa en 176 muestras respectivas al contenido de carbono en Mega gramos por hectárea	27
Gráfica 3. Relación lineal, gramos de biomasa vs. Mega gramos de carbono	28
Gráfica 4. Cantidad de carbono en Mega gramos por hectárea en cada sitio	29
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	
Foto 1 y 2. Colecta de mantillo	19
INDICE DE ECUACIONES	
Ecuación 1. Determinación del contenido de mantillo	22

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios que alteran la composición de la atmósfera mundial y que aumentan la variabilidad natural del clima observados durante períodos comparables, se conoce como cambio climático y pueden ser atribuidos de forma directa o indirectamente a las actividades humanas (IPCC, 2001).

Los factores que incrementan el cambio climático son el uso indiscriminado de combustibles fósiles, la agricultura contaminante e intensiva en uso de insumos agroquímicos y la eliminación sistemática de los bosques y selvas. Dichas actividades promueven que se agote la capacidad de los sistemas naturales para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2000).

Se estima que los bosques del mundo podrán capturar hasta el 2050 entre 10 y 20% de las emisiones de CO₂ que se proyecta emitir durante la misma etapa por el uso de combustibles de origen fósil (IPCC, 2001).

En México, la SEMARNAT y el INE coinciden que no se cuenta con información detallada ni de 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 del suelo a escala regional.

De manera general, las técnicas para conocer el contenido de carbono en la biomasa se enfocan en obtener inventarios de carbono en: árboles vivos, vegetación secundaria, mantillo y biomasa en raíces y suelo. Sin embargo, la mayoría de los inventarios orientan su atención al carbono almacenado en el fuste de los árboles y dejan de lado la cuantificación de carbono en las otras partes del ecosistema; cuando son los suelos los que almacenan más de la mitad del carbono del bosque.

La inclusión del carbono acumulado en el mantillo en inventarios forestales es importante, pues más de la mitad del carbono asimilado en la vegetación se

incorpora al suelo por procesos de putrefacción de las hojas caídas, detritus leñoso y raíces muertas.

En este trabajo se reporta la cantidad, concentración y distribución espacial de carbono incluida en el mantillo del bosque en San Pedro Jácuaró, Michoacán, México.

Este proyecto fue financiado parcialmente por la Fundación Produce del Estado de Michoacán, la Comisión Forestal del Estado de Michoacán, el Instituto Nacional de Ecología y la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Resumen

La concepción forestal en términos exclusivamente madereros, ha dirigido la atención hacia el fuste de los árboles como único componente de la productividad. Sin embargo, el uso múltiple del bosque implica un nuevo enfoque, donde otros elementos del sistema tienen relevancia, tanto en términos ecológicos como económicos. El mantillo forestal generalmente no es cuantificado al tomar en cuenta la acumulación de biomasa o necromasa aérea. La inclusión del mantillo en inventarios forestales es importante, pues más de la mitad del carbono asimilado en la vegetación se incorpora al suelo por procesos de putrefacción de las hojas caídas, detritus leñoso y raíces muertas.

Los objetivos de este trabajo fueron conocer la cantidad, concentración y distribución espacial del carbono del mantillo en el bosque en San Pedro Jácuaró, Michoacán, México.

Palabras clave:

Mantillo, Suelo, Carbono, Contenido de carbono, Secuestro de carbono

Abstract

The forest conception in terms exclusively timbers, has directed the attention towards the trunk of the trees like only component of the productivity. Nevertheless, the multiple use of the forest implies a new approach, where other elements of the system have relevance, as much in ecological terms as economic. Litter forest is not generally quantified when taking into account the accumulation of aerial biomass or necromass. The inclusion of litter in forest inventories is important, because more than half of carbon assimilated in the vegetation is gotten up to the ground by processes of rotting of the fallen leaves, ligneous detritus and dead roots.

The objectives of this study were determine amount, concentration and spatial distribution of litter's carbon in the forest soils of San Pedro Jácuaró, Michoacán, México.

Key words:

Litter, Forest Soil, Carbon, Carbon amount, Sequestration Carbon.

2. ANTECEDENTES

2.1. El Carbono.

El carbono (C) es un elemento básico en los compuestos orgánicos, se combina con nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno e hidrógeno. Como sucede con todos los elementos, la disponibilidad de C es limitada en el planeta y por lo tanto, el C circula entre la materia orgánica y el ambiente de manera constante. El movimiento del C ocurre a diferentes escalas de espacio y tiempo; participa en reacciones desde el nivel molecular en los procesos metabólicos hasta los eventos globales como el cambio climático (Jaramillo, 2005). El C en unión molecular con el oxígeno constituye el dióxido de carbono (CO_2) y es el gas resultante de procesos geoquímicos y biológicos, cuya traza en la atmósfera da lugar a la regulación de la temperatura en el planeta por la propiedad de ser un Gas de Efecto Invernadero (GEI) (Jaramillo, 2005).

2.2. El Ciclo del Carbono.

El ciclo del carbono es un término utilizado para describir el flujo del mismo al través de la atmósfera, océanos, biosfera terrestre y litosfera a lo largo del tiempo (Gitay *et al.*, 2002). El ciclo comprende dos fases, las cuales se producen a distintas velocidades y escalas, a saber; a) El ciclo biogeoquímico y b) el ciclo biológico (Jaramillo, 2005).

2.2.1. Ciclo biogeoquímico.

En esta fase se lleva a cabo la transferencia del carbono entre la atmósfera, la litosfera y los océanos. El CO_2 atmosférico se disuelve en el agua de lluvia y se transforma en ácido carbónico (H_2CO_3) que favorece el intemperismo de los minerales expuestos en la superficie terrestre y causa la disolución de bicarbonatos y silicato (figura 1(A)). Estos iones se disuelven en aguas continentales y se transportan hacia los océanos, donde se asimilan por ciertos organismos para formar parte de sus estructuras corporales en forma de

carbonato de calcio. Cuando concluye el ciclo de vida, el carbonato de calcio se sedimenta en forma de lodos calcáreos, por procesos de subducción se compacta e integra en la corteza terrestre dando origen a la formación de rocas sedimentarias (figura 1(B)). Estos carbonatos retornan a la atmósfera en forma de CO_2 cuando se producen erupciones volcánicas, tras la fusión de las rocas que lo contienen (figura 1(C)). Esta última fase es de larga duración (millones de años) e implica mecanismos geológicos. Cuando la materia orgánica se deposita bajo capas de sedimentos sin contacto con oxígeno que la descomponga, se transforma en carbón, petróleo y gas natural (Jaramillo, 2005 y Harrison, 2003). Aún cuando el ciclo biogeoquímico permite explicar los procesos de transformación del CO_2 , Jandal (2001) comenta que aún no se conocen completamente las fases del mismo.

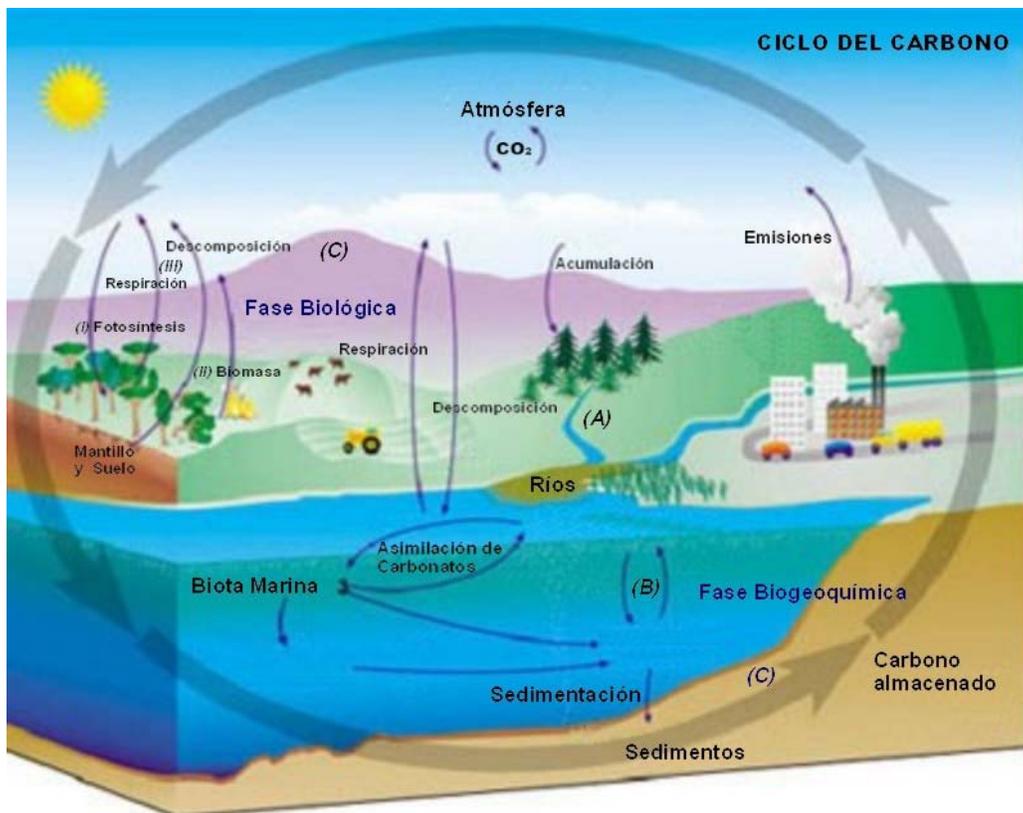


Figura 1. Esquema del ciclo global del carbono. Ilustración tomada del Earth Science Enterprise de la Nasa (Harrison, 2003) y modificada para esta explicación.

2.2.2. Ciclo Biológico.

Esta fase comprende el intercambio del CO₂ contenido en la atmósfera con la vegetación por medio de la fotosíntesis (ver *(I)* en la figura 1), el cual se transforma en los carbohidratos que forman la biomasa (ver *(II)* en la figura 1). Finalmente, la respiración de las plantas, aunado a la respiración de los animales y los procesos de degradación o deforestación, transforman la biomasa y necromasa (mantillo, ramas, tocones y corteza) en CO₂ para retornar a la atmósfera (ver *(III)* en la figura 1) (Jaramillo, 2005). El ciclo biológico es de corta duración (decenas de años) (Smith *et al.*, 1993; y Harrison, 2003).

La mitad del C obtenido de la atmósfera se incorpora en los tejidos vegetales como hojas, raíces y tejido leñoso; la otra mitad se reintegra a la atmósfera como CO₂, producto de la respiración aerobia. El crecimiento de las plantas es el resultado de la diferencia entre el carbono fijado y el respirado, a esto se le conoce como producción primaria neta (PPN). En un periodo cercano a 20 años, casi todo el C fijado por vía de la PPN regresa a la atmósfera por dos procesos: 1) la respiración heterótrofa (Rh), en la cual interviene la fauna que degrada la materia orgánica (bacterias y hongos que se alimentan de tejidos muertos y de exudados) y los herbívoros; 2) la combustión por fuegos naturales o provocados. Parte de la necromasa se incorpora al detritus y a la materia orgánica del suelo, donde es descompuesta a diferente velocidad dependiendo de sus características químicas; se generan así almacenes de C en el suelo, el cual se libera a la atmósfera en distinto tiempo. La diferencia entre la fijación de C por la PPN y las pérdidas por la Rh, en ausencia de otras perturbaciones que producen disminución en el conteo de carbono como el fuego o las cosechas, se conoce como la producción neta del ecosistema (PNE). Cuando se contabilizan los detrimentos del flujo de C, tales como las ocasionados por los incendios, las cosechas, el transporte por los ríos a los océanos y la erosión, lo que resulta es el C acumulado en la biosfera a nivel global y se conoce como la producción neta del bioma (Jaramillo, 2005).

2.3. Papel del Carbono en el Efecto Invernadero.

Existe información cada vez mejor documentada sobre el proceso del calentamiento global, debido fundamentalmente a la emisión de GEI producto de las actividades humanas (IPCC 2001). La evidencia sobre este fenómeno es vasta y aunque el efecto invernadero es un fenómeno natural, el incremento de los gases que lo producen como resultado de las actividades humanas, se traduce en el aumento global de la temperatura y los problemas asociados a éste. Es importante considerar que la respiración vegetal y la descomposición de la materia orgánica del mundo libera más de 10 veces el CO₂ del que originan las actividades humanas, sin embargo estas emisiones se encuentran en balance al ser absorbidas por la vegetación y los océanos (EPA 2003).

2.4. Captura de Carbono.

El ciclo de carbono en la naturaleza, así como la capacidad de absorción del propio carbono por parte del suelo y los océanos, se conocen desde hace tiempo. Sin embargo, fue hasta 1976 cuando se propuso por primera vez la idea de los bosques como almacén que captura las emisiones de CO₂, derivadas de la quema de combustibles fósiles (WRI 2001).

La captura de carbono se refiere a la cantidad de carbono fijado en la biomasa de organismos vivos y se relaciona con el crecimiento de los mismos. El concepto sobre captura de carbono es complejo, pues en la actualidad los mecanismos de captura de carbono consideran a los bosques como ecosistemas en los que el suelo contiene alrededor de dos tercios del carbono almacenado (Dixon *et al.*, 1994).. La información previa para la estimación de la captura de carbono parte de inventarios forestales cuyos resultados se expresan en metros cúbicos por hectárea y el incremento corriente anual expresado en metros cúbicos por hectárea al año.

En el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, (2001) se consideró que los bosques del planeta podrían capturar entre 60 y 87 Gt de C (Giga toneladas de

carbono) para el año 2050 y que entre 23 y 44 Gt de C podrían capturarse en suelos agrícolas. Este organismo también considera que las opciones de mitigación biológica son del orden de 100 Gt de C acumuladas para el año 2050, lo cual representa entre el 10% y el 20% de las emisiones de CO₂ que se proyectan emitir durante el mismo período por el uso de combustibles de origen fósil (IPCC, 2001).

En este contexto, México contribuye con investigaciones enfocadas a conocer el potencial en la captura de carbono en bosques, selvas y suelos. En la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se hizo referencia al inicio de proyectos de esta naturaleza en Bahía Kino, Sonora; en zonas forestales de Chiapas; en la Sierra Norte de Oaxaca; en los bosques tropicales de Campeche y en la Reserva de la Mariposa Monarca, en Michoacán (SEMARNAP, 1997).

Hasta 2001, la SEMARNAT y el INE coinciden que en México no se cuenta con información detallada ni de 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 del suelo a escala regional.

En nuestro país, el secuestro de carbono se realiza mediante prácticas de manejo forestal el cual, está en función de la acumulación y almacenamiento de la biomasa, lo que ha requerido de la creación o incremento de sumideros (INE-SEMARNAT, 2001).

En la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en el apartado que se refiere a Proyectos de Captura de Carbono aparecen algunos datos del contenido de carbono en diferentes sitios boscosos (cuadro 1).

Cuadro 1.

Resumen de resultados obtenidos en algunos estudios mexicanos.

(SEMARNAT-INE., 2001)

Estimación del contenido de carbono en la biomasa aérea, mantillo, suelos y raíces de los bosques de pino - encino en el Carricito, Sierra Madre Occidental			
Estimaciones	Alta	Baja	Distribución del carbono
Toneladas de C por hectárea			
tCha ⁻¹	156.63	88.24	Carbono en la vegetación
tCha ⁻¹	95.00	32.00	Carbono en el suelo

Estimación preliminar del contenido de carbono para el Ejido de San Pedro Jácuaró, Michoacán.			
Estimaciones	Alta	Baja	Distribución del carbono
Toneladas de C por hectárea			
tCha ⁻¹	129.00	110.60	Carbono en la vegetación
tCha ⁻¹	60.63	51.97	Carbono en el suelo

Estimación preliminar del contenido de carbono en el Ajusco medio, Distrito Federal			
Estimaciones	Alta	Baja	Distribución del carbono
Toneladas de C por hectárea			
tCha ⁻¹	70.45	49.91	Carbono en la vegetación
tCha ⁻¹	?	?	Carbono en el suelo

Existen estudios que se realizan en comunidades vegetales específicas como es el caso del bosque de pinos y encinos. Los inventarios forestales actualmente contienen información específica de los segmentos que estructuran al bosque, como son las copas de los árboles, sus troncos, la biomasa muerta depositada en el suelo llamada mantillo y otras. El mantillo contiene carbono acumulado que se reporta como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2.
Resultados acerca del carbono contenido en mantillo
en bosques de pino – encino.
(Jiménez 2007)

Autor	Tipo de vegetación	Localidad	MgC/ha Mínima, Máxima y Promedio
Pérez (2006)	Bosque de pino-encino	Región Purépecha, Michoacán	1.2 a 6.8 Promedio 3.4
Jiménez (2007)	Bosque de pino-encino	El Carricito, Jalisco	0.1 a 12.26 Promedio 4.7

El INE y la SEMARNAT, (2001) crearon proyectos para conservar los ecosistemas forestales, en los que se planificó la reforestación de más de 740 mil hectáreas (Programa PRONARE) y apoyó a las plantaciones forestales de más de 47 mil hectáreas (Programa Prodeplan), se participó en la reconversión de más de 1.3 millones de hectáreas de tierras agropecuarias a tierras para la productividad forestal. Se estimó que en el período 1997-2000 éstas acciones de reconversión favorecerían a largo plazo, una captura neta de 3.3 millones de toneladas de carbono.

De acuerdo con la CONAFOR durante 2004 y 2005 se incorporaron aproximadamente 58 mil hectáreas al pago de servicios ambientales por captura de carbono (INE-SEMARNAT, 2006).

2.5. Pago por Servicios Ambientales.

Existen un mercado mundial para el pago por servicios ambientales y el precio por fijación de carbono es variable y depende de las oportunidades del mercado que rigen la oferta y la demanda o de las estrategias gubernamentales que se han desarrollado para este fin. El precio se paga por tonelada de carbono fijado por hectárea y existen cuotas mínimas de almacenamiento para el mercado

establecido en los Mecanismos de Desarrollo Limpio. También existe un mercado voluntario donde incide la mayoría de los proyectos de captura de carbono, en donde empresas emisoras y comunidades poseedoras de áreas con vegetación pueden ofrecer un servicio ambiental, ambos organismos precisan de un esquema de regulación con monitoreos de evaluación y certificación de la captura o fijación de carbono (Vargas y Yáñez 2004)

Se espera que el pago por servicios ambientales se convierta en una opción para:

- a) Mitigar la concentración de gases efecto invernadero.
- b) Repoblar zonas boscosas con especies endémicas y revertir el impacto causado a las comunidades ecológicas.
- c) Ayudar a las comunidades rurales a preservar los bosques con una opción económica y de desarrollo sustentable.

2.6. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques.

Como resultado de investigaciones enfocadas a la captura de carbono, se considera la importancia de los bosques como sumideros y se aplican métodos en la estimación del contenido de carbono (Husch., 2001). De manera general, las técnicas para conocer el contenido de carbono en la biomasa se enfocan en obtener inventarios de carbono en:

- Árboles en pie. De los que se tiende a convertir volúmenes cúbicos en peso, se utiliza los resultados de inventarios convencionales, además de hacer ajustes para incluir la biomasa de los tocones, ramas, corteza y follaje.
- Vegetación secundaria.
- Biomasa muerta (necromasa o mantillo)
- Biomasa en raíces y suelo

Husch en 2001, hace referencia a estudios en los cuales los suelos contienen más de la mitad del carbono en un ecosistema forestal. Se puede medir la biomasa en

el suelo por diferentes medios, la estimación de la cantidad de carbono en un bosque requiere que inicialmente se calcule el peso seco de la biomasa y después se evalúe la cantidad de carbono por unidad de área. Pueden llevarse a cabo estudios específicos para determinar el porcentaje de carbono en los diferentes componentes de la biomasa.

El IPCC (2001) señala que el rango más citado para el contenido de C en la biomasa es de 43 a 58%. En ausencia de estudios específicos y con base en investigaciones previas, generalmente se estima que el contenido de carbono varía alrededor del 50% del peso seco de la biomasa (Smith *et al.*, 1993; Husch., 2001). Cubero y Rojas (Citados por Gayoso y Guerra, 2005) señalan que el contenido de C en la biomasa arbórea se ve influenciado por la calidad del sitio y edad de las plantaciones, y se ha encontrado un contenido de C entre 32 y 40% para plantaciones de *Gmelina arborea*, 32 a 36% para *Tectona grandis* y 33 a 36% para *Bombacopsis quinata* (Gayoso y Guerra, 2005).

Referente a la cantidad de carbono en un estudio realizado en México, Jiménez (2007), indica que el contenido de carbono en biomasa de mantillo es de 28% a 44% en un bosque de pino – encino ubicado en la comunidad de El Carricito en el Estado de Jalisco, México.

2.7. Acerca del Mantillo en Ecosistemas Forestales.

La concepción forestal en términos exclusivamente madereros, ha dirigido la atención hacia el fuste de los árboles como único componente de productividad. Sin embargo, la explotación combinada del bosque implica un nuevo enfoque, donde otros componentes del sistema tienen relevancia en términos biológicos, ecológicos y económicos (Rebottaro, 2006). El mantillo, generalmente no se toma en cuenta al hacer un balance en la acumulación de biomasa o necromasa aérea.

El papel biológico del mantillo, forma parte en la organización y estructura de las comunidades vegetales por efecto en la germinación de semillas, la sobrevivencia

de plántulas y el desarrollo de retoños vegetativos. También es el ambiente que permite se desarrolle una fauna diversa como: pequeños vertebrados, moluscos, artrópodos, anélidos, protozoarios, hongos y bacterias (Patiño, 1990).

Se reconoce la función ecológica del mantillo como regulador del ciclo hidrológico al constituir un elemento interceptor del agua de lluvia. Las capas de mantillo funcionan como protección del suelo contra el efecto erosivo de las lluvias, al disminuir el riesgo en la pérdida de elementos minerales del sistema (Mass *et al.*, 1988; Babbar y Ewel, 1989).

En varias partes del mundo se comercializa el mantillo como sustrato para sistemas de producción intensivos. Sin embargo, los campesinos que lo explotan, desconocen los niveles acumulados en el suelo y la manera más conveniente para su aprovechamiento (Rebottaro, 2002).

Con frecuencia se requiere usar resultados de un inventario forestal para realizar estimaciones sobre la cantidad de carbono en un bosque (Husch. 2001). Sin embargo, el mantillo forestal generalmente no es medido al tomar en cuenta la acumulación de necromasa aérea (Rebottaro *et al.*, 2002). La inclusión del mantillo en inventarios forestales es importante, pues más de la mitad del carbono asimilado en la vegetación se incorpora al suelo por procesos de putrefacción de las hojas caídas, detritus leñoso y raíces muertas (Husch. 2001).

3. OBJETIVOS.

- Cuantificar el contenido de carbono en el mantillo del bosque en el Ejido de San Pedro Jácuaró en Michoacán, México.
- Estimar la concentración de carbono contenido en la biomasa del mantillo del Ejido de San Pedro Jácuaró en Michoacán, México.
- Evaluar la distribución espacial del contenido de carbono del mantillo del Ejido de San Pedro Jácuaró en Michoacán, México.

4. HIPÓTESIS.

El contenido de carbono en el mantillo del bosque en el Ejido de San Pedro Jácuaró en Michoacán, depende del peso de la biomasa y varía de un sitio a otro.

5. METODOLOGÍA

5.1. Selección y características del área de estudio.

Este trabajo forma parte del Proyecto denominado *Cuantificación de Carbono en Biomasa Aérea, Mantillo y Suelo del Bosque de San Pedro Jacuaro en Michoacán, México* en convenio con el Instituto de Ecología de la UNAM, la Fundación Produce y la Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Éste se ubica en las coordenadas extremas UTM 320,000 latitud norte con 2,191,000 longitud oeste y 327,500 latitud norte con 2,180,000 longitud oeste en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y la subprovincia de Mil Cumbres, la altura fluctúa entre 1,500 hasta los 3,000 msnm. (Figura 2).

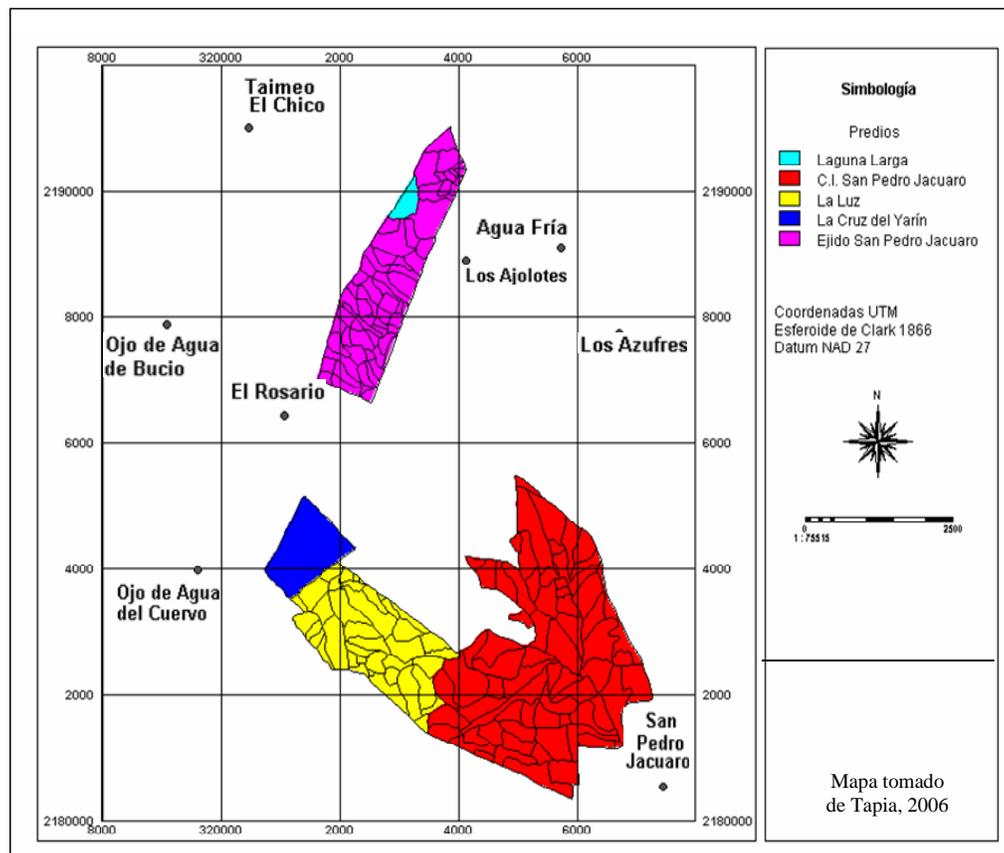


Figura 2. Área de estudio.

La superficie total del área de estudio es de 1,860 ha, donde 988 ha pertenecen al predio de la Comunidad Indígena de San Pedro Jacuaro; 348 ha al predio La Luz; 120 ha al predio La Cruz del Yarín; 386 ha al predio Ejido San Pedro Jacuaro y 18 ha al cuerpo de agua de Laguna Larga (Cuadro 3).

Cuadro 3.
Superficies de los predios que constituyen el área de estudio.

Nombre del Predio	Superficie (ha)	Número de sitios de muestreo
Comunidad Indígena de San Pedro Jacuaro	988	4
La Luz	348	2
La Cruz del Yarín	120	2
Ejido de San Pedro Jacuaro	386	3
Laguna Larga	18	Cuerpo de agua
Total	1860	11

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García en 1981, el clima de San Pedro Jácuaro es templado, subhúmedo (Cb w1 w l') con temperatura media anual que varían entre 12° y 18° C. El periodo de lluvias sucede durante el verano con una precipitación media anual de 1,200 a 1,500 mm. La evaporación anual es de 653 mm y la presión atmosférica es de 730 de mmHg (Gómez. 1988).

5.2. Selección de los sitios de muestreo.

Los muestreos se hicieron exclusivamente en áreas con cobertura vegetal de pino-encino que fueron identificadas en el Plan de Manejo Forestal de San Pedro Jacuaro (PMF, 2004). Para la selección de los sitios de muestreo se llevó a cabo una serie de recorridos en campo a fin de verificar la información del Plan de Manejo Forestal acerca de la distribución de pino y encino. Posteriormente se empleó la metodología de muestreo de distribución al azar propuesta por Brown y Roussopoulous (1974) modificada por Ordóñez (2000).

A continuación se muestra la ubicación de los sitios seleccionados por cada uno de los predios que conforman el área de estudio. En total se realizó un muestreo en 11 sitios (ver figura 3).

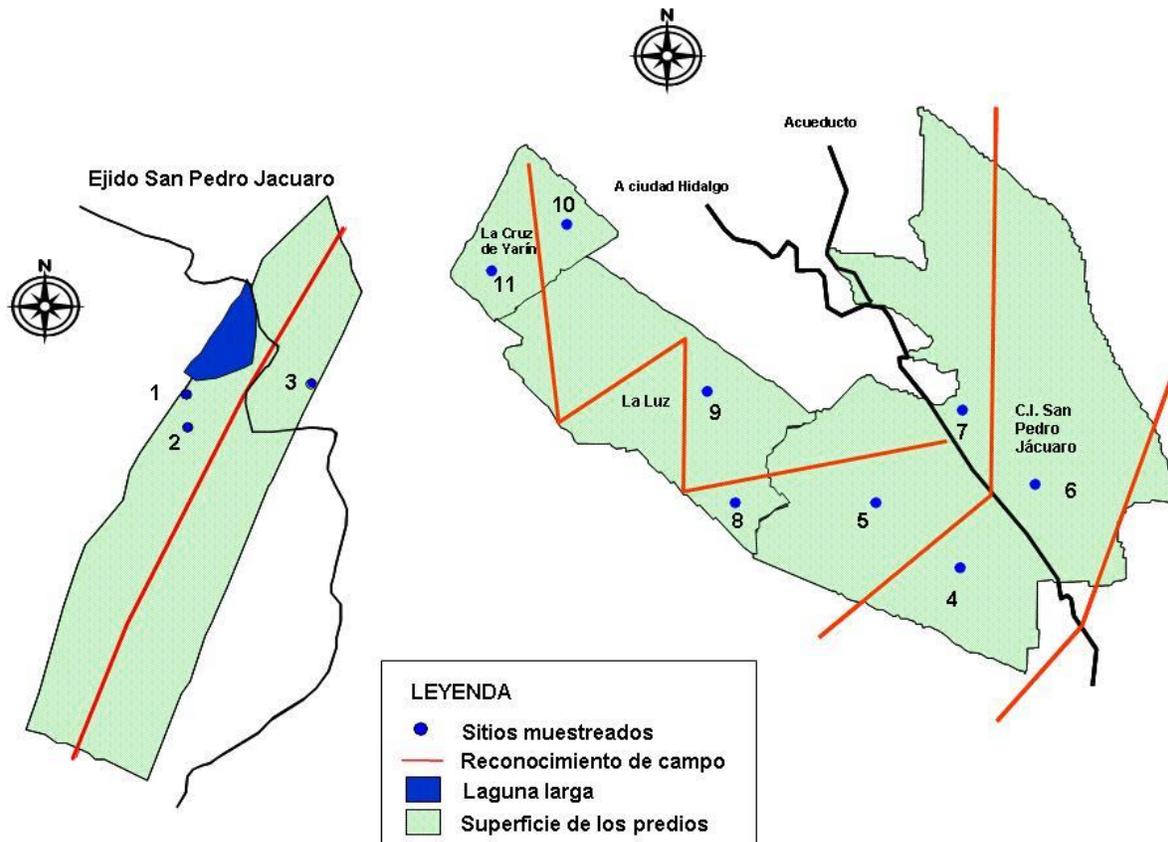


Figura 3. Ubicación de los sitios de muestreo

5.3. Colecta de Muestras de Mantillo.

El diseño experimental del estudio consistió en un arreglo factorial de 11 sitios y 16 muestreos en cada uno, esto es un total de 176 muestras.

La colecta de las muestras de mantillo se llevó a cabo entre los meses de marzo y abril en el año 2005, cuando es la época de estiaje. En cada sitio de muestreo se estableció un rectángulo primario de 105 x 75 m (Figura 4) denominado rectángulo A, el cual se dividió en tres tercios de forma longitudinal y la franja media se dividió

a su vez en siete cuadrantes distinguidos como rectángulos secundarios B, de 25 X 15 m. El trabajo de recolección se realizó en cada uno de los vértices de los rectángulos secundarios en un área de 0.5 X 0.5 m, que resultó en un total de 16 muestras por sitio (puntos azules ubicados en los vértices de los cuadros de la Figura 4).

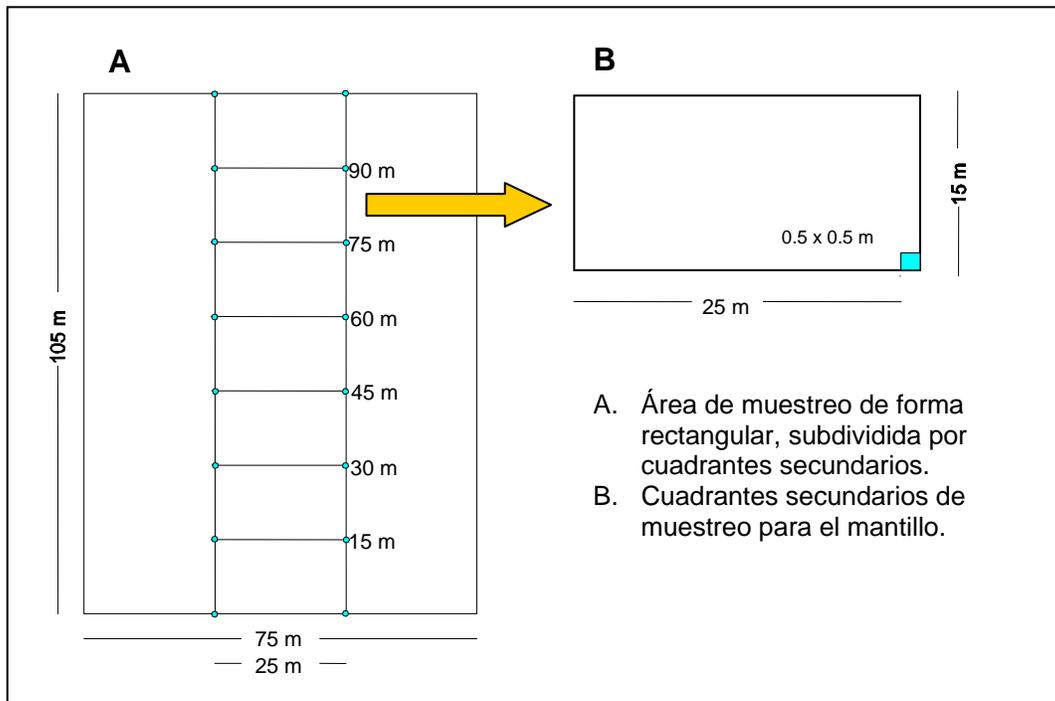


Figura 4 A y B. Detalle de cuadrantes.

Las muestras de mantillo colectado se guardaron en bolsas de papel estroza del No. 20 identificadas con la fecha de la colecta, localidad, sitio, número del sitio y número de cuadrante, identificados del 1 al 16 (Ver fotos 1 y 2).



Fotos 1 y 2. Colecta de mantillo (Ordoñez, 2005)

5.4. Procesamiento de Muestras.

La cuantificación del carbono en el mantillo se basó en el protocolo de Crompton (2000) que es específico para suelo. En la Figura 5 se describe el manejo de las muestras y su proceso para la cuantificación de carbono.

1.

Secado y deshidratación de las muestras.

Las muestras se deshidratan en una estufa a temperatura constante de 80°C durante 72 horas.



2.

Pesado de las muestras.

Una vez deshidratadas las muestras se pesan en una balanza.



3.

Pulverización de las muestras.

Posteriormente se trituran las muestras en forma de polvo



Preparación de las muestras para su análisis.

4. Se toman 3gr de las muestras de cada sitio y se mezclan.

Posteriormente, se preparan 10 alícuotas de 0.25 g. de la mezcla de cada sitio.



Incineración de las muestras.

5. Cada alícuota se deposita en una cucharilla de tungsteno para su incineración.



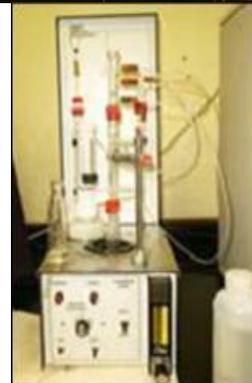
Análisis de las muestras.

6. Las muestras se procesan en un analizador de Carbono Orgánico Total (TOC) UIC (Mod. CM 5012).



Columna de titulación.

7. La concentración de carbono se determina en una columna de titulación.



Formación de la base de datos.

8. Los datos de TOC se capturan de forma automática en una computadora y se conforma la base de datos.



Figura 5. Procesamiento de muestras para la cuantificación de carbono.

5.5 Manejo de la base de datos.

La base de datos con información del TOC se transfirió a una hoja de cálculo y se organizaron los registros del peso seco de la biomasa del mantillo por sitio y número de muestra y concentración de carbono expresada en porcentaje.

La determinación del carbono contenido en el mantillo (C_m) se obtuvo de la multiplicación de las muestras de biomasa en peso seco por la concentración de carbono obtenida en el TOC. Ver Ecuación 1. (Ordóñez, *et al.* 1998).

$$C_m = PS \times [C]$$

Ecuación 1.

Donde:

C_m = Carbono contenido en mantillo.

PS = Peso Seco de la muestra de biomasa.

$[C]\%$ = Concentración de carbono expresada en %.

5.6 Análisis de datos.

Los datos recopilados en este estudio se analizaron como se describe a continuación:

1. Se obtuvo el peso seco del mantillo.
2. El resultado anterior, se multiplicó por la $[C]$ expresada en porcentaje proveniente de la base de datos del analizador de carbono orgánico total.
3. El resultado obtenido en el inciso anterior se reportó expresado en Mega gramos de carbono por hectárea.
4. Con el propósito de visualizar la información resumida se utilizó una gráfica con análisis de percentiles.

5. A continuación se analizó la frecuencia del contenido de carbono presente en el mantillo con la idea de observar la forma en que los datos se distribuyen.
6. Posteriormente, se estudió la correlación entre la biomasa con la concentración de contenido de carbono, para tal efecto, se empleó un análisis de relación lineal.
7. Por último, se realizó un análisis de varianza con un intervalo de confianza del 5% para evaluar las posibles diferencias entre los sitios.

6. RESULTADOS

El resultado del peso de las muestras de mantillo se muestra en el cuadro 4. A partir de estos datos se procesaron las muestras para obtener la concentración del carbono contenido en el mantillo por sitio.

Cuadro 4.
Biomasa de mantillo en gramos por cuadrante y por sitio del área de estudio.

Cuadrante	Sitios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	91.3	39.8	116.6	38.6	195.9	88.5	139.2	107.9	16.1	53.8	101.7
2	39.8	68.4	211.0	42.8	238.7	66.4	106.9	92.0	21.1	55.1	174.5
3	55.3	73.2	181.2	98.5	229.4	35.1	45.0	93.8	56.2	53.1	63.4
4	57.0	87.8	123.6	93.0	72.6	96.5	188.2	38.1	118.8	47.6	56.9
5	153.9	128.1	237.7	10.5	137.9	100.8	144.5	141.6	181.7	139.3	105.3
6	197.6	67.5	154.5	78.2	225.9	63.1	74.6	96.1	68.6	98.6	65.3
7	163.5	140.3	141.6	7.7	155.1	76.0	120.1	91.1	232.0	78.8	50.3
8	124.5	202.5	72.8	39.8	98.0	65.3	178.4	74.8	141.7	120.8	69.2
9	63.6	93.2	153.8	54.8	54.0	68.4	141.6	63.4	60.0	79.9	76.0
10	73.5	69.9	132.5	70.1	140.2	73.2	96.1	56.9	145.3	93.9	65.3
11	118.8	161.0	87.0	55.3	258.6	60.6	91.1	105.3	113.5	113.8	68.4
12	95.6	94.5	151.9	57.0	232.6	66.2	105.3	65.3	222.3	77.9	73.2
13	102.0	74.4	321.5	68.4	270.3	54.8	141.7	50.3	85.1	74.4	60.6
14	251.0	60.6	247.2	73.2	280.2	70.1	60.0	69.2	151.3	162.7	66.2
15	227.9	66.2	123.0	60.6	394.8	55.3	145.3	113.1	189.7	165.8	54.8
16	185.5	66.5	172.1	66.2	341.1	57.0	113.5	123.0	172.4	84.1	79.9

Los resultados expresados en concentración de carbono porcentual para cada sitio muestran que la concentración máxima de carbono se obtuvo en los sitios 2 y 8, mientras que la concentración baja se obtuvo en los sitios 6 y 11. Se observa también que los sitios 1, 2, 7 y 8 incluyeron concentraciones de carbono similares entre sí. Se estimó una concentración promedio de 36% en todos los sitios.

Cuadro 5.
Concentración de carbono expresada en porcentaje por sitio.

Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Porcentaje de Carbono	41.75	42.1	31.53	38.42	35.06	27.11	41.75	42.1	33.96	35.06	27.11

Los resultados obtenidos en la concentración porcentual de carbono por sitio, se estimó (ecuación 1) el contenido en gramos por sitio de muestreo y por metro cuadrado, el cual para fines de comparación con otros estudios se reporta en Mega gramos de Carbono por hectárea (Mg C ha⁻¹), ver cuadro 6.

Cuadro 6.
Mega gramos de carbono por hectárea.

Cuadrante	Sitios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.5	0.7	1.5	0.6	2.7	1.0	2.3	1.8	0.3	0.8	1.1
2	0.7	1.2	2.7	0.7	3.3	0.7	1.8	1.5	0.4	0.8	1.9
3	0.9	1.2	2.3	1.5	3.2	0.4	0.8	1.6	0.9	0.7	0.7
4	1.0	1.5	1.6	1.4	1.0	1.0	3.1	0.6	2.0	0.7	0.6
5	2.6	2.2	3.0	0.2	1.9	1.1	2.4	2.4	3.0	2.0	1.1
6	3.3	1.1	1.9	1.2	3.2	0.7	1.2	1.6	1.1	1.4	0.7
7	2.7	2.4	1.8	0.1	2.2	0.8	2.0	1.5	3.9	1.1	0.5
8	2.1	3.4	0.9	0.6	1.4	0.7	3.0	1.3	2.4	1.7	0.8
9	1.1	1.6	1.9	0.8	0.8	0.7	2.4	1.1	1.0	1.1	0.8
10	1.2	1.2	1.7	1.1	2.0	0.8	1.6	1.0	2.4	1.3	0.7
11	2.0	2.7	1.1	0.8	3.6	0.7	1.5	1.8	1.9	1.6	0.7
12	1.6	1.6	1.9	0.9	3.3	0.7	1.8	1.1	3.7	1.1	0.8
13	1.7	1.3	4.1	1.1	3.8	0.6	2.4	0.8	1.4	1.0	0.7
14	4.2	1.0	3.1	1.1	3.9	0.8	1.0	1.2	2.5	2.3	0.7
15	3.8	1.1	1.6	0.9	5.5	0.6	2.4	1.9	3.2	2.3	0.6
16	3.1	1.1	2.2	1.0	4.8	0.6	1.9	2.1	2.9	1.2	0.9

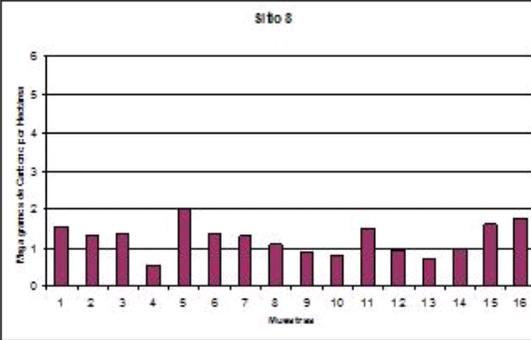
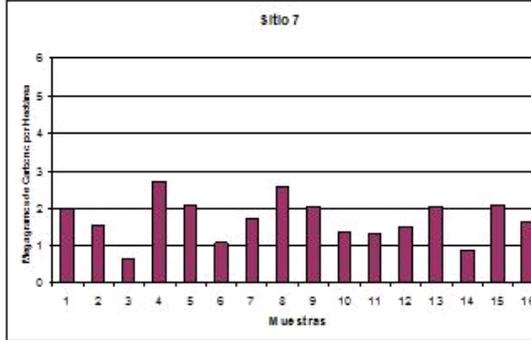
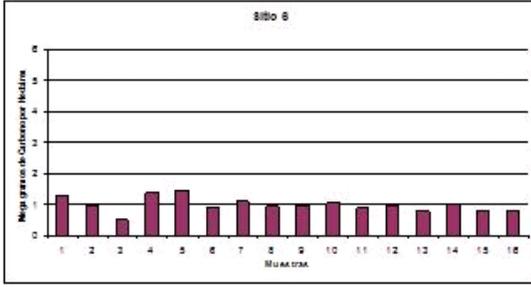
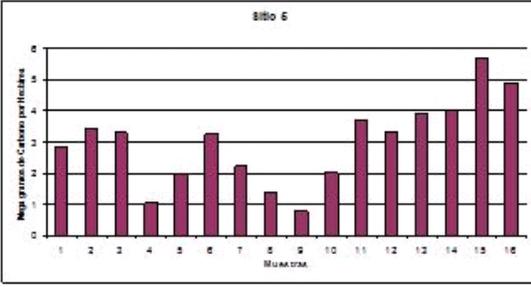
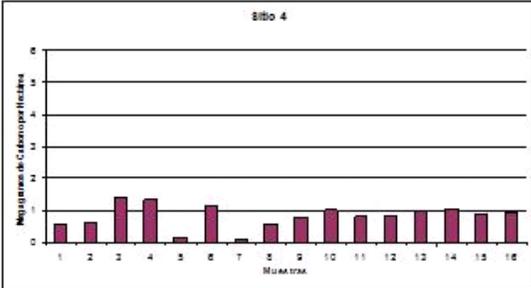
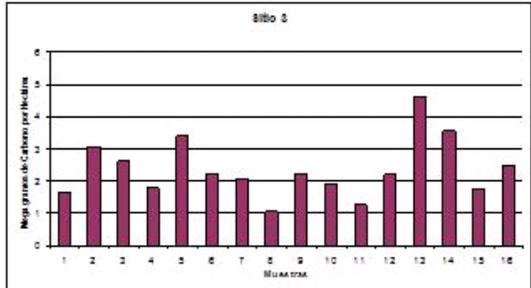
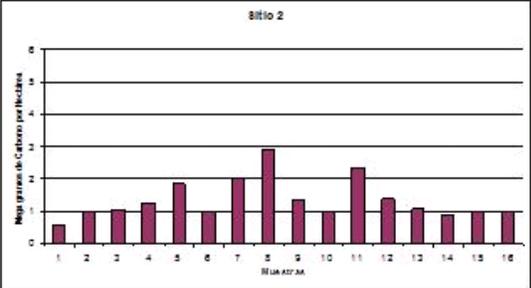
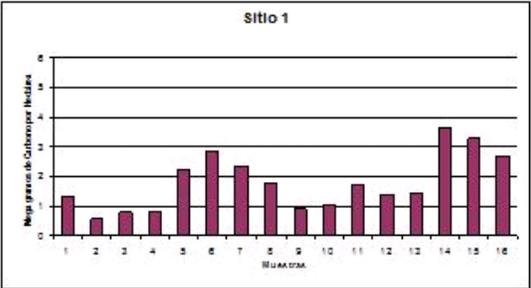
En el cuadro 7 se observa el promedio de la cantidad de carbono contenido en cada sitio.

Cuadro 7.
Promedio de la cantidad de carbono por hectárea en cada sitio expresada en Mega gramos.

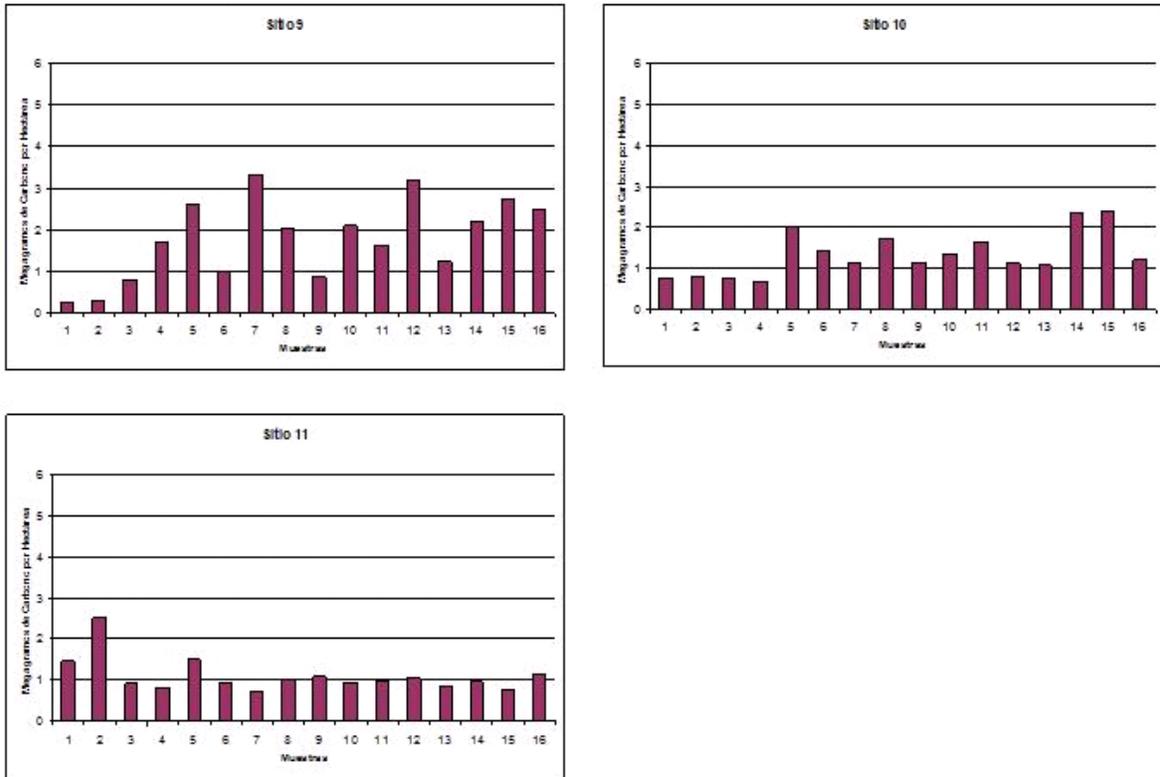
Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mg C / ha	2.1	1.6	2.1	0.9	2.9	0.7	2.0	1.5	2.1	1.3	0.8

Se obtuvo una lectura baja de 0.7 Mg C ha⁻¹ en el sitio 6 y una lectura alta de 2.9 Mg de C ha⁻¹ en el sitio 5 con un promedio de 1.6 Mg C ha⁻¹.

La distribución de los resultados en cada sitio se expresó en Mega gramos de carbono por hectárea. La proporción del contenido de carbono por sitio aparentemente es diferente. Se observa que los datos en los sitios 4, 6 y 11 son menores o cercanos a 1 Mega gramo de carbono por hectárea, en contraste con el resto de los sitios (ver gráfica 1).

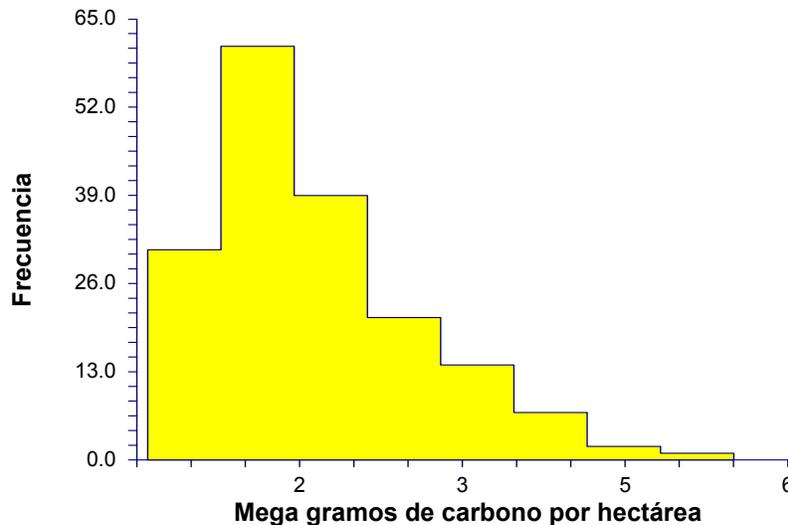


Gráfica 1. Distribución de datos de Mega gramos de carbono por muestra y sitio (Continúa).



Gráfica 1.
Distribución de los datos de Mega gramos de carbono por muestra y sitio.

A continuación se presenta un histograma de frecuencia con el contenido de carbono del mantillo expresado en Mega gramos por hectárea, se observó que la mayor frecuencia de los datos se distribuyó en los rangos entre 1 y 2.6 Mg C ha⁻¹.



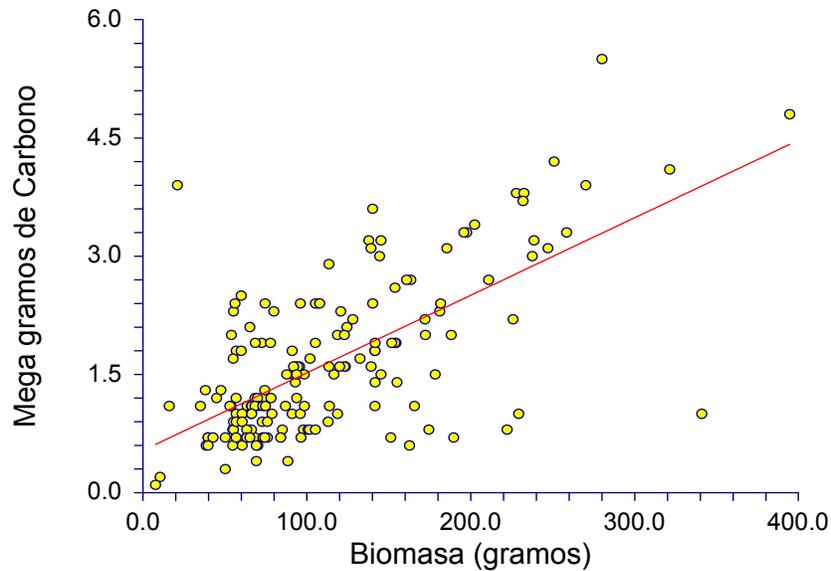
Gráfica 3.
Frecuencia relativa en 176 muestras
respectivas al contenido de carbono
en Mega gramos por hectárea.

Con el propósito de conocer la correlación entre la biomasa con la concentración de contenido de carbono se hizo un análisis de relación lineal. La gráfica resultante en la que se observa que la mayor parte de los datos se ubicaron por debajo de 100 gramos de biomasa y 1.5 Mega gramos de carbono. El número de observaciones consideradas en este análisis fueron 169. La ecuación de la línea recta en la gráfica 4, relaciona Mega gramos de carbono contra gramos de biomasa y se estimó como:

$$\text{Mega gramos de carbono} = (0.5367) + (0.0098) \text{ Gramos de biomasa}$$

La intersección del eje "Y" con la estimación del valor en Mega gramos de C, cuando los gramos de biomasa son igual a cero es de 0.5367 con un error estándar de 0.1126. La pendiente valoró la transformación de Mega gramos de

carbono por unidad de cambio en gramos de biomasa, la cual fue de 0.0098 con un error estándar de 0.0009.

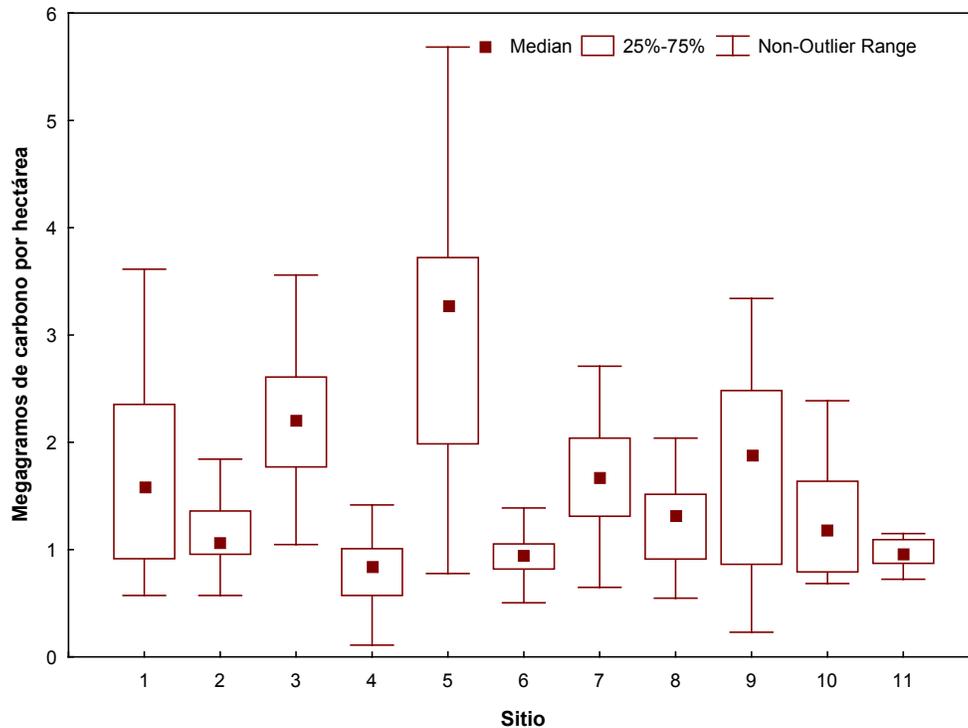


Gráfica 4.

Relación lineal gramos de biomasa - Mega gramos de carbono

El valor de r^2 , es la proporción de la variación en Mega gramos de carbono que pueden ser contabilizados por la modificación en gramos de biomasa, la cual es de 0.4366. Lo que en términos prácticos significó que en las condiciones en las que se llevó a cabo el presente trabajo, el 43% de los datos presentaron una relación lineal entre la biomasa y el contenido de carbono.

Con el fin de observar la distribución del carbono entre los sitios, se empleó en los resultados anteriores un análisis de percentiles (ver gráfica 2).



Gráfica 2.
Cantidad de Carbono en Mega gramos
por hectárea en cada sitio.

La variabilidad del contenido de C en el mantillo presenta un máximo de 5.5 Mg C ha⁻¹ en el sitio 5 y un mínimo de 0.1 Mg C ha⁻¹ en el sitio 4.

En los sitios 1 y 9 la distribución (la amplitud del rango intercuartil del total de las muestras del sitio) del contenido de carbono en el mantillo sugiere que comparten una concentración similar.

En lo que se refiere a los sitios 2, 4, 6 y 8 presentan una variabilidad cercana; mientras que el sitio 11 presenta la menor variabilidad respecto de todos los sitios.

Con respecto a los sitios 3, 7 y 10 comparten cierta similitud en la amplitud del rango mientras que los sitios 1 y 9 comparten valores parecidos en la concentración del carbono.

Al emplear el análisis de varianza con datos referentes a la cantidad de carbono por sitio (Cuadro 8) se verificó que al menos dos de los 11 sitios tuvieron una respuesta diferente entre ellos. Lo anterior se concluyó dado que el resultado de del análisis de varianza, con 10 grados de libertad, presentó una F calculada de 12.02 mayor al valor crítico de tablas $F_{0.05} = 1.83$ con un nivel significativo de $\alpha = 0.05$.

Cuadro 8.
Resultados del análisis de varianza entre cuadrantes y entre sitios de las muestras de mantillo.

Fuente	Grados de Libertad (df)	Suma de Cuadrados (SS)	Cuadrado Medio MS	F 0.05	P-value ($\alpha = 0.05$)
Sitios	10	71.87	7.18	12.02	0.000000
Dentro de los grupos	165	98.71	0.59	-----	-----
Total	175	170.59	-----	----	-----

7. DISCUSIÓN

De acuerdo con la hipótesis y con base en los resultados, se corroboró que el contenido de carbono dependió del peso de la biomasa, esta afirmación procede de la relación lineal gramos de biomasa contra contenido en Mega gramos de carbono por hectárea. Lo anterior indicó que en las condiciones en las que se llevó a cabo el presente trabajo, la correspondencia en la cantidad de biomasa contra contenido de carbono mostró una relación de 43%.

Referente a la cuantificación del contenido de carbono en el mantillo del bosque en el Ejido de San Pedro Jácuaró en Michoacán, México. Se obtuvo una lectura baja de 0.1 Mg C ha⁻¹ y una lectura alta de 5.5 Mg de C ha⁻¹ con un valor en la mediana de 3.5 Mg C ha⁻¹. Estos datos servirán para enriquecer un inventario forestal, dando la posibilidad de servir como indicador para estudios subsecuentes sobre los cambios que presente el área de estudio. Asimismo, servirán para que las políticas en esquemas por captura de carbono donde exigen que éste quede almacenado por periodos definidos puedan tener un valor de referencia.

Al estimar la concentración de carbono contenido en la biomasa del mantillo del área de estudio, se reporta una concentración de carbono de 36%. Este valor permitirá relacionar en un inventario forestal la cantidad de carbono que pueda ser contabilizado en un bosque de características similares como en el que se desarrolló este trabajo. Este resultado abre la posibilidad de generar otros proyectos de investigación pues se espera que el carbono acumulado en la biomasa tenga una concentración cercana al 50%. Según Husch (2001) el carbono asimilado por la vegetación entra al suelo por incorporación y procesos de putrefacción de las hojas caídas, detritus leñoso y raíces muertas. Autores como Cubero y Rojas señalan que el contenido de C en la biomasa arbórea se ve influenciado por la calidad del sitio y edad del bosque.

Se evaluó la distribución espacial del contenido de carbono del mantillo, el análisis de percentiles permitió observar las proporciones del carbono en cada sitio y el análisis de varianza permitió detallar las características de estas proporciones. Al presentarse una variabilidad tan grande, puede interpretarse que no existe una acumulación de carbono continua. Este argumento, abre la posibilidad de afinar la técnica de colecta al tomar en cuenta las características físicas del terreno como son: inclinación, la fotoluminosidad, la incidencia del viento, la presencia de escurrimientos de agua, caminos vecinales y la presencia o ausencia de personas o ganado.

El manejo de datos acerca de la distribución espacial y la acumulación de mantillo permitirá:

- 1) Planear la explotación racional del mantillo para fines comerciales.
- 2) Evitar la explotación del recurso con el fin de permitir que se lleve a cabo la captura de carbono en el suelo del bosque y se traduzca en un beneficio económico para la comunidad al recibir un pago por servicios ambientales.

8. CONCLUSIONES

1. El resultado de carbono obtenido en el mantillo del bosque de San Pedro Jácuaro en Michoacán, México, servirá para complementar los inventarios y estudios sobre captura de carbono hechos en el área.
2. El contenido de carbono depende del peso de la biomasa.
3. Aunque organismos como el IPCC señalen que el rango más citado para el contenido de C en la biomasa es entre 43 y 58% habrá que realzar estudios finos sobre contenido de carbono, con el fin de reducir la incertidumbre en la cantidad acumulada de carbono en el mantillo del bosque.
4. Con base en lo anterior, se abre la posibilidad de continuar con líneas de investigación que ayuden a comprender el flujo del carbono que existe desde la biomasa y se dirige hacia el suelo del bosque y hacia la atmósfera.
5. Al no existir una distribución homogénea del carbono entre sitios se concluye que:
 - A) La acumulación del mantillo depende de factores físicos como la forma del terreno, la calidad del sitio y edad de las plantaciones. Sin embargo, se abre la posibilidad de revalidar esta afirmación al afinarse las técnicas de muestreo.
 - B) Debido a que las características particulares de cada sitio y la calidad de la vegetación varían entre los mismos e influyen en la cantidad de carbono acumulado, es necesario realizar la cuantificación directa del mantillo a fin de reducir la incertidumbre en los inventarios forestales.

9. REFERENCIAS

Babbar, L.I. and J.J. Ewel. 1989. Descomposición del follaje en diversos ecosistemas sucesionales tropicales. *Biotropica* 21 (1) : 20-29.

Brown, J.K. and P.J. Roussopoulos. 1974. Estimating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small fuels. *Forest Science*. 20: 350-356.

Crompton, T.R. 2000. Determination of organic compounds in soils, sediments and sludges. Ed. Chapman. Taylor and Francis Group, London and New York. 928 p.

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

Environmental Protection Agency. 2003. Página en internet: www.epa.gov.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Tercera edición. Ed. Larios. México, D.F. 71 pp.

Gayoso A.J. y Guerra J.C. 2005. Contenido de Carbono en la Biomasa Aérea de Bosques Nativos en Chile. *Bosque* 26 (2): 33 – 38.

Gitay H., Suárez A., Watson R.T. y Dokken D.J. 2002. Cambio Climático y Biodiversidad. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN: 92-9169-104-7 85pp.

Gómez, M. 1988. Flora liquénica del campo geotérmico Los Azufres, Michoacán. México. Tesis Profesional. Escuela de Biología-UMSNH. Morelia, Michoacán. México. 213 pp.

Harrison J. A. 2003. El Ciclo Carbonoico: Siempre de Ida y Vuelta. Visionlearning Vol. EAS-2 (3s).

Husch B. 2001. Estimación del Contenido de Carbono de los Bosques. INFORA, Chile. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales.

IPCC, 2000. Resumen para Responsables de Políticas. Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. Informe especial del Grupo de Trabajo III. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN: 92-9169-414-2

IPCC, 2001. Tercer Informe de Evaluación. Cambio climático Mitigación. Resúmenes del grupo de trabajo III. Resumen técnico. Disponible en: www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/pdf/wg3sum.pdf.

Jandal R. 2001. Medición de Tendencias en el Tiempo de Almacenamiento de Carbono del Suelo. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales.

Jaramillo V. 2005. El Ciclo Global del Carbono. Instituto Nacional de Ecología. Notas de Ecología. UNAM.

Jiménez R.L.E. 2007. Estimación de Contenido de Carbono en Mantillo, en el Bosque del Carricito, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 57 pp.

Mass, J. M., C. F. Jordan, and J. Sarukan. 1988. Soil erosion nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *J. Appl. Ecol.* 25: 595-607.

Ordóñez Díaz J.A.B., 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo en Michoacán. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. 73 pp.

Ordóñez, A. 1998. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudios de Caso para Bosque Templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México.

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

Ordóñez, A., O. Maser y V. Jaramillo. 1998. "Estimación del contenido de carbono en la biomasa aérea, mantillo, suelos y raíces de los bosques de pino-encino en El Carricito, en la Sierra Madre Occidental. Instituto de Ecología, UNAM. México.

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

Ordóñez, J. A. B. 1998. Estimación de la Captura de Carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo Michoacán, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Ordóñez, J. A. B. 2000. Estimación preliminar del contenido de carbono para el ejido de San Pedro Jacuáro. Instituto de Ecología, UNAM. México.

Patiño, A. 1990. Variación espacial y temporal de la capa de hojarasca (mantillo) en una Selva Baja Caducifolia en Chamela, Jalisco. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

Plan de Manejo Forestal del Ejido San Pedro Jacuaro. 2004. Comisión Nacional Forestal del Estado de Michoacán.

Rebottaro. S., D. Cabrelli., E. Rivero., D. Cevallos y E. Rienzi. 2002. Importancia del Mantillo Forestal de Pinos Subtropicales en Suelos de Baja Fertilidad. XII Congreso Forestal Mundial. Québec City, Canadá. FAO.

Rzedowski, J. 1994. Vegetación de México. 6th ed. Limusa Noriega Editores. México, D.F. 432 pp.

SEMARNAP. 1997. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas, sobre el Cambio Climático. Des. Graf. Edit. México. 150 pp. (1ª comnalcc. Pdf)

SEMARNAT., INE. 2001. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas, sobre el Cambio Climático. ISBN 968-817-494-7. México. 374 pp.

SEMARNAT., INE. 2006. Tercera comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas, sobre el Cambio Climático. S y G Edit. México. 254 pp.

Smith, T. Ma., W.P. Cramer, R.K. Dixon, R. Leemans, R.P. Neilson, and A.M. Solomon, 1993. The Global Terrestrial Carbon Cycle. En Wisniewski, J. y R.N. Sampson (Eds). Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO². Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 19-37.

Tanner, E. V. J. 1980. Litter fall in montane rain forest of Jamaica and its relation to climate. J. of Ecol. 68: 833-848.

Tapia, E. 2007. Estimación del contenido de carbono en la biomasa aérea en el Ejido de San Pedro Jacuaro, Michoacán, México. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Maestría en Conservación y Manejo de los Recursos Naturales. 76 Pág.

Vargas - Mena, A., y A. Yáñez. 2004. La Captura de Carbono en Bosques: ¿Una herramienta para la Gestión Ambiental? INE – SEMARNAT. Gaceta Ecológica. No. 70. 5-18.

World Resources Institute. 2001. Evaluating carbon sequestration projects: A first attempt. WRI, Washington DC. Disponible en: www.wri.org.